

KONSTRUKSI BETON BERTULANG

KURIKULUM 2013

JILID 1

Semester 3



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN
2013

KATA PENGANTAR

Buku siswa atau Bahan ajar ini disusun dalam bentuk paket pembelajaran yang berisi uraian materi untuk mendukung penguasaan kompetensi/elemen kompetensi tertentu yang ditulis sequensial, sistematis dan sesuai dengan prinsip pembelajaran yang mengacu kepada kurikulum SMK 2013.

Buku siswa ini, merupakan salah satu bahan ajar yang sangat sesuai dan mudah dipelajari secara individu. Karena itu, meskipun buku siswa ini dipersiapkan untuk pengembangan kompetensi kejuruan bagi siswa SMK khususnya bidang teknik Konstruksi Batu dan Beton dan atau tenaga kependidikan, dapat digunakan juga untuk pendidikan lain yang sejenis. Di dalam penggunaannya, bahan ajar ini tetap mengharapkan penerapan azas keluwesan dan keterlaksanaan, yaitu menyesuaikan dengan karakteristik peserta, kondisi fasilitas dan tujuan kurikulum SMK 2013.

Dengan demikian, kepada semua pihak baik unit kerja maupun guru/tenaga pengajar diharapkan untuk dapat berusaha mengoptimalkan penggunaannya sehingga kegiatan pembelajaran yang dilakukan lebih bermakna dalam meningkatkan/membekali kompetensi peserta didik/siswa.

Kami, atas nama Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Bidang Mesin dan Teknik Industri (PPPPTK BMTI) Bandung, menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada para penulis dan semua pihak yang terkait atas peran sertanya dalam penulisan buku ini.

Demikian, semoga bukuyang telah disusun ini dapat bermanfaat dalam mendukung pengembangan pendidikan kejuruan, khususnya dalam peningkatan kompetensi kejuruan peserta didik/siswa.

Bandung, Desember 2013

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	1
DAFTAR ISI	3
GLOSARIUM	6
BAB I. PENDAHULUAN	8
A.DESKRIPSI	8
B.PRASYARAT	9
C.PETUNJUK PENGGUNAAN	9
D.TUJUAN AKHIR	10
E.KOMPETENSI INTI DAN KOMPETENSI DASAR	10
BAB II. PEMBELAJARAN	14
A.DESKRIPSI	14
B.PEMBELAJARAN	15
1.KEGIATAN BELAJAR 1 PEMERIKSAAN SEMEN	15
a.Tujuan Pembelajaran	15
b.Uraian Materi	15
Tugas 1. Pemeriksaan Kehalusan Semen dengan Ayakan Standar	15
Tugas 2. Pemeriksaan Berat Jenis Semen Portland	24
Tugas 3. Pemeriksaan Kehalusan Semen Portland dengan Pesawat Blaine	27
Tugas 4. Pemeriksaan Konsistensi Normal Semen Portland	33
Tugas 5. Pemeriksaan Pengikatan Awal dan Akhir Semen portland	36
Tugas 6. Pemeriksaan Kekuatan Tekan Adukan Semen Portland	41
c.Rangkuman	46
d.Tugas	48
e.Tes Formatif	53
f.Kunci Jawaban Evaluasi	57
2.KEGIATAN BELAJAR 2. PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS (PASIR)	63
a.Tujuan Pembelajaran	63
b.Uraian Materi	63
Tugas 1. Pengambilan Sampel (Contoh Uji) Agregat Halus (Pasir)	67
Tugas 2. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus	70
Tugas 3. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir)	73
Tugas 4. Pemeriksaan Kadar Organik Agregat Halus	76
5) Tugas 5. Pemeriksaan berat Jenis Saturated Surface Dry Contion (SSD) dan Penyerapan Agregat Halus	80
6) Tugas 6. Pemeriksaan Bobot/berat Isi Gembur dan Padat Agregat Halus	84

7)Tugas 7. Pemeriksaan Bulking Faktor Agregat Halus	88
8)Tugas 8. Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus	90
9)Tugas 9. Menentukan gradasi (Zone) Agregat Halus	96
c.RANGKUMAN	101
d.Tugas	103
e.Tes Formatif	108
f.Kunci Jawaban Tes Formatif	111
3.Kegiatan Belajar 3. Pemeriksaan Agregat Kasar (Kerikil)	113
a.Tujuan Pembelajaran	113
b.Uraian Mater	113
Gambar 28. Grafik dan Tabel Gradasi Agregat Maksimum	114
1)Tugas 1. Pengambilan Sampel Agregat Kasar (Kerikil)	114
2)Tugas 2. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar	115
3)Tugas 3. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar	118
4)Tugas 4. Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar	121
5) Tugas 5. Pemeriksaan Berat Jenis SSD dan Penyerapan Agregat Kasar	126
6)Tugas 6. Pemeriksaan Berat/Bobot Isi Agregat Kasar	130
7)Tugas 7. Pemeriksaan bentuk Agregat Kasar	133
8)Tugas 8. Pemeriksaan Kekerasan Agregat Kasar dengan Goresan Tembaga	136
c.Rangkuman	138
d.Tugas	139
e.Tes Formatif	143
f.Kunci Jawaban Tes Formatif	146
4.Kegiatan Belajar 4. Pemeriksaan Air untuk Campuran Beton.....	149
a.Tujuan Pemebelajaran	149
b.Uraian Materi	149
1) Tugas 1. Pemeriksaan Kadar Bahan Padat Total dan Bahan Anorganik Dalam Air Untuk Campuran beton	150
2)Tugas 2. Pemeriksaan pH Air	153
3)Tugas 3. Pemeriksaan Mutu Air Untuk Digunakan Dalam beton	154
4)Tugas 4. Pemeriksaan Minyak Dalam Air	156
5)Tugas 5. Pemeriksaan Ion Sulfat dan Ion Chlor Dalam Air	157
c.Rangkuman	160
d.Tugas	160
e.Tes Formatif	164
f.Kunci Jawaban Tes Formatif	166
5.Kegiatan Belajar 5 Pemeriksaan kekuatan Tarik Baja Tulangan.....	168

a. Tujuan Pembelajaran	168
b. Uraian Materi	168
1) Tugas 1. Pengenalan Pengujian Tarik Baja	169
2) Tugas 2, Pemeriksaan kekuatan Tarik Baja Tulangan	173
c. Rangkuman	180
d. Tugas	181
e. Tes Formatif	183
f. Kunci Jawaban Tes Formatif	184
6. Kegiatan Belajar 6. Balok persegi dan Plat Lantai Bertulangan Tarik Saja	187
a. Tujuan Pembelajaran	187
b. Uraian Materi	187
1) Kuat Tekan Karakteristik Beton	187
2) Peraturan dan Standar Perencanaan Struktur beton bertulang	190
3) Balok Terlentur	194
4) Balok Persegi dan Plat bertulangan Tunggal atau Tarik Saja	199
5) Penampang Balok Bertulangan Seimbang, Kurang, dan Lebih	210
6) Pembatasan Penulangan Tarik	212
7) Analisis Balok terlentur Bertulangan Tarik Saja (Tulangan Tunggal)	217
8) Plat terlentur	220
9) Analisis Plat Terlentur Satu Arah	221
10) Perencanaan Balok terlentur Bertulangan Tunggal (Tarik Saja)	224
11) Perencanaan Plat Terlentur Satu Arah	231
c. Rangkuman	235
BAB III. EVALUASI	236
<i>a. Jelaskan maksud dan tujuan pengujian</i>	237
b. Jelaskan alat-alat yang digunakan untuk :	237
• pengujian pasir kondisi ssd	237
DAFTAR PUSTAKA	240

GLOSARIUM

Agregat adalah butiran-butiran mineral yang dicampurkan dengan semen portland dan air menghasilkan beton

Agregat Halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5,0 mm.

Agregat Kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi secara alami dari batu atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5 - 40 mm.

Berat jenis SSD adalah berat jenis suatu benda dalam kondisi kering permukaan (saturated Surface Dry Condition) artinya pori-pori benda tersebut diisi oleh air dengan kata lain sudah jenuh, hanya permukaannya kering.

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan membentuk massa padat

Faktor Air Semen (fas) adalah angka perbandingan antara berat air bebas dan berat semen dalam beton

Konsistensi Normal Semen Portland adalah konsistensi kekentalan pasta semen portland sehingga jarum vicat diameter 10 mm dengan berat 300 gram dapat menembus pasta (penetrasi) 10 ± 1 mm

Pengikatan Akhir Semen Portland adalah berakhirnya proses pengikatan awal pasta yang diukur dalam waktu dengan jarum vicat yang berdiameter 1 mm dengan berat 300 gram dimana jarum tidak dapat menembus pasta. Pengikatan akhir semen maksimum 10 jam.

Pengikatan Awal Semen Portland adalah proses mulai terjadinya perkerasan pasta yang diukur dalam waktu dengan jarum vicat yang berdiameter 1 mm dengan berat 300 gram dapat menembus pasta ≤ 25 . Pengikatan awal semen portland minimum 60 menit

Semen Portland adalah bahan perekat Hidrolis yang dapat mengeras bila bersenyawa dengan air dan membentuk massa yang padat serta tak larut dalam air.

Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum, yang disyaratkan dengan atau tanpa

prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk masa padat. Sedangkan tulangan adalah batang baja berbentuk polos atau deform atau pipa yang berfungsi untuk menahan gaya tarik pada komponen struktur, tidak termasuk tendon prategang, kecuali bila secara khusus diikuti sertakan.

Tulangan polos adalah batang baja yang permukaan sisi luarnya rata tidak bersirip atau berukir, dan tulangan deform adalah batang baja yang permukaan sisi luarnya tidak rata, tetapi bersirip atau berukir. Sedangkan tulangan spiral adalah tulangan yang dililitkan secara menerus membentuk suatu ulir lingkaran silindris, (SK SNI T – 15 – 1991 – 03).

BAB I. PENDAHULUAN

A. DESKRIPSI

Buku ini memuat pembahasan tentang Konstruksi Beton bertulang untuk kelas XI semester I meliputi; keselamatan dan kesehatan kerja serta lingkungan hidup, pemeriksaan bahan-bahan beton bertulang dan dasar-dasar struktur beton sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI), yang meliputi alat/peralatan/mesin dan pemeriksaan bahan-bahan beton. Alat/peralatan/mesin memuat spesifikasi, prosedur pengoperasian sesuai dengan standar operasional prosedur (SOP). Bahan-bahan beton memuat pemeriksaan sifat fisik, mekanik, untuk menentukan kualitas/mutu material (bahan-bahan beton bertulang) sehingga dapat memberikan rekomendasi berdasarkan hasil pemeriksaan dengan mengacu kepada SNI. Pemeriksaan bahan beton pada dasarnya merupakan pengembangan untuk lebih memahami sifat dan karakteristik yang sebagian besar telah dipelajari dalam teori pengetahuan bahan beton. Oleh karena itu, mempelajari materi dalam pemeriksaan bahan beton ini, anda telah menguasai materi teori pengetahuan bahan beton sebagai materi prasyaratnya. Sedangkan dasar-dasar struktur beton bertulang merupakan dasar perhitungan untuk struktur beton bertulang meliputi kuat lentur penampang balok persegi, penampang balok bertulangan seimbang, kurang atau lebih, pembatasan penulangan tarik, analisis balok terlentur bertulangan tarik saja, dan perencanaan balok terlentur bertulangan tarik saja.

Kompetensi-kompetensi tersebut sangat penting untuk sekolah menengah kejuruan (SMK) maupun tenaga-tenaga yang berkecimpung dalam dunia teknik sipil, karena banyak topik-topik yang berkaitan dengan kelompok keahlian pada spektrum SMK khususnya teknik bangunan, bahkan pada pekerjaan sehari-hari dalam pekerjaan teknik sipil.

Dalam buku ini disajikan uraian materi dan contoh, latihan memecahkan soal dan diakhiri dengan tes dalam setiap materi pokok pembelajaran. Buku ini terdiri dari lima materi pokok pembelajaran yaitu:

1. Pemeriksaan Mutu Semen Portland sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI)
2. Pemeriksaan Agregat Halus (Pasir) sesuai dengan SNI
3. Pemeriksaan Agregat Kasar (kerikil) sesuai dengan SNI
4. Pemeriksaan Air Untuk Beton sesuai dengan SNI

5. Pemeriksaan Baja Tulangan Beton sesuai dengan SNI
6. Menghitung balok persegi dan plat bertulangan tarik saja (bertulangan tunggal) sesuai dengan SK SNI

B. PRASYARAT

Prasyarat untuk pembelajaran mata pelajaran konstruksi beton bertulang pada kelas XI semester I, anda telah berhasil mempelajari :

1. Pengetahuan bahan/teknologi bahan bangunan
2. Mata Pelajaran Matematika pada kelas X semester I dan II
3. Mata Pelajaran Fisika pada kelas X semester I dan II
4. Mata Pelajaran Gambar teknik pada kelas X semester I dan II
5. Mata Pelajaran Ukur Tanah pada kelas X semester I dan II
6. Mata Pelajaran Mekanika teknik pada kelas X semester I dan II
7. Mata Pelajaran Konstruksi Bangunan pada kelas X semester I dan II

C. PETUNJUK PENGGUNAAN

Untuk membantu anda agar berhasil dengan baik dalam mempelajari buku ini, ikutilah petunjuk belajar berikut ini.

1. Bacalah dengan cermat Pendahuluan ini, sehingga Anda memperoleh gambaran secara global isi buku, untuk apa dipelajari dan bagaimana mempelajarinya.
2. Bacalah dengan seksama uraian materi dan contoh-contohnya, jika perlu carilah contoh lain. Berilah tanda-tanda pada bagian-bagian yang Anda anggap penting atau bagian yang Anda sulit memahami sebagai bahan yang perlu ditanyakan saat tutorial.
3. Kunci utama agar berhasil dalam belajar adalah kesanggupan untuk berlatih memecahkan soal-soal. Oleh karena itu, kerjakanlah soal-soal latihan baik secara individual, maupun dalam kelompok kecil atau dalam tutorial, untuk pematapan.
4. Kerjakanlah tiap soal latihan tanpa melihat lebih dulu petunjuk jawabannya, jika Anda belum memperoleh cara penyelesaian, lihatlah kembali uraian materinya. Kegiatan seperti inilah yang sebenarnya merupakan inti dari belajar mata pelajaran konstruksi beton bertulang kelas XI semester I.
5. Kerjakanlah semua nomor dari tes evaluasi dengan tidak melihat lebih dulu kunci jawabannya. Jika menemui kesulitan, lihatlah kembali uraian materi, rangkuman, atau soal latihan dan petunjuk jawabannya yang diperkirakan

sesuai untuk menjawab soal tes tersebut. Setelah selesai menjawab semua nomor dari tes, baru mencocokkan hasil pekerjaan itu dengan kunci jawaban tes latihan yang ada pada buku pegangan guru..

D. TUJUAN AKHIR

Setelah mempelajari buku pembelajaran ini, diharapkan peserta didik atau siswa sekolah menengah kejuruan (SMK) dapat :

1. Menerapkan prinsip dan konsep Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan lingkungan Hidup (K3LH) dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi beton bertulang sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI)
2. Melaksanakan pemeriksaan kualitas/mutusemen untuk berton bertulang sesuai dengan SNI
3. Melaksanakan pemeriksaan kualitas/mutu agregat halus dan kasar untuk berton bertulang sesuai dengan SNI
4. Melaksanakan pemeriksaan kualitas/mutu air untuk campuran berton sesuai dengan SNI
5. Melaksanakan pemeriksaan kuat tarik baja tulangan untuk berton bertulang sesuai dengan SNI
6. Menghitung balok persegi dan plat lantai bertulangan tarik saja sesuai dengan SK SNI
7. Menghitung penampang balok T dan balok bertulangan rangkap sesuai dengan SK SNI

E. KOMPETENSI INTI DAN KOMPETENSI DASAR

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya	1.1 Menambah keimanan dengan menyadari hubungan keteraturan dan kompleksitas alam terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya 1.2 Menyadari kebesaran Tuhan yang menciptakan dan mengatur karakteristik konstruksi beton bertulang.
2. Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab,	2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab;

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
<p>peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.</p>	<p>terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan pekerjaan konstruksi beton bertulang dan diskusi</p> <p>2.2 Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan pekerjaan dan melaporkan hasil pekerjaan</p> <p>Konstruksi beton bertulang</p>
<p>3. Memahami, menerapkan, dan menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.</p>	<p>3.2 Melaksanakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Lingkungan Hidup dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi beton bertulang</p> <p>3.3 Menerapkan ketentuan/syarat-syarat/notasi dalam pemeriksaan bahan-bahan beton bertulang</p> <p>3.4 Menerapkan konsep statika untuk balok persegi dan plat lantai bertulangan tarik saja</p> <p>3.5 Menerapkan konsep statika untuk penampang balok T dan balok bertulangan rangkap</p> <p>3.6 Menerapkan konsep statika untuk penulangan geser pada balok</p> <p>3.7 Menerapkan konsep statika untuk perencanaan kolom pada konstruksi beton bertulang</p> <p>3.8 Menerapkan ketentuan pemasangan cetakan/bekisting, perancah dan scaffolding pada konstruksi bangunan</p>

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
	<p>3.9 Merencanakan gambar kerja dalam pekerjaan konstruksi beton bertulang</p>
<p>4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan diri yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.</p>	<p>4.1 Mengevaluasi pelaksanaan K3LH dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi beton bertulang</p> <p>4.2 Melaksanakan dan menyajikan pemeriksaan bahan-bahan konstruksi beton bertulang sesuai dengan SNI</p> <p>4.3 Mengolah hasil perhitungan statika untuk balok persegi dan plat lantai bertulangan tarik saja</p> <p>4.4 Mengolah hasil perhitungan statika untuk penampang balok T dan balok bertulangan rangkap</p> <p>4.5 Mengolah hasil perhitungan statika untuk penulangan geser pada balok</p> <p>4.6 Mengolah hasil perhitungan statika untuk perencanaan kolom pada konstruksi beton bertulang</p> <p>4.7 Melaksanakan pemasangan cetakan/bekisting, prancah dan scaffolding pada pekerjaan konstruksi beton bertulang</p> <p>4.8 Mengolah dan menyajikan gambar kerja bangunan konstruksi beton bertulang dan merevisi gambar kerja dalam pekerjaan konstruksi beton bertulang sesuai perubahan yang telah disepakati pihak yang terkait</p>

BAB II. PEMBELAJARAN

A. DESKRIPSI

Untuk membekali siswa dapat mencapai kompetensi yang sudah ditetapkan, maka ruang lingkup materi yang akan dibahas pada buku ini meliputi : Pengoperasian alat/peralatan/mesin pemeriksaan bahan-bahan beton bertulang sesuai dengan standar operasional prosedur (SOP) Pemeriksaan semen portland, pemeriksaan agregat halus (pasir), Pemeriksaan agregat kasar (kerikil), Pemeriksaan air untuk beton, dan pemeriksaan baja tulangan sesuai dengan standar nasional indonesia. Berdasarkan hasil pemeriksaan siswa dapat menyimpulkan/menentukan apakah bahan tersebut memenuhi persyaratan untuk pembuatan beton sesuai dengan karakteristik mutu beton yang diharapkan.

Di dalam buku ini, dibahas tentang pemeriksaan bahan beton yang merupakan bagian penting dalam teknologi beton. Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat. Berdasarkan pengertian di atas, bahwa semen portland merupakan salah satu bahan beton yang berfungsi sebagai perekat bahan-bahan lainnya, seperti pengertian berikut; Semen/Semen Portland adalah bahan perekat hidrolis yang dapat mengeras bila bersenyawa dengan air dan membentuk massa yang padat serta tak larut dalam air. Sedangkan agregat (agregat halus dan agregat kasar) merupakan bahan pengisi dalam beton. Sebagai bahan beton, agregat halus dan agregat kasar mengisi kira-kira 60 s.d 80 % dari volume beton. Untuk bangunan struktur atau konstruksi yang memerlukan kekuatan tinggi diperlukan kualitas bahan yang mempunyai kekuatan dengan kata lain bahan-bahan beton yaitu semen portland, agregat halus, agregat kasar, dan air harus memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI. Untuk menjamin kualitas bahan tersebut mutlak harus dilakukan pemeriksaan yang mengacu kepada ketentuan yang berlaku yaitu SNI.

Agregat adalah material granular, misalnya agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), batu pecah dan kerak tungku besi, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat (semen portland) untuk membentuk suatu beton. Sedangkan agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar lolos dari ayakan 4,8 mm dan tertahan pada ayakan 0,075

mm. Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir yang lolos dari ayakan 40 mm dan tertahan pada ayakan 4,8 mm.

Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, bahan-bahan organis atau bahan-bahan lain yang merusak beton dan/atau baja tulangan. Dalam hal ini sebaiknya dipakai air bersih yang dapat diminum.

Selanjutnya pembahasan tentang struktur beton yang merupakan bagian dari mata pelajaran konstruksi beton bertulang pada kelas XI semester I, yaitu balok persegi dan plat bertulangan tarik saja (bertulangan tunggal), berdasarkan SK SNI T-15-1991-03.

B. PEMBELAJARAN

1. KEGIATAN BELAJAR1PEMERIKSAAN SEMEN

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi pemeriksaan semen portland (unit ini) siswa diharapkan dapat:

- 1) Memeriksa kehalusan semen portland dengan ayakan standar sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI)
- 2) Memeriksa berat jenis semen portland sesuai dengan SNI
- 3) Meneriksa kehalusan semen portland dengan pesawat Blaine sesuai dengan SNI
- 4) Memeriksa konsistensi normal semen portland sesuai dengan SNI
- 5) Memeriksa pengikatan awal dan akhir semen portland sesuai dengan SNI
- 6) Memeriksa kekuatan tekan adukan semen sesuai dengan SNI
- 7) Mengoperasikan peralatan pemeriksaan semen portland sesuai dengan standar operasional prosedur (SOP) dan SNI
- 8) Melaporkan hasil pemeriksaan semen portland sesuai dengan SNI

b. Uraian Materi

- 1) Tugas 1. Pemeriksaan Kehalusan Semen dengan Ayakan Standar

Perhatikan gambar di bawah ini, yaitu semen portland (*portland cement*) produksi Semen Tiga Roda dan Semen Padang, sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) ada 5 (lima) jenis/type semen. Amatilah ke empat zak semen tersebut, Apakah jenis semen di bawah ini, pernah anda jumpai di pasaran (yang sering digunakan). Pada umumnya jenis semen yang digunakan adalah jenis/tipe I, pada gambar ada “Portland Cement” dan ada juga PCC (Portland Cement Composit). Menurut kalian, apa perbedaan semen tersebut ditinjau dari segi penggunaannya. Semen adalah bahan pengikat hidrolis, apa maksudnya, jelaskan. Kemudian, diskusikan dengan teman anda, apakah kualitas semen yang satu sama dengan yang lain?.



Gambar 1. Semen Tiga Roda dan Semen Padang

Kalian dapat mencari informasi dari referensi lain yang berhubungan dengan semen portland, misalnya; internet, majalah, artikel, dan lain sebagainya.

Masalah 1.

Tabel di bawah ini merupakan perhitungan kehalusan semen berdasarkan hasil pemeriksaan dengan ayakan standar, dimana hasilnya tidak memenuhi syarat kehalusan yang ditetapkan dalam SNI.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Kehalusan Semen Portland

\emptyset Ayakan	Berat Semen Tertahan (gr)	Persen tertinggal (%)	Berat Benda Uji Semula (gr)
1,2 mm	1,59	$1,59/106,8 \times 100 = 1,49$	106,8
0,09 mm	8,15	$8,15/106,8 \times 100 = 7,63$	
Pan	97,06	$97,06/106,8 \times 100 = 90,88$	
Total	106,8	100	

Perhatikan dan pelajari tabel di atas, mengapa hasil pemeriksaan kehalusan semen tidak memenuhi syarat ?.Kemudian, kalian membahas/mendiskusikan bagaimana prosedur pemeriksaan kehalusan semen portland dengan ayakan standar, dan lakukan pemeriksaannyasesuai dengan SNI.

Bacalah informasi berikut dengan seksama untuk menyelesaikan masalah di atas!

a) Klasifikasi dan Syarat Mutu Semen Portland

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) Semen Portland diklasifikasikan atas 5 jenis/tipe yaitu :

- (1) Jenis I yaitu, semen portland yang diproduksi secara umum dan tidak memerlukan persyaratan khusus seperti pada jenis yang lain sering disebut semen standar atau semen portland biasa. Biasanya semen jenis I digunakan untuk pekerjaan beton secara umum
- (2) Jenis II yaitu, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang. Penggunaan semen portland jenis II, untuk konstruksi yang berhubungan secara terus menerus dengan air kotor dan air tanah yang mengandung larutan garam atau sulfat misalnya : saluran buangan industri atau pada daerah rawa untuk pembeconan masal seperti dam, panas akibat proses hidrasi akan terperangkap dalam bangunan dalam jangka waktu yang cukup lama, karena konstruksi dam yang sangat tebal. Pada saat dingin akan timbul tegangan-tegangan akibat perubahan panas sehingga menyebabkan timbulnya retak-retak.
- (3) Jenis III yaitu, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi. Penggunaannya terutama pada konstruksi yang memerlukan pembukaan acuan/bekisting lebih awal, seperti konstruksi jalan. Semen jenis ini digunakan untuk pengecoran pada daerah dingin

karena bila menggunakan semen tipe lain, proses pengerasannya akan lambat apalagi bila suhu dibawah titik beku.

- (4) Jenis IV yaitu, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Jenis ini dipergunakan pada landasan mesin seperti turbin.
- (5) Jenis V yaitu, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat. Sementara jenis mengeluarkan panas kira-kira 25-40% lebih rendah dari semen jenis I. Penggunaan semen jenis V terutama pada konstruksi yang berhubungan dengan pengaruh pasang surut atau pada bangunan-bangunan beton dimana besar kemungkinan terserang pengaruh garam-garam sulfat. Juga digunakan pada bangunan untuk buangan air industri atau pada konstruksi yang terpengaruh oleh gas kimia yang agresif, pada pabrik gas LNG atau kilang penyulingan minyak bumi.

b) Syarat Mutu Semen sesuai dengan SNI

Tabel 2. Syarat Fisika Semen Portland.

No.	Uraian	Jenis/ Tipe				
		I	II	III	IV	V
1	2	3	4	5	6	7
1.	Kehalusan :					
	Sisa di atas ayakan 0,09 mm, %, maksimum	10	10	10	10	10
2.	Dengan alat Blaine, cm ² /gr	2800	2800	2800	2800	2800
	Minimum					
2.	Waktu pengikatan :					
	Dengan alat 'VICAT'					
3.	Awal, menit, minimum	60	60	60	60	60
	Akhir, jam maksimum	8	8	8	8	8
3.	Dengan alat "Gillmore"					
	Awal, menit, minimum	60	60	60	60	60
4.	Akhir, jam, maksimum	10	10	10	10	10
	Kekekalan :					
3.	Pemuaian dalam Autoclave, Maksimum	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
4.	Kekuatan tekan :					
	1 hari, kgf/cm ² , minimum	-	-	125	-	-
5.	1 + 2 hari, kgf/cm ² , minimum	125	100	250	70	85
	1 + 6 hari, kgf/cm ² , minimum	200	175	-	175	150
5.	1 + 27 hari, kgf/cm ² , minimum	-	-	-	50	210

6.	Pengikatan semu (false set) :	50	50	50	60	50
7.	Penetrasi akhir, %, minimum	-	70	-	-	-
	Panas hidrasi : 7 hari, cal/gr, maksimum	-	80	-	-	-
	28 hari, cal/gr, maksimum	-	-	-	-	-
	Pemuaian karena sulfat : 14 hari, %, maksimum	-	-	-	-	-

c) Prosedur Operasional Alat/Peralatan

(1) Pengoperasian Timbangan Elektronik dan Oven

- (a) Baca dan pelajari Standar Operasional Prosedur (SOP) dari masing-masing timbangan dengan cermat, berikut ini merupakan SOP secara umum penggunaan timbangan
- (b) Masukkan stekker listrik untuk menyambungkan pada stop kontak 110 volt atau 220 volt bergantung timbangan yang dipergunakan
- (c) Hidupkan timbangan dengan menekan/memutar tombol on/off
- (d) Pastikan posisi timbangan dalam keadaan stabil dengan memutar nivo berada ditengah-tengah lingkaran pada masing-masing timbangan
- (e) Atur pembacaan berada pada posisi nol dengan memutar skala pada timbangan
- (f) Perhatikan kapasitas timbangan (1000 gram, atau 2000 gram, atau 3000 gram)
- (g) Posisi timbangan selalu pada posisi stabil atau hindari dari getaran, serta angka yang tertera pada lensa/screen timbangan harus 0,00 gram



Gambar 2. Timbangan Elektronik

- (h) Letakkan benda yang ditimbang pada plat penimbangan dengan posisi stabil
- (i) Lihat angka penimbangan pada lensa dan catat sesuai dengan hasil yang tertera pada lensa misalnya; 23,08 gram
- (j) Angkat benda yang ditimbang, perhatikan bahwa angka pada lensa akan kembali menjadi 0,00 gram. (penimbangan dianggap selesai)
- (k) Bila penimbangan sudah selesai, matikan timbangan dengan menekan/memutar off/on, dan amankan timbangan ketempat yang aman.

(2) Pengoperasian Oven

Perhatikan dan pelajari manual instruction (SOP) dari oven yang dipergunakan

Pengoperasian oven secara umum adalah sebagai berikut;

- (a) Masukkan steker pada stop kontak sesuai voltase oven (110 volt atau 220 volt)
- (b) Hidupkan oven dengan menekan tombol (on/off)



Gambar 3. Oven (Pemanas)

- (c) Atur temperatur yang diharapkan (sesuaikan dengan ketentuan untuk mengeringkan contoh uji) dengan memutar/menekan tombol pengatur temperatur
- (d) Atur tombol pengaman temperatur sama dengan temperatur yang diharapkan, supaya selama memanaskan/mengoven stabil tidak naik turun dengan memutar/menekan tombol pengaman sampai dengan temperatur yang diharapkan.

- (e) Masukkan bahan yang akan dioven/dikeringkan, dan tunggu sampai beberapa lama, biasanya untuk material yang masih basah bisa sampai ± 2 jam baru dilakukan penimbangan
- (f) Untuk bahan yang material yang kondisi kering udara cukup sampai ± 1 jam baru dilakukan penimbangan
 - Penimbangan dilakukan sampai dengan berat tetap atau kering oven artinya material tidak mengandung air/kelembaban lagi. Jadi setelah penimbangan pertama, masukkan lagi ke dalam oven tunggu ± 15 atau 30 menit timbang kembali sampai berat tetap
 - Berat tetap/kering oven tercapai bila penimbangan terakhir dengan penimbangan sebelumnya tidak ada perbedaan berat.
 - Setiap penimbangan harus melalui proses pendinginan bahan dengan cara disimpan dulu pada desikator kemudian ditimbang.

d) Prosedur Pemeriksaan Kehalusan Semen Portland dengan ayakan standar

Pemeriksaan ini dimasukkan untuk menentukan kehalusan semen portland dengan menggunakan ayakan standar yaitu : ayakan \varnothing 1,2 mm dan \varnothing 0,09 mm. Kehalusan semen merupakan suatu faktor penting yang dapat mempengaruhi kecepatan reaksi antara partikel semen dengan air. Kehalusan semen portland dengan pemeriksaan Ayakan standar adalah 10 % maksimum tertinggal pada ayakan \varnothing 0,09 mm dan 0,0 % tertinggal pada ayakan \varnothing 1,2 mm.

(1) Alat/Peralatan dan benda uji dan bahan

- (a) Ayakan standar \varnothing 1,2 mm ; \varnothing 0,09 mm dan pan/wadah sesuai SNI
- (b) Timbangan dengan ketelitian 0,01gram
- (c) Cawan atau Wadah untuk menimbang contoh uji
- (d) Spatula 2,5 x 150 cm
- (e) Kuas dengan ukuran tangkai dan bulu kuas yang sesuai dengan keperluan

- (f) Stop Watch dan Sarung tangan
- (g) Semen portland sebanyak ± 100 gram

(2) Proses Pemeriksaan kehalusan Semen dengan Ayakan Standar

- (a) Siapkan lokasi/tempat untuk pemeriksaan kehalusan semen portland dengan ayakan standar sesuai dengan prinsip-prinsip K3
- (b) Siapkan alat/peralatan/mesin untuk pemeriksaan kehalusan semen portland
- (c) Masukkan benda uji semen ke dalam ayakan $\varnothing 1,2$ mm yang terletak di atas ayakan $\varnothing 0,09$ mm dan dipasang pan dibawahnya.
- (d) Goyangkan ayakan ini perlahan-lahan sehingga bagian benda uji yang tertahan kelihatan bebas dari partikel-partikel (pekerjaan ini dilakukan antara 3 sampai 4 menit).
- (e) Tutuplah ayakan dan lepaskan pan : ketok ayakan perlahan-lahan dengan tangkai kuas sampai abu yang menempel terlepas dari ayakan.
- (f) Bersihkan sisi bagian bawah ayakan dengan kuas, kosongkan pan dan bersihkan dengan kain, kemudian dipasang kembali.
- (g) Ambilah tutup, kembalikan ke dalam ayakan
- (h) Lanjutkan pengayakan/penyaringan dengan menggoyang-goyangkan ayakan perlahan-lahan selama 9 menit.
- (i) Tutuplah ayakan : penyaringan dilanjutkan lagi selama 1 menit dengan cara menggerakkan ayakan ke depan dan ke belakang dengan posisi sedikit dimiringkan. Kecepatan gerakan kira-kira 150 kali per menit, setiap 25 kali gerakan, putar ayakan kira-kira 60° . Pekerjaan ini dilakukan di atas kertas putih ; bila ada partikel keluar dari ayakan dan atau pan serta tertampung di atas kertas, kembalikan ke dalam ayakan. Pekerjaan penyaringan distop setelah benda uji tidak lebih dari 0,05 gram lewat ayakan dalam waktu penyaringan selama 1 menit.

(j) Timbang benda uji yang tertahan di atas masing-masing ayakan \varnothing 1,2 mm dan \varnothing 0,09 mm. Kemudian hitung dan nyatakan dalam prosentase berat terhadap berat benda uji semula.

(k) Perhitungan kehalusan semen portland (seperti tabel 1) dengan rumus:

$$F = \frac{A}{B} \times 100 \rightarrow (\%)$$

$$F = \text{kehalusan} \rightarrow (\%)$$

A = berat benda uji tertahan di atas ayakan \varnothing 1,2 m dan \varnothing 0,09 mm.

B = berat benda uji semula (gram)

(l) Pelaporan

Laporan prosentase benda uji yang tertahan di atas masing-masing ayakan \varnothing 1,2 mm dan \varnothing 0,09 mm sesuai dengan rumus di atas. Laporan pemeriksaan kehalusan semen mencantumkan data sebagai berikut;

Identitas contoh; (1) Nomor contoh, (2) Tipe contoh, (3) Asal contoh, (4) Proyek yang akan menggunakan
Laboratorium yang melakukan pemeriksaan; (1) Nama teknisi penguji, (2) Nama penanggung jawab penguji, (3) Tanggal pemeriksaan, (4) Hasil pemeriksaan, (5) Kelainan/kegagalan selama pemeriksaan, (6) Rekomendasi dan saran-saran.

Catatan :

- Benda uji memenuhi syarat kehalusan apabila 0% tertahan di atas ayakan \varnothing 1,2 mm dan maksimum 10% tertahan di atas ayakan \varnothing 0,09 mm.
- Faktor koreksi ayakan tidak diperhitungkan

Jawaban Masalah 1

Perhatikan tabel 2. Syarat fisika semen portland untuk syarat kehalusan dengan ayakan standar, yaitu sisa di atas ayakan 0,09 mm maksimum 10 %, berarti sisa di atas ayakan 1,2 mm

harus 0 (nol). Sedangkan pada masalah 1 ada yang tersisa pada ayakan 1,2 mm sebesar 1,49 %. Jadi semen tersebut tidak memenuhi syarat kehalusan walaupun total yang tersisa pada ayakan 1,2 mm dan 0,09 mm masih ≤ 10 %.



Gambar 4. Alat/Peralatan Pemeriksaan Kehalusan Semen portland

- 2) **Tugas 2. Pemeriksaan Berat Jenis Semen Portland**
Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan berat jenis semen portland. Berat jenis semen adalah perbandingan antara berat isi kering semen pada suhu kamar dengan volume kering semen portland. Berat jenis sangat mempengaruhi berat jenis beton, sesuai dengan SNI berat jenis beton normal adalah 2200 sd 2500 kg/m³.

Masalah 2.

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan membentuk massa padat. Dari pengertian tersebut, berat jenis semen portland sangat mempengaruhi berat jenis beton (beton ringan, beton normal, beton pratekan, dsb), dimana beton normal mempunyai berat isi sebesar 2200 sd 2500 kg/m³ sesuai dengan SNI. Untuk mencapai berat isi beton sesuai dengan SNI, timbul pertanyaan, berapakah berat jenis semen agar berat isi beton dapat tercapai angka tersebut?, dan bagaimana memeriksa berat jenis semen portland sesuai dengan SNI !.

Bacalah informasi berikut dengan seksama untuk menyelesaikan masalah 2 di atas!

a) Alat/Peralatan dan Benda Uji

- (1) Gelas Le Chatelier
- (2) Kerosin bebas air
- (3) Corong (alat memasukkan semen ke dalam botol Le chatelier)
- (4) Termometer
- (5) Timbangan elektronik dengan ketelitian 0,01 gram
- (6) Cawan porselin (wadah)
- (7) Spatula 2,5 x 15 cm
- (8) Air bersih dan Sarung tangan
- (9) Kertas saring
- (10) Contoh semen portland sebanyak ± 50 gram (sesuaikan dengan alat/peralatan)

b) Prosedur Pemeriksaan Berat jenis Semen Portland

- (1) Siapkan lokasi/tempat pemeriksaan berat jenis semen portland sesuai dengan prinsip-prinsip K3
- (2) Siapkan alat/peralatan/mesin untuk pemeriksaan berat jenis semen portland
- (3) Isi botol Le Chatelier dengan kerosin atau naptha sampai antara skala 0 dan 1 ; bagian dalam botol di atas permukaan cairan dikeringkan.
- (4) Masukkan botol ke dalam bak air dengan suhu konstan dalam waktu yang cukup lama untuk menghindarkan variasi suhu botol lebih besar dari $0,2^{\circ}\text{C}$.
- (5) Setelah suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol, baca skala pada botol ($V_1\text{ml}$).
- (6) Timbang semen portland (benda uji) yang akan diperiksa berat jenisnya sesuai dengan SNI yaitu ± 50 gram misalnya A gram
- (7) Masukkan benda uji sedikit demi sedikit ke dalam botol Le chatelier ; jangan sampai ada semen portland yang menempel pada dinding dalam botol di atas cairan, bila ada yang menempel bersihkan dengan menggunakan kawat

- (8) Setelah semua benda uji dimasukkan, keluarkan gelembung udara dengan memutar-mutar botol pada posisi miring secara perlahan-lahan sampai gelembung udara tidak timbul lagi pada permukaan cairan.
- (9) Ulangi pekerjaan pada langkah (2) Setelah suhu air sama dengan suhu cairan dalam botol, baca skala pada botol (V_2 ml)
- (10) Lakukan pekerjaan ini sebanyak dua kali dengan mengikuti langkah (1) s.d (7) dan hitunglah berat jenis semen portland untuk masing-masing pemeriksaan kemudian tentukan berat jenis rata-rata.
- (11) Perhitungan

$$\text{Berat Jenis} = \frac{\text{berat semen}}{(V_2 - V_1)} \times d$$

V_1 = pembacaan pertama pada skala botol Le chatelier (ml/cc)

V_2 = pembacaan kedua pada skala botol le chatelier (ml/cc)

$V_2 - V_1$ = isi cairan yang dipindahkan oleh semen dengan berat tertentu

d = berat isi air pada suhu $4^\circ\text{C} \rightarrow (1 \text{ g/cm}^3)$.

- (12) Pelaporan

Laporkan nilai berat jenis sampai dua angka dibelakang koma

Catatan :

Berat jenis semen portland sekitar (3,00 sd 3,30) $\text{t/m}^3 \rightarrow (3,15 \text{ t/m}^3)$. Percobaan dibuat dua kali; selisih yang diizinkan 0,01.

Contoh Perhitungan

Berdasarkan hasil pemeriksaan berat jenis semen portland diperoleh data sebagai berikut; Pemeriksaan I: berat semen portland (benda uji) adalah 35,65 gram, volume cairan dalam botol Le chatelier (sebelum benda uji dimasukkan) adalah 2,63 ml, volume cairan dalam botol Le chatelier setelah benda uji dimasukkan (35,65 gram) menjadi 14,06 ml. Pemeriksaan II: berat semen portland (benda uji) adalah 35,65 gram, volume cairan dalam botol Le chatelier (sebelum benda uji dimasukkan) adalah 2,43 ml, volume cairan dalam botol Le chatelier

setelah benda uji dimasukkan (35,65 gram) menjadi 13,26 ml. Hitunglah berat jenis semen portland.

Penyelesaian:

$$\text{Berat Jenis I} = \frac{\text{berat semen}}{(V_2 - V_1)} \times d = \frac{35,65}{(14,26 - 2,63)} \times 1 = 3,12 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{Berat Jenis II} = \frac{\text{berat semen}}{(V_2 - V_1)} \times d = \frac{35,65}{(13,26 - 2,43)} \times 1 = 3,29 \text{ gr/cm}^3$$

Berat Jenis Rata-Rata semen portland adalah :

$$\frac{(3,12 + 3,29)}{2} = 3,205 \text{ gr/cm}^3 \text{ berarti Semen portland memenuhi syarat}$$

karena berada diantara 3,00 gr/cm³ s.d 3,30 gr/cm³

Jawaban Masalah 2

Sesuai dengan Standar Nasional Indonesia berat jenis semen portland adalah 3,00 gr/cm³ s.d 3,30 gr/cm³ dan pemeriksaan berat jenis semen portland mengacu pada SNI.



Gambar5. Alat/Peralatan uji berat jenis semen (ASTM C.188-84)

3) Tugas 3. Pemeriksaan Kehalusan Semen Portland dengan Pesawat Blaine

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kehalusan semen portland dengan menggunakan pesawat Blaine. Kehalusan semen portland merupakan suatu faktor penting yang dapat mempengaruhi kecepatan reaksi antara partikel semen dengan air. Semakin halus

butiran semen portland maka semakin baik pula proses pengikatan yang terjadi dengan bahan lainnya (agregat halus dan agregat kasar).

Masalah 3.

Kalian, masih ingat masalah kehalusan semen portland dengan ayakan standar (tugas 1), pada prinsipnya sama pada tugas 3, tetapi peralatan yang digunakan untuk menguji berbeda yaitu Pesawat Blaine, dan sudah barang tentu prosedur pemeriksaannya berbeda pula, demikian juga ketelitian pemeriksaannya lebih baik. Masalahnya tingkat kesulitan untuk memeriksa kehalusan semen portland dengan alat tersebut lebih tinggi !, dan berapakah kehalusan semen portland sesuai dengan SNI.

Bacalah informasi berikut dengan seksama untuk menyelesaikan masalah 3 di atas!

a) Alat/Peralatan & Bahan

- (1) Pesawat Blaine berikut perlengkapannya
- (2) Timbangan elektronik dengan ketelitian 0,01 gram
- (3) Cawan porcelin/keramik (wadah)
- (4) Kertas saring
- (5) Gelas beaker 500 ml
- (6) Spatula (2,5 x 15) cm
- (7) Kerosin
- (8) Semen portland yang akan diperiksa
- (9) Stop Watch dan Sarung tangan

b) Benda Uji

Mempersiapkan benda uji untuk pemeriksaan kehalusan semen portland dengan mempergunakan pesawat Blaine adalah sebagai berikut :

- (1) Menghitung berat jenis semen portland
- (2) Berat semen portland yang di uji dapat dihitung dengan rumus

$$\text{Rumus} \quad : \quad W = B.J. \cdot V (1-0,5)$$

$$\text{Dimana} \quad : \quad W = \text{berat contoh semen portland}$$

BJ = berat jenis semen portland (Hasil pemeriksaan atau boleh ditetapkan 3,15 gr/cm³)

V = volume sel (standar = 1,76 cm³)

c) Prosedur Pemeriksaan Kehalusan Semen Portland dengan Pesawat Blaine

- (1) Siapkan lokasi/tempat untuk pemeriksaan kehalusan semen portland sesuai dengan prinsip-prinsip K3
- (2) Siapkan alat/peralatan/mesin untuk pemeriksaan kehalusan semen portland dengan pesawat Blaine
- (3) Ambil kerosin dan saring dengan menggunakan kertas saring agar kerosin benar-benar bersih
- (4) Masukkan kerosin ke dalam pipa U hingga angka no 1 dari bawah (kerosin sudah sejajar dalam pipa U)
- (5) Ambil tabung sel lengkap dengan ringnya dan bersihkan
- (6) Masukkan 1 lembar kertas saring ke dalam tabung sel dan pastikan bahwa kertas saring sudah berada pada bagian dasar, kemudian masukkan contoh uji (semen portland) ke dalam tabung sel sesuai dengan hasil perhitungan di atas (W gram), masukkan lagi 1 lembar kertas saring di atas benda uji.
- (7) Tutup tabung sel dengan torak penutup (pastikan bahwa contoh uji sudah masuk seluruhnya dan tidak ada yang terbang) dan taruh pada pesawat Blaine
- (8) Sebelum pemeriksaan kehalusan dimulai pada pesawat Blaine, perhatikan pipa U pada pesawat Blaine
 - Angka no. 1 dari bawah : untuk mensejajarkan cairan
 - Angka no. 2 – 3 : batas pembacaan waktu (t)
 - Angka no. 4 : batas atas untuk menaikkan cairan kerosin(minyak tanah)
- (9) Pemeriksaan dimulai, Naikkan cairan kerosin sampai dengan angka no. 4, dengan membuka katup/kran kemudian menekan pompa hisap dengan perlahan-lahan sehingga cairan mencapai angka no 4 dan dengan cepat tutup katup/kran

- (10) Kemudian angkat/ambil torak penutup sehingga udara masuk, cairan kerosin akan turun hingga mencapai angka no 3 (selama proses ini berlangsung siapkan stop watch)
- (11) Pada saat cairan kerosin turun pada angka 3, hidupkan Stop Watch dan berhentikan pada saat cairan kerosin turun mencapai angka no 2. (perhitungan waktu penurunan kerosin dari angka 3 ke angka 2 dicatat dalam detik)
Waktu = t, adalah waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan cairan kerosin dari angka 3 sampai dengan 2.
- (12) Pemeriksaan ini dilakukan sebanyak tiga kali dengan contoh uji yang sama, kemudian diambil rata-ratanya $(t_1 + t_2 + t_3) : 3$
- (13) Kemudian siapkan lagi benda uji seperti prosedur di atas sehingga anda melakukan pemeriksaan sebanyak tiga kali contoh uji dan masing-masing tiga kali pemeriksaan, selanjutnya dirata-ratakan, yang merupakan hasil akhir pemeriksaan kehalusan semen portland.

(14) Perhitungan

Untuk menghitung kehalusan semen portland dengan pemeriksaan pesawat Blaine menggunakan persamaan berikut;

$$S = \frac{ss\sqrt{t}}{\sqrt{T_s}}$$

Keterangan : S = kehalusan contoh semen portland

ss = kehalusan semen standar = 3380 cm²/gr

t = waktu

T_s = waktu standar = 92,25 detik untuk BJ = 3,15

(t/m³) → SNI

(15) Pelaporan

Laporkan hasil perhitungan angka kehalusan dengan pesawat Blaine

Catatan :

- (1) Benda uji memenuhi syarat kehalusan semen portland dengan pesawat Blaine apabila angka kehalusan Minimum 2800 cm²/gram

- (2) T_s = waktu standar didapat dari hasil peneraan semen standar $\rightarrow 92,25$ dt
 BJ semen standar = $3,15 \text{ t/m}^3$ (sesuai SNI)
 $W = BJ \cdot V (1 - \epsilon)$
 $\epsilon = 0,500 \pm 0,005$
 V = Volume sel
 W = berat semen portland yang dibutuhkan (gram)

Contoh Perhitungan Berat Contoh Uji

Diketahui BJ semen standar : $3,15 \text{ t/m}^3$ dan volume sel : $1,76 \text{ cm}^3 \rightarrow$ Standar

Maka $W = BJ \times V (1 - \epsilon)$

$$W = 3,15 \times 1,76 (1 - 0,500) = 2,772 \text{ gram.}$$

Cara menera volume sel :

- (1) 2 helai kertas saring masukkan ke dalam tabung sel dan timbang misal A_1 gram.
- (2) Lanjutkan langkah point 1 dengan mengisi air raksa sampai penuh dan timbang misal A_2 gram.
- (3) Berat air raksa seluruh = $(A_2 - A_1)$ gram = A gram
- (4) Kertas saring 1 helai masukkan ke dalam tabung sel, isi semen portland sebanyak 2,80 gram ke dalam tabung sel dan tutup dengan 1 helai kertas saring, kemudian timbang misal B_1 gram.
- (5) Lanjutkan langkah point 4 dengan mengisi air raksa sampai penuh dan timbang misal B_2 gram.
- (6) Berat air raksa dan semen = $(B_2 - B_1)$ gram = B gram
- (7) $V = \frac{A-B}{BJ \text{ Air Raksa}} \rightarrow$ BJ Air Raksa lihat tabel dan sesuaikan dengan temperatur pada saat pemeriksaan dilaksanakan, misalnya bila temperatur 28°C maka BJ Air raksa adalah $13,53 \text{ gr/cm}^3$. (lihat tabel)

Contoh Perhitungan

Berdasarkan data hasil pemeriksaan kehalusan semen dengan pesawat Blaine adalah sebagai berikut; Pemeriksaan (1): waktu pemeriksaan sebanyak tiga kali yaitu; $t_1 = 58$ dt, $t_2 = 67$ dt, $t_3 = 63$

dt, Pemeriksaan (2): $t_1 = 65$ dt, $t_2 = 69$ dt, $t_3 = 73$ dt , Pemeriksaan (3): $t_1 = 68$ dt, $t_2 = 72$ dt, $t_3 = 77$ dt Hitunglah kehalusan semen portland.

Penyelesaian :

Waktu rata-rata dari setiap pemeriksaan adalah :

1. : 62,67 dt
2. : 69,00 dt
3. : 72,33 dt

Perhitungan kehalusan semen portland adalah sebagai berikut;

$$(1) S = \frac{ss\sqrt{t}}{\sqrt{T_s}} = \frac{3380\sqrt{62,67}}{\sqrt{92,25}} = 2787,25 \text{ gr / cm}^2$$

$$(2) S = \frac{ss\sqrt{t}}{\sqrt{T_s}} = \frac{3380\sqrt{69,00}}{\sqrt{92,25}} = 2924,62 \text{ gr / cm}^2$$

$$(3) S = \frac{ss\sqrt{t}}{\sqrt{T_s}} = \frac{3380\sqrt{72,33}}{\sqrt{92,25}} = 2994,36 \text{ gr / cm}^2$$

Kehalusan semen adalah $\frac{(2728,25+2924,62+2994,36)}{3} = 2882,41 \text{ gr/cm}^2$

berarti semen portland tersebut memenuhi syarat kehalusan dengan pesawat Blaine karena $2882,41 \text{ gr/cm}^2 \geq 2800 \text{ gr/cm}^2$.

Jawaban Masalah 3

Sesuai dengan Standar Nasional Indonesia kehalusan semenportland dengan Pesawat Blaine adalah $\geq 2800 \text{ cm}^2/\text{gram}$ dan pemeriksaannya mengacu pada SNI.



Gambar 6. Alat/Peralatan Blaine Air Permeability (ASTM C 204-84)

Tabel 3. Berat Jenis Air Raksa Berdasarkan Temperatur (ASTM Standards, 1985)

Temperatur (°C)	Berat jenis (t/m ³)	Viskositas Udara (η)	$\sqrt{\eta}$
16	13,56	0,0001788	0,01337
18	13,55	0,0001798	0,01341
20	13,55	0,0001808	0,01345
22	13,54	0,0001818	0,01348
24	13,54	0,0001828	0,01352
26	13,53	0,0001837	0,01355
28	13,53	0,0001847	0,01359
30	13,52	0,0001857	0,01363
32	13,52	0,0001867	0,01366
34	13,51	0,0001876	0,01370

4) Tugas 4. Pemeriksaan Konsistensi Normal Semen Portland

Pemeriksaan ini dimasukkan untuk menentukan konsistensi normal semen portland dengan vicat atau dengan kata lain pemeriksaan ini untuk menentukan faktor air semen (fas) dari konsistensi normal semen. Konsistensi normal semen portland tercapai bila jarum vicat Ø 10 mm yang mempunyai berat 300 gram menembus pasta 10 ± 1 mm atau 9 s.d 11 mm → maka fas adukan tersebut merupakan fas konsistensi normal semen. Selanjutnya, pemeriksaan pengikatan awal dan akhir semen portland menggunakan nilai fas konsistensi normal.

Masalah 4

Dalam kehidupan sehari-hari kita sering menjumpai tukang bangunan mengerjakan pemasangan bata merah, batu kali, plesteran dinding, dan lain sebagainya. Adukan yang dipergunakan kadang-kadang terlalu encer atau terlalu kering, bila kering biasanya mereka langsung menambahkan air atau sebaliknya. Kalian masih ingat bukan, bahwa Semen adalah pengikat hidraulis artinya semen bila dicampur dengan air cukup akan mengeras dengan sempurna, kalau kurang air pengikatannya tidak baik, dan kalau terlalu encer akan terjadi penyusutan dan porositasnya tinggi. Masalahnya Berapakah

banyaknya air (fas) untuk mencapai konsistensi normal semen, dan bagaimana memeriksanya sesuai dengan SNI.

Bacalah informasi berikut dengan seksama untuk menyelesaikan masalah 4 di atas!

a) Alat/Peralatan dan benda Uji

- (1) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gr
- (2) Gelas ukur 200 ml, dengan ketelitian 1 ml
- (3) 1 (satu) set alat vicat terdiri dari, alat vicat dan cincin ebonit (Conical-ring)
- (4) Stop-watch
- (5) Sendok perata (spatula 2,5 x 15 cm)
- (6) Sarung Tangan
- (7) Air suling sebanyak ± 300 ml
- (8) Contoh semen portland sebanyak ± 400 gram

b) Prosedur Pemeriksaan Konsistensi Normal Semen Portland

- (1) Siapkan lokasi/tempat untuk pemeriksaan konsistensi normal semen portland sesuai dengan prinsip-prinsip K3
- (2) Siapkan alat/peralatan/mesin untuk pemeriksaan konsistensi normal semen portland
- (3) Memasukkan air (air suling) sebanyak $\pm 28\%$ dari berat benda uji ke dalam mangkok alat pengaduk.
- (4) Masukkan benda uji ke dalam mangkok dan diamkan selama 30 detik
- (5) Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan (140 ± 5) rpm, selama 30 detik
- (6) Hentikan mesin pengaduk selama 15 detik, sementara itu bersihkan pasta yang menempel dipinggir mangkok.
- (7) Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan (285 ± 10) rpm selama 60 detik
- (8) Buatlah pasta berbentuk seperti bola dengan tangan, kemudian dilemparkan 6 kali dari satu tangan ke tangan yang lain dengan jarak kira-kira 15 cm.

- (9) Pegang bola pasta dengan satu tangan, kemudian tekankan ke dalam cincin ebonit yang dipegang dengan tangan lain melalui lubang besar : sehingga cincin ebonit penuh dengan pasta.
- (10) Kelebihan pasta pada lubang besar diratakan dengan sendok perata yang digerakkan dalam posisi miring terhadap permukaan cincin.
- (11) Letakkan pelat kaca pada lubang besar cincin ebonit ; balikkan, ratakan dan licinkan kelebihan pasta pada lubang kecil cincin ebonit dengan sendok perata.
- (12) Letakkan cincin ebonit dibawah jarum besar vicat, dan kontakkan jarum dengan bagian tengah permukaan pasta.
- (13) Jatuhkan jarum dan catat penurunan yang berlangsung selama 30 detik.
- (14) Perhitungan

$$Fas = \frac{Berat\ Air}{Berat\ Semen} \times 100$$

Catatan:

Konsistensi normal semen tercapai apabila jarum vicat yang berdiameter 10 mm menembus pasta (penetrasi jarum vicat pada pasta semen) (10 ± 1) mm, maka fas pada kondisi tersebutlah yang menentukan.

- (15) Pelaporan
 - (a) Grafik penurunan terhadap konsistensi normal
 - (b) Konsistensi normal, yang didapat pada penurunan (10 ± 1) mm

Contoh Perhitungan

Pada pemeriksaan konsistensi normal semen, diketahui berat semen (contoh uji) adalah 575 gram dengan faktor air semen adalah 0,29. Hitunglah berat air yang dibutuhkan untuk pemeriksaan konsistensi normal semen.

Penyelesaian:

$$Fas = \frac{Berat\ Air}{Berat\ Semen} \times 100 = \frac{Berat\ Air}{575} = 0,29$$

$$Berat\ air = 575 \times 0,29 = 166,75\ gram$$

$Berat\ Air = 575 \times 0,29 = 166,75\ gram$ Jadi jumlah air yang dibutuhkan adalah 166,75 gram \rightarrow bukan dalam volume (ml)

Jawaban Masalah 4

Jumlah air yang dibutuhkan atau fas (faktor air semen) kalau Konsistensi normal semen portland tercapai yaitu jarum vicat \varnothing 10 mm yang mempunyai berat 300 gram menembus pasta 10 ± 1 mm atau 9 s.d 11 mm \rightarrow maka fas adukan tersebut merupakan fas konsistensi normal semen. Selanjutnya, pemeriksaan pengikatan awal dan akhir semen portland menggunakan nilai fas konsistensi normal. Pemeriksaannya mengacu kepada SNI.



Gambar 7. Alat/Peralatan untuk Memeriksa Konsistensi Normal Semen

- 5) Tugas 5. Pemeriksaan Pengikatan Awal dan Akhir Semen portland
Pemeriksaan ini dimaksud untuk menentukan waktu pengikatan awal dan pengikatan akhir semen. Waktu pengikatan awal adalah jangka waktu dari mulainya semen bercampur dengan air sehingga menjadi pasta sampai pasta mulai mengeras/mengikat yang diukur dengan alat vicat. Waktu pengikatan akhir adalah jangka waktu dari mulainya semen bercampur sampai jarum vicat yang berdiameter 1 mm tidak menembus pasta lagi.

Masalah 5

Kekuatan tekan beton mencapai 100 % adalah pada umur 28 hari, artinya semen yang mengikat material/agregat sudah dianggap

mengeras sempurna, walaupun masih terjadi proses pengerasan selanjutnya. Untuk mencapai Pengerasan/pengikatan semen portland (beton) dapat berlangsung dengan sempurna harus dihindari dari getaran setelah beton tersebut dicor. Pertanyaannya, Berapa lama proses pengikatan awal dan akhir semen portland sesuai dengan SNI, dan apa hubungannya dengan pemeriksaan pengikatan awal dan akhir, serta bagaimana memeriksanya.

Bacalah informasi berikut dengan seksama untuk menyelesaikan masalah 5 di atas, dan dapat juga membaca referensi lain yang berhubungan dengan unit ini !.

a) Alat/Peralatan dan benda uji

- (1) Timbangan dengan ketelitian 0,01gram
- (2) Gelas ukur 200 ml, dengan ketelitian 1 ml
- (3) 1 set alat vicat terdiri dari alat vicat dan cincin ebonit (conical ring)
- (4) Stop-watch,
- (5) Thermometer beton
- (6) Spatula dan Sarung tangan
- (7) Air suling kurang lebih ± 300 ml
- (8) Contoh semen Portland sebanyak ± 400 gram

b) Prosedur Pemeriksaan Pengikatan Awal dan Akhir Semen

- (1) Siapkan lokasi/tempat untuk pemeriksaan pengikatan awal dan akhir semen portland sesuai dengan prinsip-prinsip K3
- (2) Siapkan alat/peralatan/mesin untuk pemeriksaan pengikatan awal dan akhir semen portland
- (3) Tentukan berat semen portland dan berat air sesuai dengan fas untuk pemeriksaan konsistensi normal semen portland
- (4) Siapkan lokasi/tempat pemeriksaan dan alat/peralatan (mesin pengaduk/mixer), kemudian masukkan stop kontak pada saklar listrik

- (5) Masukkan air pencampur berupa air suling yang banyaknya sesuai dengan jumlah air untuk mencapai konsistensi normal (nomor a) di atas) ke dalam mangkok/mixer.
- (6) Masukkan benda uji (semen portland) ke dalam mangkok/mixer dengan hati-hati (jangan sampai ada yang terbang), diamkan selama 30 detik
- (7) Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan (140 ± 5) putaran per menit (rpm) selama 30 detik.
- (8) Hentikan mesin pengaduk selama 15 detik, selama waktu ini bersihkan pasta yang menempel dipinggir mangkok dengan mempergunakan spatula.
- (9) Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan (285 ± 10) putaran per menit (rpm) selama 1 menit.
- (10) Buatlah pasta berbentuk seperti bola dengan tangan, kemudian dilemparkan 6 kali dari satu tangan ke tangan yang lain
- (11) Pegang bola pasta dengan satu tangan, kemudian tekankan ke dalam cincin ebonit yang dipegang pada tangan lain melalui lubang besar, sehingga cincin terisi penuh dengan pasta.
- (12) Kelebihan pasta pada lubang besar diratakan dengan sendok merata atau spatula yang digerakkan dalam posisi miring terhadap permukaan cincin.
- (13) Letakkan pelat kaca pada lubang besar ; balikkan, ratakan atau licinkan kelebihan pasta pada lubang kecil cincin ebonit dengan sendok merata/spatula.
- (14) Taruh termometer beton di atas cincin dan simpan pada *moist cabinet* selama 30 menit kemudian baca thermometer udara dan thermometer beton.
- (15) Keluarkan cincin ebonit dan pasang pada vikat dibawah jarum kecil (diameter 1 mm), dan kontakkan jarum berdiameter 1 mm dengan bagian tengah permukaan pasta.
- (16) Jatuhkan jarum berdiameter 1 mm, bila masih tembus sampai ke dasar lakukan setelah setiap 15 menit sampai mencapai penurunan (penetrasi jarum vikat) ≤ 25 mm. Setiap

menjatuhkan jarum catatlah penurunan yang berlangsung selama 30 detik. Jarak antara titik-titik setiap menjatuhkan jarum adalah $\frac{1}{2}$ cm dan jarak titik dari pinggir cincin ebonit tidak boleh kurang dari 1 cm.

- (17) Catat waktu (dalam menit) yang dibutuhkan sampai jarum vikat berdiameter 1 mm menembus pasta (penetrasi) ≤ 25 mm.
- (18) Perhitungan
 - (a) Masukkan hasil pemeriksaan ke grafik pada menit ke 45, 60, 75, 90 dan 105. Tarik garis lengkung.
 - (b) Tarik garis pada penurunan 25 horizontal memotong garis lengkung dan proyeksikan ke bawah.
 - (c) Waktu penurunan di dapat 95 menit
- (19) Pelaporan
 - (a) Waktu pengikatan awal didapat pada penurunan vikat $\varnothing 1$ mm ≤ 25 mm
 - (b) Grafik penurunan terhadap waktu

Catatan :

- (1) Selama pelaksanaan pemeriksaan tersebut, alat-alat harus bebas getaran dan jarum dijaga supaya tetap lurus dan bersih dari semen yang menempel
- (2) Waktu pengikatan awal paling cepat atau minimum 60 menit sesuai SNI.
- (3) Pengaruh suhu udara, air pencampur dan kelembaban ruangan diabaikan
- (4) Apabila waktu pengikatan awal telah tercapai dapat dilanjutkan dengan pemeriksaan pengikatan akhir.
- (5) Waktu pengikatan akhir tercapai bila jarum vikat $\varnothing 1$ mm tidak menembus permukaan pasta semen.
- (6) Waktu pengikatan akhir maksimum 10 jam sesuai SNI

Tabel 4. Pemeriksaan Waktu Pengikatan Dengan Vicat

Nomor Pengamatan Penurunan	Waktu Penurunan (menit)	Penurunan (mm)
1	45	40
2	60	40
3	75	40
4	90	32
5	105	28
6	120	24
7	135	20
8	150	
9	165	
10	180	
11	195	
12	210	
13	225	
14	240	

Catatan :

- Konsistensi normal : 26,65%
- Suhu pasta : 32°C
- Suhu udara : 28°C
- Waktu pengikatan awal : 95 menit

Jawaban Masalah 5

Sesuai dengan SNI, Waktu pengikatan awal diperoleh bila jarum vicat \varnothing 1 mm menembuspasta ≤ 25 mm dalam waktu minimum 60 menit dan pengikatan akhir tercapai bila jarum vikat \varnothing 1 mm tidak menembus permukaan pasta dalam waktu maksimum 8 jam. Kaitannya dengan pelaksanaan di lapangan, beton tersebut harus benar-benar dihindari selama proses pengikatan masih berlangsung.



Gambar 8. Alat/Peralatan Memeriksa Pengikatan Awal dan Akhir Semen Portland

- 6) Tugas 6. Pemeriksaan Kekuatan Tekan Adukan Semen Portland
 Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kekuatan tekan mortar semen portland dengan contoh benda uji berbentuk kubus berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm. Kekuatan tekan mortar adalah beban tiap satuan luas permukaan yang menyebabkan mortar hancur. Pemeriksaan kuat tekan mortar semen portland dilakukan pada umur : 1 hari, 3 hari, 7 hari, dan 28 hari, dan disesuaikan dengan jenis semen portland yang diperiksa.

Masalah 6

Kekuatan tekan beton mencapai 100 % adalah pada umur 28 hari, berapa persenkah kekuatan beton pada umur; 3 hari, 7 hari, dan 21 hari. Bagaimana pemeriksaan kuat tekan semen, serta tentukan proporsi bahan (pasir kuarsa dan air) bila semen yang akan diuji sebanyak 650 gram sesuai dengan SNI.

Bacalah informasi berikut dengan seksama untuk menyelesaikan masalah 6 di atas, dan dapat juga membaca referensi lain yang berhubungan dengan unit ini !.

a) Alat/Peralatan dan bahan

- (1) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram

- (2) Gelas ukur, dengan ketelitian 1 ml
- (3) Alat pengaduk (ASTM C-305-65)
- (4) Stop-watch, sendok perata, dan pengukur leleh
- (5) Mixer (Mesin Pengaduk Semen)
- (6) Meja leleh (flow table, ASTM C-230-68),
- (7) Cetakan kubus 5 cm x 5 cm 5 cm dan alat pemadat/tamper yang terbuat dari bahan yang tidak menyerap air
- (8) Mesin tekan (Universal Testing Machine), dengan ketelitian pembacaan 5 kgf
- (9) Semen portland
- (10) Air suling lebih kurang ± 1500 ml
- (11) Agregat halus (pasir standar/kuwarsa sesuai dengan SNI)
- (12) Kubus mortar berukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm

b) Prosedur Pemeriksaan Kuat Tekan Mortar Semen

- (1) Siapkan tempat/lokasi untuk mempersiapkan benda uji dan singkirkan benda yang mengganggu pelaksanaan persiapan
- (2) Siapkan alat/peralatan mencampur dan mencetak benda uji sesuai kebutuhan
- (3) Siapkan bahan yaitu; air suling 242 gram, semen portland 500 gram, dan pasir kuarsa 1375 gram dengan gradasi sesuai dengan SNI ($\phi 0,15$ mm = 98 ± 2 %, $\phi 0,30$ mm = 75 ± 5 %, $\phi 0,425$ mm = 20 ± 5 % , $\phi 0,60$ mm = 2 ± 2 %, dan $\phi 1,2$ mm = 0,0 %)
- (4) Masukkan air berupa air suling sebanyak 242 gram(fas 0,484) ke dalam mangkok alat pengaduk.
- (5) Kemudian masukkan 500 gram semen portland ke dalam mangkok
- (6) Aduk pasta (semen portland dan air) dengan menjalankan mesin pengaduk pada kecepatan rendah (145 ± 5) putaran per menit (rpm) selama 30 detik.
- (7) Masukkan pasir standar (pasir kuwarsa) sebanyak 1375 gram perlahan-lahan sambil mesin pengaduk dijalankan dengan kecepatan rendah (145 ± 5) putaran per menit (rpm) selama

30 detik. → Perbandingannya adalah: 1 : 2,75 : 0,484 (dalam berat).

- (8) Hentikan mesin pengaduk, naikan kecepatan putaran menjadi sedang (285 ± 10) putaran per menit dan jalankan selama 30 detik.
- (9) Hentikan mesin pengaduk, segera bersihkan mortar yang menempel pada pinggir mangkok selama 15 detik. Kemudian biarkan mortar selama 75 detik.
- (10) Aduk lagi mortar dengan kecepatan pengaduk (285 ± 10) putaran per menit selama 1 menit.
- (11) Adukan dibiarkan selama 90 detik, kemudian aduk kembali dengan kecepatan sedang (285 ± 10) putaran per menit selama 15 detik.
- (12) Mencetak benda uji dengan cetakan 5 cm x 5 cm x 5 cm ; cetakan diisi dalam 2 lapisan di mana setiap lapis dipadatkan dengan menumbuk sebanyak 16 kali (2 putaran) sehingga jumlah tumbukan untuk satu benda uji adalah 4 putaran (32 kali tumbukan). Keseluruhan waktu yang dipergunakan untuk mencetak tidak boleh lebih dari 2,5 menit (perhatikan gambar di bawah)
- (13) Ratakan permukaan mortar dengan sendok perata kemudian simpan di atas "moist cabinet" (dalam ruangan lembab) selama 24 jam.
- (14) Bukalah cetakan dan rendamlah mortar dalam air bersih (merupakan perawatan/curimg benda uji)
- (15) Benda uji yang telah direndam diukur luas penampangnya, kemudian periksalah kekuatan tekan mortar pada mesin tekan sesuai dengan umur yang diinginkan, biasanya pada umur 1 hari, 3 hari, 7 hari dan 28 hari, (sesuaikan dengan jenis semen portland yang diperiksa)
- (16) Catat hasil pemeriksaan meliputi : luas penampang dalam cm^2 , beban hancur dalam kgf
- (17) Hitung kuat tekan semen portland dengan persamaan;

$$\sigma = \frac{P}{F} \rightarrow \text{kgf/cm}^2 \text{ atau } (\text{N/mm}^2)$$

Dimana :

P = beban hancur (kgf atau N)

F = luas penampang benda uji (cm²)

(18) Pelaporan

Laporan nilai kekuatan tekan mortar pada tiap umur pemeriksaan

Catatan :Pengaruh suhu udara, air pencampur dan kelembaban ruangan diabaikan

Catatan :

Persiapan bahan (pasir kuarsa) untuk campuran pemeriksaan kuat tekan semen portland, pasir harus lolos dari ayakan 1,2 mm dan tertahan pada ayakan 0,15 mm dengan gradasi sebagai berikut:

Tabel 5. Gradasi Pasir Kuarsa untuk Pemeriksaan Kekuatan Tekan Semen (SNI)

Ø Ayakan (mm)	Tertahan (%)	Berat Tertahan (gr)	Keterangan
1,2	0	0	
0,60	2 ± 2	2 - 4	
0,425	20 ± 5	11 - 23	
0,30	75 ± 5	53 - 67	
0,15	98 ± 2	2 - 6	
Total		100	

Gradasi pasir kuarsa untuk pemeriksaan kuat tekan semen berdasarkan SNI

φ 0,15 mm = 98 ± 2 %

φ 0,30 mm = 75 ± 5 %

φ 0,425 mm = 20 ± 5 %

φ 0,60 mm = 2 ± 2 %

φ 1,2 mm = 0,0 %

1	8
2	7
3	6
4	5

1	2	3	4
8	7	6	5

Gambar 9. Pemadatan Benda Uji Mortar untuk Lapisan I dan II

Contoh Perhitungan:

Berdasarkan hasil pemeriksaan kuat tekan semen diperoleh data beban (p) adalah 7546 kgf dengan ukuran benda uji (5,01 x 5,00) cm. Diminta untuk menghitung kuat tekan semen.

Penyelesaian:

Luas penampang benda uji (F) = 5,01 x 5,00 = 25,05 cm²

Maka kuat tekan semen adalah $\sigma = \frac{P}{F} = \frac{7546}{25,05} = 301,24 \text{ kgf/cm}^2$ atau

30,124 N/mm²

Jawaban Masalah 4

Berdasarkan SNI, persentase kekuatan beton (dengan semen portland biasa) pada umur 3 hari : 40 %; 7 hari : 65 %; dan 21 hari : 95 %. Sedangkan pengujiannya mengacu kepada SNI, dan proporsi bahan adalah: 1 bagian semen; 2,75 bagian pasir kuarsa; dan 0,484 bagian air seluruhnya dalam satuan berat. Untuk keperluan bila semen portland 650 gram maka pasir kuarsa adalah 2,75 x 650 = 1.787,5 gram dan air adalah 0,484 x 650 = 314,6 gram.





Gambar 10. Alat/Peralatan Untuk Memeriksa Kuat Tekan Semen

c. Rangkuman

- 1) Semen portland adalah bahan perekat (pengikat) hidrolis yang dapat mengeras bila bersenyawa dengan air dan membentuk massa yang padat serta tidak larut dalam air.
- 2) Pemeriksaan kehalusan semen dapat dilakukan dengan ayakan standar dan pesawat blaine. Kehalusan semen portland dengan ayakan standar dinyatakan memenuhi persyaratan bila semen portland yang tertahan pada ayakan 1,2 mm adalah nol (0) persen dan maksimum 10 % yang tertahan pada ayakan 0,09 mm
- 3) Kehalusan semen portland dengan pesawat Blaine dinyatakan memenuhi persyaratan bila nilai kehalusan (S) adalah minimum 2800 grm/cm^2
- 4) Berat jenis semen portland yang memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI yaitu; 3,0 grm/cm^3 s.d 3,30 grm/cm^3 . Berat jenis semen portland sangat menentukan kualitas beton yang akan diproduksi, karena berat jenis beton normal adalah 2,200 kg/dm^3 s.d 2,500 kg/dm^3 , beton yang mempunyai berat jenis tinggi memberikan indikator bahwa beton tersebut mempunyai kuat tekan karakteristik yang tinggi pula.
- 5) Pemeriksaan konsistensi normal semen portland dengan Vicat bertujuan untuk menentukan jumlah air yang dibutuhkan oleh semen portland agar dapat mengeras dengan sempurna. Pengertian lain, menentukan faktor air semen (fas), dimana fas adalah perbandingan antara berat air dan berat semen portland dikalikan 100 persen. Konsistensi normal tercapai bila jarum vicat yang berdiameter 10 mm menembus pasta (penetrasi) 10 ± 1 mm atau 9 sd 11 mm.
- 6) Pengikatan semen portland terdiri dari pengikatan awal dan pengikatan akhir. Pemeriksaan pengikatan awal merupakan lanjutan dari pemeriksaan konsistensi normal semen portland, karena hasil penentuan

fas dari pemeriksaan konsistensi normal semen itulah yang dipergunakan untuk pemeriksaan pengikatan awal. Kemudian persiapan benda uji pada pengujian konsistensi normal juga dilakukan pada pemeriksaan pengikatan awal.

- 7) Pengikatan awal semen portland tercapai bila jarum vicat yang berdiameter 1 mm dengan berat batang luncur 300 gram menembus pasta (penetrasi) ≤ 25 mm. Pengikatan awal semen portland sesuai dengan SNI minimum 60 menit, artinya bila pengikatan terjadi sebelum menit ke enampuluh maka semen portland yang diperiksa tidak memenuhi persyaratan. Hal ini dapat disebabkan penyimpanan semen yang kurang baik sehingga terjadi proses kristalisasi akibat kelembaban disekitarnya.
- 8) Pengikatan akhir semen portland tercapai bila jarum vicat yang berdiameter 1 mm dengan berat batang luncur 300 gram tidak menembus pasta lagi. Pemeriksaannya merupakan lanjutan dari pemeriksaan pengikatan awal semen portland (benda ujinya sama). Pengikatan akhir semen portland sesuai dengan SNI maksimum 8 jam, artinya pengikatan akhir harus tercapai sebelum jam ke delapan.
- 9) Pemeriksaan kekuatan tekan semen portland sesuai dengan SNI, mulai dari pembuatan benda uji sampai pemeriksaan.
 - (a) Benda uji berbentuk kubus ukuran (5 x 5 x 5) cm dengan campuran : 1 bagian semen : 0,484 bagian air : 2,75 bagian pasir kuarsa, perbandingan dalam berat.
 - (b) Gradasi agregat halus (pasir kuarsa) adalah sebagai berikut;
 - tertahan ayakan ϕ 0,15 mm adalah 98 ± 2 %
 - tertahan ayakan ϕ 0,30 mm = 75 ± 5 %
 - tertahan ayakan ϕ 0,425 mm = 20 ± 5 %
 - tertahan ayakan ϕ 0,60 mm = 2 ± 2 %
 - tertahan ayakan ϕ 1,2 mm = 0,0 %
- 10) Semen portland jenis I, II, III, IV, dan V yang akan digunakan untuk pembuatan beton struktur harus memenuhi syarat fisik yang meliputi kehalusan, berat jenis, pengikatan, dan kekuatan tekan seperti yang telah dijelaskan di atas.

d. **Tugas**

Petunjuk:

Bacalah soal-soal di bawah ini dengan cermat dan teliti, kemudian jawablah pertanyaan tersebut pada lembar jawaban yang telah disediakan. Untuk pilihan ganda anda diminta untuk memilih jawaban yang paling tepat dari alternatif jawaban yang tersedia dengan cara memberi tanda silang (X).

Soal

- 1) Sebutkan alat/peralatan yang digunakan untuk memeriksa kehalusan semen dengan ayakan standar sesuai dengan SNI
- 2) Apa yang dimaksud dengan faktor air semen ? dan buat contoh perhitungannya sesuai dengan SNI
- 3) Jelaskan jenis semen tipe 2, 4, dan 5 sesuai dengan penggunaannya berdasarkan SNI
- 4) Jelaskan perbedaan pengikatan awal semen portland dan pengikatan akhir semen portland sesuai dengan SNI
- 5) Pada pemeriksaan kuat tekan semen, agregat halus yang digunakan adalah pasir kuarsa jelaskan gradasi agregat halus yang dipergunakan sesuai dengan SNI.
- 6) Pemeriksaan kualitas semen portland sesuai dengan SNI harus menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, jelaskan apa yang dimaksud ketelitian 0,01 gram dan berikan contoh perhitungannya.
- 7) Jelaskan tujuan pengujian pengikatan awal semen portland, dan bagaimana implikasinya di lapangan?
- 8) Jelaskan alat/peralatan yang dipergunakan untuk memeriksa berat jenis semen portland sesuai dengan SNI
- 9) Pemeriksaan kehalusan semen portland dengan Pesawat Blaine diperoleh data sebagai berikut; waktu penurunan kerosin pada pemeriksaan I adalah 87 dtk, II adalah 79 dtk, dan III adalah 76 detik hitunglah kehalusan semen portland tersebut, dan apakah memenuhi syarat kehalusan sesuai dengan SNI ?
- 10) Jelaskan bagaimana tercapainya pemeriksaan konsistensi normal semen portland sesuai dengan SNI.

Pilihan Ganda

- 1) Bahan perekat hidrolis yang dapat mengeras bila bersenyawa dengan air dan membentuk masa yang padat serta tidak larut dalam air adalah definisi dari:
 - a) Kapur hidrolis
 - b) Kapur aduk
 - c) Semen portland
 - d) Teras
- 2) Semen yang digunakan untuk konstruksi yang mempunyai persyaratan kekuatan awal yang tinggi adalah jenis semen:
 - a) type II
 - b) type III
 - c) type IV
 - d) type V
- 3) Berat jenis semen tergantung pada diameter butirnya. Sesuai dengan SNI berat jenis semen yang memenuhi syarat berkisar antara;
 - a) 1,00 - 1,30 ton/m³
 - b) 2,00 - 2,30 ton/m³
 - c) 3,00 - 3,30 ton/m³
 - d) 4,00 - 4,30 ton/m³
- 4) Faktor air semen (fas) sangat mempengaruhi kuat tekan semen, bila diketahui fas sebesar 0,54 dan berat air adalah 1385 gram, maka berat semen adalah;
 - a) 2564,81 gram
 - b) 2145,75 gram
 - c) 1031,35 gram
 - d) 747,90 gram
- 5) Dari hasil pengujian kuat tekan adukan semen dengan campuran sesuai dengan SNI diperoleh data sebagai berikut; luas penampang benda uji adalah (5,05 x 5,12) cm dengan beban hancur sebesar 7150 kgf. Maka kuat tekan semen adalah:
 - a) 246,53 kgf/cm²
 - b) 256,53 kgf/cm²
 - c) 266,53 kgf/cm²
 - d) 276,53 kgf/cm²

Kunci Jawaban.

Soal

- 1) Alat/peralatan untuk memeriksa kehalusan semen dengan ayakan standar sesuai dengan SNI adalah:
 - Ayakan standar (\emptyset 1,2 mm; \emptyset 0,09 mm; pan dan cover)
 - Kuas
 - Stop watch
 - Spatula
 - Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
 - Awan/wadah

- 2) Yang dimaksud dengan faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dengan berat semen dikalikan 100 dengan hasil dalam persen (%), contohnya sebagai berikut; diketahui berat fas adalah 0,54 (54 %) dengan berat semen adalah 657 gram maka berat air yang dibutuhkan adalah $0,54 \times 657 = 354,78$ gram. Artinya berat air yang dibutuhkan untuk campuran semen dengan berat 657 gram adalah 354,78 gram

- 3) Jenis semen 2, 4, dan 5 sesuai dengan penggunaannya berdasarkan SNI adalah:
 - Jenis II yaitu, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.
Penggunaan semen portland jenis II, untuk konstruksi yang berhubungan secara terus menerus dengan air kotor dan air tanah yang mengandung larutan garam atau sulfat misalnya : saluran buangan industri atau pada daerah rawa untuk pembetonan masal seperti dam, panas akibat proses hidrasi akan terperangkap dalam bangunan dalam jangka waktu yang cukup lama, karena konstruksi dam yang sangat tebal. Pada saat dingin akan timbul tegangan-tegangan akibat perubahan panas sehingga menyebabkan timbulnya retak-retak.
 - Jenis IV yaitu, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Jenis ini dipergunakan pada landasan mesin seperti turbin.

- Jenis V yaitu, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat. Sementara jenis mengeluarkan panas kira-kira 25-40% lebih rendah dari semen jenis I.

Penggunaan semen jenis V terutama pada konstruksi yang berhubungan dengan pengaruh pasang surut atau pada bangunan-bangunan beton dimana besar kemungkinan terserang pengaruh garam-garam sulfat. Juga digunakan pada bangunan untuk buangan air industri atau pada konstruksi yang terpengaruh oleh gas kimia yang agresif, pada pabrik gas LNG atau kilang penyulingan minyak bumi.

- 4) Pengikatan awal semen portland sesuai dengan SNI adalah bila jarum vicat yang berdiameter 1 mm menembus pasta ≥ 25 mm berarti pengikatan awal telah tercapai, sedangkan pengikatan akhir semen portland bila jarum vicat yang berdiameter 1 mm tidak menembus pasta lagi berarti pengikatan akhir telah tercapai.

- 5) Gradasi pasir kuarsa untuk pemeriksaan kuat tekan semen berdasarkan SNI adalah sebagai berikut:

tertahan ayakan ϕ 0,15 mm adalah 98 ± 2 %

tertahan ayakan ϕ 0,30 mm = 75 ± 5 %

tertahan ayakan ϕ 0,425 mm = 20 ± 5 %

tertahan ayakan ϕ 0,60 mm = 2 ± 2 %

tertahan ayakan ϕ 1,2 mm = 0,0 %

Tabel 6. Persentase dan Jumlah Agregat Halus yang Tertahan Pada Ayakan

\emptyset Ayakan (mm)	Tertahan (%)	Berat Tertahan (gr)	Keterangan
1,2	0	0	
0,60	2 ± 2	2 - 4	
0,425	20 ± 5	11 - 23	
0,30	75 ± 5	53 - 67	
0,15	98 ± 2	2 - 6	
Total		100	

- 6) Yang dimaksud dengan timbangan ketelitian 0,01 gram adalah hasil penimbangan contoh uji (semen portland) diperkenankan lebih 0,01 gram

atau kurang 0,01 gram, contohnya; berat benda uji yang sebenarnya adalah 785,64 gram, berarti hasil penimbangan boleh menjadi 785,63 gram atau 785,65 gram.

7) Tujuan pemeriksaan pengikatan awal pada semen portland adalah untuk mengetahui mulai terjadinya pengikatan (proses kristalisasi) awal pada semen (sesuai dengan SNI pengikatan awal semen portland minimum 60 menit), bila semen portland sudah mengalami pengikatan sebelum menit ke 60 berarti terlalu cepat artinya semen portland tidak memenuhi persyaratan. Implikasi di lapangan; misalnya pengikatan awal mulai pada menit ke 65 berarti sejak menit tersebut tidak boleh terjadi getaran atau gangguan terhadap campuran tersebut guna mencegah kerusakan pada struktur bangunan.

8) Alat/peralatan untuk memeriksa berat jenis semen portland adalah:

- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- Cawan/wadah semen portland
- Spatula
- Kertas saring
- Kerosin
- Le catelier (gelas ukur le catelier)
- Alat penusuk (terbuat dari kawat $\pm \varnothing 1,5$ mm)

9) Waktu rata-rata (t) hasil pemeriksaan adalah $(87 + 79 + 76) = 80,667$ detik , maka kehalusan semen portland dengan pesawat Blaine adalah;

$ss = 3380$ gr/cm² (SNI), $T_s = 92,25$ detik (SNI)

$$S = \frac{ss\sqrt{t}}{\sqrt{T_s}} = \frac{3380\sqrt{80,667}}{\sqrt{92,25}} = 3162,23 \text{ gr / cm}^2$$

Jadi kehalusan semen portland memenuhi syarat karena nilai $S = 3162,23$ gr/cm² > 2800 gr/cm², sesuai dengan SNI

10) Konsistensi normal semen portland tercapai sesuai dengan SNI, bila jarum vikat yang berdiameter 10 mm menembus (penetrasi) 10 ± 1 mm. Artinya fas

yang digunakan untuk membuat pasta mencapai penetrasi seperti di atas (10 ± 1 mm) itulah konsistensi normal semen portland tersebut.

Pemeriksaan konsistensi normal semen bertujuan untuk mencari berat air yang dibutuhkan oleh semen portland sehingga semen tersebut akan mengeras dengan sempurna, artinya semen tidak kekurangan air dan tidak kelebihan air.

Pilihan Ganda

- 1) C
- 2) B
- 3) C
- 4) A
- 5) D

e. Tes Formatif

Petunjuk:

Bacalah soal-soal di bawah ini dengan cermat dan teliti, kemudian jawablah pertanyaan tersebut pada lembar jawaban yang telah disediakan. Untuk benar salah anda diminta untuk melingkari huruf B bila benar dan huruf S bila salah. Untuk pilihan ganda anda diminta untuk memilih jawaban yang paling tepat dari alternatif jawaban yang tersedia dengan cara memberi tanda silang lingkaran

Soal

- 1) Sebutkan alat/peralatan yang digunakan untuk pengujian konsistensi normal semen
- 2) Jelaskan bagaimana menentukan fas untuk pemeriksaan pengikatan awal dan pengikatan akhir semen portland sesuai dengan SNI
- 3) Jelaskan dan berikan contoh perhitungan untuk menentukan berat contoh uji pada pemeriksaan kehalusan semen portland dengan pesawat Blaine
- 4) Pemeriksaan berat jenis semen portland anda menggunakan air raksa sebagai alat bantu, jelaskan fungsi air raksa pada pemeriksaan bj semen portland

- 5) Jelaskan prosedur pemeriksaan konsistensi normal semen sesuai dengan SNI
- 6) Pemeriksaan kekuatan tekan semen portland dari hasil pemeriksaan diperoleh beban hancur 6451 kgf, hitunglah kekuatan tekan semen portland sesuai dengan SNI.
- 7) Untuk pembuatan benda uji pemeriksaan kekuatan tekan semen portland diketahui banyaknya semen portland adalah 560 gram dan pasir kuarsa adalah 1540 gram, hitunglah banyaknya air yang dibutuhkan
- 8) Berdasarkan hasil pemeriksaan berat jenis semen portland diperoleh hasilnya adalah 2,89 grm/cm³, bagaimana tanggapan anda tentang hasil tersebut, jelaskan
- 9) Pemeriksaan kehalusan semen diperoleh data sebagai berikut; semen portland tertahan pada ayakan 1,2 mm adalah 3,2 gram dan pada ayakan 0,09 mm adalah 5,1 gram dengan total sampel adalah 105 gram, hitunglah kehalusan semen tersebut, dan bagaimana tanggapan anda terhadap hasilnya.
- 10) Jelaskan jenis semen portland berdasarkan penggunaannya minimal tiga jenis
- 11) Sebutkan alat/peralatan yang digunakan untuk memeriksa kehalusan semen dengan ayakan standar sesuai dengan SNI
- 12) Apa yang dimaksud dengan faktor air semen ? dan buat contoh perhitungannya sesuai dengan SNI
- 13) Jelaskan perbedaan pengikatan awal semen portland dan pengikatan akhir semen portland sesuai dengan SNI
- 14) Pada pemeriksaan kuat tekan semen, agregat halus yang digunakan adalah pasir kuarsa jelaskan gradasi agregat halus yang dipergunakan sesuai dengan SNI.
- 15) Pemeriksaan kualitas semen portland sesuai dengan SNI harus menggunakan timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, jelaskan apa yang dimaksud ketelitian 0,01 gram dan berikan contoh perhitungannya.
- 16) Jelaskan tujuan pengujian pengikatan awal semen portland, dan bagaimana implikasinya di lapangan?
- 17) Jelaskan alat/peralatan yang dipergunakan untuk memeriksa berat jenis semen portland sesuai dengan SNI

- 18) Pemeriksaan kehalusan semen portland dengan Pesawat Blaine diperoleh data sebagai berikut; waktu penurunan kerosin pada pemeriksaan I adalah 87 dtk, II adalah 79 dtk, dan III adalah 76 detik hitunglah kehalusan semen portland tersebut, dan apakah memenuhi syarat kehalusan sesuai dengan SNI ?
- 19) Jelaskan bagaimana tercapainya pemeriksaan konsistensi normal semen portland sesuai dengan SNI.

Pilihan Ganda

- 1) Berat jenis semen tergantung pada diameter butirnya. Sesuai dengan SNI berat jenis semen yang memenuhi syarat berkisar antara;
- 1,00 - 1,30 ton/m³
 - 2,00 - 2,30 ton/m³
 - 3,00 - 3,30 ton/m³
 - 4,00 - 4,30 ton/m³
- 2) Semen yang digunakan untuk konstruksi yang mempunyai persyaratan kekuatan awal yang tinggi adalah jenis semen:
- Type IV
 - type III
 - type II
 - type I
- 3) Faktor air semen (fas) sangat mempengaruhi kuat tekan semen, bila diketahui fas sebesar 0,54 dan berat air adalah 1385 gram, maka berat semen adalah;
- 2564,81 gram
 - 2145,75 gram
 - 1031,35 gram
 - 747,90 gram
- 4) Bahan perekat hidrolis yang dapat mengeras bila bersenyawa dengan air dan membentuk masa yang padat serta tidak larut dalam air adalah definisi dari:
- Kapur hidrolis
 - Kapur aduk

- c. Semen portland
 - d. Teras
- 5) Dari hasil pengujian kuat tekan adukan semen dengan campuran sesuai dengan SNI diperoleh data sebagai berikut; luas penampang benda uji adalah (5,05 x 5,12) cm dengan beban hancur sebesar 7150 kgf. Maka kuat tekan semen adalah:
- a. 246,53 kgf/cm²
 - b. 256,53 kgf/cm²
 - c. 266,53 kgf/cm²
 - d. 276,53 kgf/cm²

Benar Salah

- 1) Semen jenis 5 adalah semen yang mempunyai kekuatan tinggi pada awal pengerasan dan tahan terhadap lingkungan yang mengandung sulfat dan alkali, serta air laut
- 2) Berdasarkan Standar Nasional Indonesia berat jenis semen portland yang memenuhi persyaratan untuk pembuatan beton normal adalah 3,00 t/m³ s.d 3,30 t/m³
- 3) Alat vicat dengan batang luncur yang mempunyai jarum berdiameter 10 mm dan berdiameter 1 mm mempunyai berat 300 gram sesuai dengan SNI
- 4) Pemeriksaan pengikatan awal semen portland dengan mempergunakan alat vicat dinyatakan tercapai bila jarum diameter 10 mm menembus pasta ≥ 25 mm sesuai dengan SNI
- 5) Pemeriksaan kekuatan tekan semen portland diperoleh data sebagai berikut; beban hancur adalah 549 kgf dengan ukuran benda uji (5,01 x 4,98) cm, maka kekuatan tekan semen portland adalah 23,51 kgf/cm² atau 2,351 N/mm²
- 6) Untuk pemeriksaan kekuatan tekan semen portland pasir yang digunakan adalah pasir kuarsa dengan gradasi; lolos dari ayakan 1,2 mm, dan tertahan pada ayakan 0,30 mm sebesar 53 %
- 7) Semen portland adalah bahan perekat Hidrolis yang dapat mengeras bila bersenyawa dengan air dan membentuk massa yang padat serta tak larut dalam air
- 8) Kehalusan semen portland mempengaruhi daya lekat dalam pembuatan beton, oleh sebab itu kehalusan semen harus memenuhi syarat yaitu

minimum 2800 cm²/grm untuk pesawat Blaine, dan 10 % maksimum tertinggal pada ayakan 0,09 mm

- 9) Pengikatan awal dan pengikatan akhir untuk semua jenis semen portland (jenis 1 s.d jenis 5) adalah; minimum 60 menit (awal) dan maksimum 8 jam (akhir).
- 10) Berdasarkan Standar Nasional Indonesia perbandingan bahan untuk pembuatan benda uji kubus (50 x 50 x 50) mm adalah ; 1 bagian semen portland, 2,75 bagian pasir kuarsa, dan 0,484 bagian air, seluruhnya dalam berat.

f. Kunci Jawaban Evaluasi
Soal (Nilai : 66,5)

- 1) Alat/Peralatan pemeriksaan konsistensi normal semen portland adalah
 - Vicat berikut perlengkapannya
 - Spatula
 - Gelas ukur
 - Sarung tangan
 - Stop Watch
 - Gelas beaker
- 2) Penentuan fas untuk pemeriksaan pengikatan awal dan akhir semen portland sama seperti pengujian konsistensi normal semen portland yaitu Pada saat jarum vicat berdiameter 10 mm menembus pasta 10 ± 1 mm maka fas pemeriksaan (pasta) tersebutlah yang dipergunakan.
- 3) Menghitung berat contoh uji dengan pers $W = BJ. V (1-0,5) \rightarrow$ bila BJ belum diketahui gunakan BJ $3,15 \text{ gr/cm}^3$ dengan $V = 1,76 \text{ cm}^3$ Tetapi bisa cari dulu BJ melalui pemeriksaan karena BJ yang baik adalah (3,00 s.d 3,30) t/m^3
Contoh perhitungan:
 $W = 3,15 \times 1,76 (1 - 0,5) = 2,772 \text{ gram}$
- 4) Fungsi air raksa pada pemeriksaan BJ semen portland adalah untuk menghitung volume semen portland dengan menerapkan Hukum Archimedes

- 5) Prosedur pemeriksaan konsistensi normal sbb;
- Memasukkan air $\pm 28\%$ dari berat benda uji ke dalam mangkok alat pengaduk.
 - Masukkan benda uji ke dalam mangkok dan diamkan selama 30 detik
 - Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan (140 ± 5) rpm, selama 30 detik
 - Hentikan mesin pengaduk selama 15 detik, sementara itu bersihkan pasta yang menempel dipinggir mangkok.
 - Jalankan mesin pengaduk dengan kecepatan (285 ± 10) rpm selama 60 detik
 - Buatlah pasta berbentuk seperti bola dengan tangan, kemudian dilemparkan 6 kali dari satu tangan ke tangan yang lain dengan jarak kira-kira 15 cm.
 - Pegang bola pasta dengan satu tangan, kemudian tekankan ke dalam cincin ebonit yang dipegang dengan tangan lain melalui lubang besar : sehingga cincin ebonit penuh dengan pasta.
 - Kelebihan pasta pada lubang besar diratakan dengan sendok perata yang digerakkan dalam posisi miring terhadap permukaan cincin.
 - Letakkan pelat kaca pada lubang besar cincin ebonit ; balikkan, ratakan dan licinkan kelebihan pasta pada lubang kecil cincin ebonit dengan sendok perata.
 - Letakkan cincin ebonit dibawah jarum besar vicat, dan kontakkan jarum dengan bagian tengah permukaan pasta.
 - Jatuhkan jarum dan catat penurunan yang berlangsung selama 30 detik.
- 6) Kekuatan tekan semen portland adalah $258,04 \text{ kgf/cm}^2$
- 7) Air adalah $271,04 \text{ kgf}$
- 8) BJ semen = $2,89 \text{ grm/cm}^3 \rightarrow$ Semen tersebut tidak memenuhi syarat yang ditetapkan dalam SNI, kemudian dengan BJ tersebut sangat sulit mencapai BJ beton normal sebesar $(2,200 \text{ s.d } 2,500) \text{ t/m}^3$

- 9) $\text{Kehalusan} = \frac{8,3}{105} \times 100 = 7,9\% \rightarrow$ masih di bawah 10 % akan tetapi semen tersebut tidak memenuhi syarat kehalusan dengan ayakan standar karena ada 3 % yang tertahan pada ayakan 0,09 mm.
- 10) Tiga jenis semen (jenis I, IV, dan V)
- Jenis I yaitu, semen portland yang diproduksi secara umum dan tidak memerlukan persyaratan khusus seperti pada jenis yang lain sering disebut semen standar atau semen portland biasa. Biasanya semen jenis I digunakan untuk pekerjaan beton secara umum
 - Jenis IV yaitu, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah. Jenis ini dipergunakan pada landasan mesin seperti turbin.
 - Jenis V yaitu, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat. Sementara jenis mengeluarkan panas kira-kira 25-40% lebih rendah dari semen jenis I
- 11) Alat/peralatan untuk memeriksa kehalusan semen dengan ayakan standar sesuai dengan SNI adalah:
- Ayakan standar (\emptyset 1,2 mm; \emptyset 0,09 mm; pan dan cover)
 - Kuas
 - Stop watch
 - Spatula
 - Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
 - Cawan/wadah
- 12) Yang dimaksud dengan faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dengan berat semen dikalikan 100 dengan hasil dalam persen (%), contohnya sebagai berikut; diketahui berat fas adalah 0,54 (54 %) dengan berat semen adalah 657 gram maka berat air yang dibutuhkan adalah $0,54 \times 657 = 354,78$ gram. Artinya berat air yang dibutuhkan untuk campuran semen dengan berat 657 gram adalah 354,78 gram

- 13) Pengikatan awal semen portland sesuai dengan SNI adalah bila jarum vikat yang berdiameter 1 mm menembus pasta ≥ 25 mm berarti pengikatan awal telah tercapai, sedangkan pengikatan akhir semen portland bila jarum vikat yang berdiameter 1 mm tidak menembus pasta lagi berarti pengikatan akhir telah tercapai.
- 14) Gradasi pasir kuarsa untuk pemeriksaan kuat tekan semen berdasarkan SNI adalah sebagai berikut:
- tertahan ayakan $\phi 0,15$ mm adalah 98 ± 2 %
 - tertahan ayakan $\phi 0,30$ mm = 75 ± 5 %
 - tertahan ayakan $\phi 0,425$ mm = 20 ± 5 %
 - tertahan ayakan $\phi 0,60$ mm = 2 ± 2 %
 - tertahan ayakan $\phi 1,2$ mm = 0,0 %
- 15) Yang dimaksud dengan timbangan ketelitian 0,01 gram adalah hasil penimbangan contoh uji (semen portland) diperkenankan lebih 0,01 gram atau kurang 0,01 gram, contohnya; berat benda uji yang sebenarnya adalah 785,64 gram, berarti hasil penimbangan boleh menjadi 785,63 gram atau 785,65 gram.
- 16) Tujuan pemeriksaan pengikatan awal pada semen portland adalah untuk mengetahui mulai terjadinya pengikatan (proses kristalisasi) awal pada semen (sesuai dengan SNI pengikatan awal semen portland minimum 60 menit), bila semen portland sudah mengalami pengikatan sebelum menit ke 60 berarti terlalu cepat artinya semen portland tidak memenuhi persyaratan. Implikasi di lapangan; misalnya pengikatan awal mulai pada menit ke 65 berarti sejak menit tersebut tidak boleh terjadi getaran atau gangguan terhadap campuran tersebut guna mencegah kerusakan pada struktur bangunan.
- 17) Alat/peralatan untuk memeriksa berat jenis semen portland adalah:
- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
 - Cawan/wadah semen portland
 - Spatula
 - Kertas saring

- Kerosin
- Le catelier (gelas ukur le catelier)
- Alat penusuk (terbuat dari kawat $\pm \varnothing 1,5$ mm)

18) Waktu rata-rata (t) hasil pemeriksaan adalah $(87 + 79 + 76) = 80,667$ detik, maka kehalusan semen portland dengan pesawat Blaine adalah;

- $ss = 3380$ gr/cm² (SNI), $T_s = 92,25$ detik (SNI)

$$S = \frac{ss\sqrt{t}}{\sqrt{T_s}} = \frac{3380\sqrt{80,667}}{\sqrt{92,25}} = 3162,23 \text{ gr / cm}^2$$

-
- Jadi kehalusan semen portland memenuhi syarat karena nilai $S = 3162,23$ gr/cm² > 2800 gr/cm², sesuai dengan SNI

19) Konsistensi normal semen portland tercapai sesuai dengan SNI, bila jarum vicat yang berdiameter 10 mm menembus (penetrasi) 10 ± 1 mm. Artinya fas yang digunakan untuk membuat pasta mencapai penetrasi seperti di atas (10 ± 1 mm) itulah konsistensi normal semen portland tersebut.

20) Pemeriksaan konsistensi normal semen bertujuan untuk mencari berat air yang dibutuhkan oleh semen portland sehingga semen tersebut akan mengeras dengan sempurna, artinya semen tidak kekurangan air dan tidak kelebihan air.

Pilihan Ganda (Nilai: 12,5)

- 1) C
- 2) B
- 3) D
- 4) C
- 5) D

Benar Salah (Nilai: 21)

- 1) S
- 2) B
- 3) B
- 4) S
- 5) S
- 6) S
- 7) B

8) B

9) B

10) B

KEGIATAN BELAJAR 2. PEMERIKSAAN AGREGAT HALUS (PASIR)

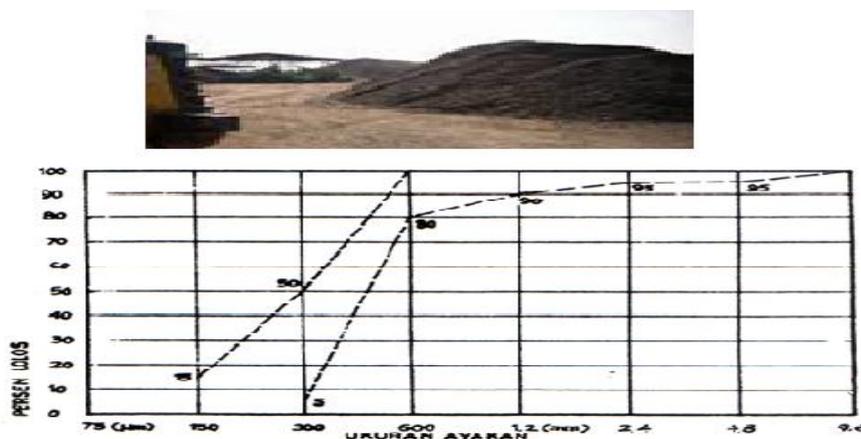
a. Tujuan Pembelajaran

Setelah peserta didik/siswa mempelajari dan mendemostrasikan unit ini, diharapkan dapat:

- 1) Memeriksa kadar air agregat halus sesuai dengan SNI
- 2) Memeriksa kadar lumpur agregat halus sesuai dengan SNI
- 3) Memeriksa kadar organik agregat halus sesuai dengan SNI
- 4) Memeriksa bobot isi agregat halus sesuai dengan SNI
- 5) Memeriksa berat jenis kondisi kering permukaan (SSD) dan penyerapan agregat halus sesuai dengan SNI
- 6) Memeriksa bulking faktor (pengembangan) agregat halus sesuai dengan SNI
- 7) Memeriksa gradasi agregat halus sesuai dengan SNI
- 8) Melaporkan hasil pemeriksaan agregat halus sesuai dengan SNI

b. Uraian Materi

Perhatikan gambar di bawah ini, yaitu; tumpukan pasir (agregat halus) dan gambar grafik gradasi agregat halus Zone II, Sesuai dengan SNI gradasi agregat halus untuk campuran beton terdiri dari 4 Zone. Amatilah gambar tumpukan agregat halus dan gambar grafik, kemudian jelaskan hubungannya. Apa yang dimaksud dengan persen lolos untuk setiap ukuran ayakan. Selanjutnya jelaskan perbedaan gradasi dari masing-masing Zone.



Gambar 11. Tumpukan Pasir dan Grafik Zone II

Bacalah informasi berikut dengan seksama untuk memperoleh pemahaman secara umum tentang agregat, dan dapat juga kalian membaca referensi lain yang berhubungan dengan pemeriksaan agregat. !.

Pengertian dan Penggolongan Agregat

Agregat adalah bahan pengisi utama (agregat halus dan kasar) dalam campuran beton maupun adukan. Agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu (PBI 1971). Batuan alam dapat berupa batuan magma/vulkanis, batu endapan dan batuan metamorf. Tentu saja dipilih batuan yang memenuhi syarat tertentu sesuai dengan sifat beton yang akan dibuat, misalnya harus keras, kompak (padat), kekal (tidak mudah berubah oleh perubahan cuaca) serta tidak mudah terpengaruh oleh perubahan keadaan sekelilingnya. Batuan dan mineral alam yang ada dapat langsung dipakai sebagai agregat beton dan ada juga yang harus diolah sesuai dengan kebutuhan. Batuan dan mineral dapat diambil dari berbagai sumber misalnya dari gunung, sungai, danau pantai atau dari hasil penambangan. Agregat untuk beton terdiri dari agregat kasar (lolos dari ayakan 76 mm dan tertinggal pada ayakan 4,8 mm) dan agregat halus (lolos dari ayakan 4,8 mm dan tertinggal pada ayakan 0,15 mm).

Secara umum, penggolongan agregat akan tergantung dari aspek yang ditinjau. Dilihat dari proses terjadinya, agregat dibedakan antara agregat alam dan agregat buatan. Ditinjau dari ukurannya ada agregat kasar, agregat halus dan agregat campuran (yang ini kombinasi antara agregat kasar dan agregat halus). Bila diperhatikan dari bentuknya kita mengenal adanya agregat yang bulat, pipih, panjang, serta bersudut. Agregat alam dapat berasal dari alam, yang langsung digunakan tanpa disertai oleh suatu proses lanjutan, contohnya pasir alam dan kerikil. Adapula yang sebelum digunakan telah mengalami proses tertentu seperti pemecahan dari batuan alam menjadi batuan yang lebih kecil oleh mesin pemecah (Stone crusher), contohnya pasir dan batu pecah.

Agregat buatan, seringkali merupakan hasil dari tanur tinggi biasanya berupa Agregat ringan, agregat jenis ini nantinya digunakan untuk

membentuk beton ringan. Mengingat bahwa agregat mengisi sebagian besar volume beton, maka pemilihan dan perbandingan agregat yang tepat dalam pembuatan beton perlu mendapatkan perhatian khusus guna mencapai mutu beton yang diinginkan. Susunan kimia, kandungan mineral dan sifat-sifat mekanis akan mempengaruhi perilaku dari beton yang sudah mengeras, sedangkan bentuk dan gradasinya akan menentukan sifat-sifat dari campuran beton segar serta biaya pembuatannya.

Pemakaian agregat untuk beton harus memenuhi syarat umum yaitu :

- Memberikan campuran yang ekonomis
- Memberikan kekuatan,
- Memberikan keawetan pada beton, dan
- Memberikan kemudahan dalam pengerjaan

Syarat Mutu Agregat

Persyaratan Mutu Agregat Halus untuk Beton berdasarkan SNI

- Pasir beton adalah butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dan ukuran butirannya sebagian besar terletak antara 0,075 – 4,8 mm dan kelas bagian yang ukurannya lebih kecil dari 0,075 mm tidak lebih dari 5% (kadar lumpur).
- Pasir beton harus bersih. Bila diperiksa memakai larutan pencuci khusus, tinggi endapan pasir yang kelihatan dibandingkan dengan tinggi seluruh endapan tidak kurang dari 70%.
- Angka kehalusan (Fineness Bukuus/FM) terletak 2,2 – 3,2 bila diperiksa memakai rangkaian ayakan dengan ayakan keseluruhan berturut-turut (0,15 – 0,30 – 0,60 – 1,20 – 2,40 – 4,80) mm dengan fraksi lewat ayakan 0,3 mm, minimal 15% berat.
- Pasir tidak boleh mengandung zat-zat organik yang dapat mengurangi mutu beton. Zat organik mempengaruhi daya ikat semen. memeriksa contoh pasir dalam larutan Natrium Hidroksida (NaOH) 3%, warna larutan di atas endapan tidak boleh lebih tua dari warna standar. Agregat halus yang tidak memenuhi syarat dapat dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95 % dari kekuatan adukan agregat yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH.

- Kekerasan butiran pasir beton, ditentukan dengan cara percobaan giling, tingkatan kekerasannya dinyatakan dengan indeks, yaitu perbandingan bagian yang menembus ayakan 0,3 mm, antara pasir contoh dan pasir kwarsa (pasir Bangka), diisyaratkan tidak boleh dari 2,20.
- Sifat kekal; pasir diperiksa dengan larutan jenuh garam Sulfat sebagai berikut:
 - Jika dipakai Natrium Sulfat (Na_2SO_4), fraksi yang hancur tidak lebih dari 12% berat.
 - Jika dipakai larutan Magnesium Sulfat (MgSO_4), fraksi yang hancur tidak lebih dari 10% berat.
- Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.

Tabel 7. Susunan Besar Butir Agregat Ringan Untuk Beton Ringan Struktural

UKURAN	PRESENTASE YANG LOLOS ANGKA (% BERAT)								
	(25,0)	(19,0)	(12,5)	(9,5)	(4,75)	(2,3 6)	(1,18)	(0,6)	(0,30)
Agregat halus (4,75-8) mm	-	-	-	100	85-100	-	40-80	10-35	5-15
Agregat kasar (25,8-4,27) mm	95-100	-	25-60	-	0-10	-	-	-	-
(19,0-4,27) mm	100	90-100	-	10-50	0-15	-	-	-	-
(12,5-4,75) mm	-	100	90-100	40-80	0-20	0-10	-	-	-
(9,5-2,36) mm	-	-	100	80-	0-40	0-20	0-10	-	-
Kombinasi Agregat halus				100					
dan kasar (12,5-8) mm	-	100	95-100		50-80	-	-	5-20	2-15
(9,5-8) mm	-	-	100	-	65-90	-	-	10-25	5-15
				90- 100					

Tabel 8. Persyaratan Sifat Fisik Agregat Ringan Untuk Beton Ringan Struktural

NO.	SIFAT FISIK	PERSYARATAN
1.	Berat Jenis (t/m^3)	1,0 – 1,8
2.	Penyerapan air maksimum (%)	20
3.	Berat isi maksimum gembur kering (kg/cm^3) Agregat halus	1100

	Agregat kasar	900
	Campuran agregat kasar dan halus	1000
4.	Nilai persentase volume padat (%)	60
5.	Nilai 10% keremukan (ton)	7,5 – 14
6.	Kadar bagian yang terapung setelah telah terendam dalam air 10 menit maksimum (%)	5
7.	Kadar bahan yang mentah (caly lump) (%)	2
8.	Nilai keawetan, jika direndam dalam larutan magnesium sulfat selama 16-18 jam, bagian yg larut maksimum (%)	12

- 1) Tugas 1. Pengambilan Sampel (Contoh Uji) Agregat Halus (Pasir)**
Maksud pengambilan sampel agregat halus bertujuan untuk mengambil sebagian contoh uji yang mewakili keseluruhan agregat halus yang akan digunakan (merupakan representasi dari populasi), sehingga mencerminkan kondisi dan karakteristik yang sebenarnya.

Masalah 1.

Teknik pengambilan sampel merupakan tahapan yang sangat penting dalam pemeriksaan kualitas agregat, karena sampel harus merupakan representasi dari populasi, kesalahan mengambil sampel akan berdampak terhadap kualitas hasil pemeriksaan. Oleh karena itu. Kalian harus dapat mendemostrasikan bagaimana teknik pengambilan sampel agregat dan berapa jumlah sampel untuk masing-masing pemeriksaansesuai dengan SNI.

Bacalah informasi berikut dengan seksama untuk menyelesaikan masalah 1 di atas, dan dapat juga membaca referensi lain yang berhubungan dengan unit ini !.

a) Alat/Peralatan dan benda uji

- (1) Kotak splitter
- (2) Sekop
- (3) Sendok specil
- (4) Baki seng ukuran (50 x 50 x 5) cm
- (5) Agregat halus (pasir)

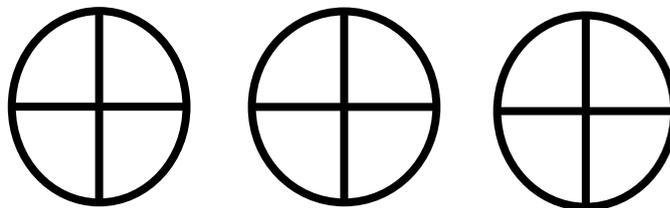
b) Prosedur Pengambilan Sampel (Contoh Uji) Agregat Halus Pengambilan/Pembagian Sampel dengan Splitter

- (1) Aduk/campur agregat halus (pasir) agar homogen, pengadukan merata sehingga sampel yang kita ambil dapat mewakili seluruh agregat halus.
- (2) Ambilah sejumlah sampel untuk disaring kembali dengan splitter
- (3) Di dalam alat splitter sampel akan terbagi menjadi dua bagian. Setengah bagian pertama dibuang, setengah yang lain dimasukkan kembali ke splitter.
- (4) Di dalam alat splitter, sampel akan terbagi menjadi dua bagian. Setengah bagian pertama dibuang, setengah yang lain dimasukkan kembali ke dalam splitter.
- (5) Dari setengah bagian ini, splitter akan membagi lagi menjadi dua bagian. Bagian pertama dibuang, sedangkan sisanya kita gunakan sebagai sampel. Jadi yang kita ambil adalah seperempat bagian dari asal.
- (6) Ulangi langkah c sd e hingga sampel yang di dapat memenuhi jumlah yang diperlukan.
- (7) Pisahkan sampel yang akan dipakai dan simpan untuk dilakukan pemeriksaan selanjutnya.

c) Prosedur pengambilan/Pembagian Sampel Dengan Cara Quartering

- (1) Siapkan lokasi/tempat untuk pengambilan/pembagian sampel sesuai dengan prinsip-prinsip K3
- (2) Siapkan alat/peralatan/mesin untuk pengambilan/pembagian sampel
- (3) Dari contoh yang tersedia, aduklah pasir hingga merata
- (4) Ambil sejumlah sampel dari bagian bawah, sisi kiri, sisi kanan, tengah, kemudian bagian atas.
- (5) Tempatkan sampel yang sudah diambil pada lantai yang bersih atau lantai yang memakai alas plastik ukuran $\pm 1 \times 1$ meter.
- (6) Aduklah tumpukkan pasir hingga membentuk kawah seperti bentuk gunung

- (7) Bagilah menjadi empat bagian yang jumlahnya kira-kira sama banyak
- (8) Beri tanda nomor 1 sampai dengan 4 dari mulai bagian kiri atas, kanan atas, kanan bawah dan bagian kiri bawah dengan berurutan sehingga nomor 1 bersilangan dengan nomor 3 dan nomor 2 bersilangan dengan nomor 4.
- (9) Pilih salah satu persilangan tersebut, misalnya nomor 1 dan nomor 3
- (10) Pisahkan bagian persilangan nomor 1 dan nomor 3 dan persilangan nomor 2 dan nomor 4.
- (11) Aduklah persilangan nomor 1 dan nomor 3 hingga merata dan hasilnya ditempatkan secara terpisah untuk dilakukan pemeriksaan selanjutnya.
- (12) Siapkanlah sampel yang diperlukan hingga mencukupi dan timbang beratnya



Gambar 121. Kotak Splitter, Tumpukan Pasir, dan Quarter

Catatan:

Dalam laporan akhir harus dilampirkan ; (1) Nomor contoh; (2) Tanggal pengiriman; (3) Jumlah (m³); (4) Asal material; dan (5) Metode pengambilan sampel.

Jawaban Masalah 1.

Teknik pengambilan sampel untuk pemeriksaan kualitas agregat mengacu kepada ketentuan SNI dan jumlah contoh uji untuk masing-masing pemeriksaan adalah seperti tabel di bawah.

Tabel 9. Jumlah Sampel Berbagai Pemeriksaan Agregat

No	Jenis pemeriksaan	Jumlah Sampel (gr)
1	Kadar Air	100
2	Kadar Organik	100
3	Kadar lumpur	100
4	Gradasi	1000
5	Bobot isi	2000
6	Berat jenis SSD dan Penyerapan	100
7	Bulking Faktor	500

2) Tugas 2. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

Maksud pemeriksaan kadar air agregat halus dimaksud untuk menentukan perbandingan berat air terhadap berat kering butir pasir dikalikan dengan 100 yang dinyatakan dalam prosentase (%). Kondisi bahan di lapangan sangat beraneka ragam kadar airnya, oleh sebab itu perlu diketahui kadar air yang dikandung oleh agregat, sehingga dalam menentukan campuran bahan untuk pembuatan beton dapat memperhitungkan kadar air yang telah terkandung dalam agregat halus. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Litbang di lingkungan kementerian pekerjaan umum menunjukkan bahwa faktor air semen (fas) sangat mempengaruhi kekuatan tekan beton yang dihasilkan. Hal ini, sesuai dengan sifat semen portland merupakan pengikat hidrolis, artinya semen portland akan mengeras sempurna bila dicampur dengan air yang cukup. Jadi jumlah air yang dibutuhkan harus tepat tidak boleh kurang dan tidak boleh lebih.

Masalah 2.

Kuat tekan beton sangat dipengaruhi berbagai faktor salah satu faktor yang sangat dominan adalah jumlah air (fas) yang dibutuhkan untuk mencampur beton tersebut. Itulah sebabnya kadar air yang dikandung agregat mutlak harus diketahui sebelum dipergunakan agar fas yang telah diperhitungkan dapat disesuaikan dengan kondisi bahan (agregat). Hal inilah yang mengharuskan kita untuk memeriksa kadar

air yang dikandung agregat sebelum dipergunakan, pertanyaan selanjutnya, bagaimana memeriksanya sesuai dengan SNI.

Bacalah informasi berikut dengan seksama untuk menyelesaikan masalah 5 di atas, dan dapat juga membaca referensi lain yang berhubungan dengan unit ini !.

a) Alat/Peralatan dan Benda uji

- (1) Cawan keramik \varnothing 12 cm
- (2) Oven pemanas
- (3) Timbangan dengan ketelitian 0,1 gram
- (4) Sendok spesi
- (5) Desicator
- (6) Sarung tangan asbes
- (7) Sampel pasir untuk pengujian kadar air adalah dalam kondisi alami (merupakan tumpukan pasir) artinya sesuai dengan kondisi apa adanya di lapangan.



Gambar 13. Tumpukan Agregat Halus (Pasir)

b) Prosedur Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

- (1) Siapkan lokasi/tempat pemeriksaan agar terhindar dari hal-hal yang tidak diinginkan dengan mengacu pada K3
- (2) Siapkan alat/peralatan yang dibutuhkan sesuai dengan SOP
- (3) Ambil sampel pada keadaan aslinya (alami) sebanyak lebih kurang 100 gram
- (4) Berat sampel ditimbang = A gram
- (5) Sampel dikeringkan dalam oven dengan temperatur $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$ sampai berat tetap (kering oven).
- (6) Sampel kondisi berat tetap ditimbang = B gram

(7) Pemeriksaan dilakukan sebanyak tiga kali dan diambil nilai rata-rata dari ketiga sampel.

(8) Hitung kadar air

Kadar air agregat halus dapat dihitung dengan rumus :

$$KA = \frac{A - B}{B} \times 100 \rightarrow \text{dalam } \%$$

Dimana:

A = berat agregat halus sebelum dikeringkan (gram)

B = berat agregat halus setelah dikeringkan (berat tetap) (gram)

(9) Pelaporan

Bila benda uji lebih dari 5 laporan hasil rata-rata pemeriksaan dengan ketelitian perhitungan 0,1 desimal.

Contoh Perhitungan

Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar air agregat halus diperoleh data sebagai berikut;

Berat agregat halus sebelum dikeringkan 532,7 gram, berat agregat halus setelah dikeringkan sampai mencapai berat tetap 498,9 gram. Hitunglah kadar air agregat tersebut.

Penyelesaian:

$$KA = \frac{A - B}{B} \times 100 = \frac{532,7 - 498,9}{498,9} \times 100 = 6,77 \%$$

Jadi kadar air yang dikandung agregat halus adalah 6,77 %.

Jawaban Masalah 2 → Mengacu Kepada SNI



Gambar 2. Bahan dan Alat Pemeriksaan Kadar Air Agregat Halus

- 3) **Tugas 3. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus (Pasir)**
Maksud Pemeriksaan kadar lumpur bertujuan untuk mengetahui banyaknya lumpur yang dikandung oleh agregat halus (pasir). Kadar lumpur merupakan fraksi-fraksi halus dalam agregat, harus dibatasi sesuai prosentase yang dipersyaratkan.

Selain itu dapat membentuk lapisan-lapisan tipis pada permukaan agregat, sehingga akan mempengaruhi ikatan antara pasta dan agregat. Ikatan yang baik sangat diperlukan untuk menjamin kekuatan tekan serta keawetan beton. Kadar lumpur yang terdapat pada pasir dapat ditentukan dengan mencari kehilangan berat pada pasir kering oven setelah mengalami pencucian. Apabila kadar lumpur sampel lebih besar dari 5%, maka pasir tersebut harus dicuci dahulu sebelum dipakai sebagai campuran beton.

Masalah 3

Agregat yang mengandung kadar lumpur melebihi ketentuan yang ditetapkan dalam SNI harus dicuci terlebih dahulu sebelum dipergunakan untuk campuran beton, agar kekuatan yang direncanakan dapat tercapai. Pertanyaan yang timbul, berapakah ukuran butiran yang dimaksud dengan lumpur dalam agregat, dan bagaimana cara pemeriksaannya berdasarkan SNI?.

Bacalah informasi berikut dengan seksama untuk menyelesaikan masalah 3 di atas, dan dapat juga membaca referensi lain yang berhubungan dengan unit ini !.

a) Alat/Peralatan dan Benda Uji

- (1) Baku plastik ukuran 15 x 30 cm
- (2) Beberapa buah wadah/cawan
- (3) Beaker kapasitas 500 ml
- (4) Kaca pengaduk
- (5) Cawan porselen
- (6) Oven
- (7) Timbangan elektronik ketelitian 0,1 gram

- (8) Desicator
- (9) Sendok spesil
- (10) Ayakan diameter 0,075 mm
- (11) Sampel pasir dalam kondisi kering oven

b) Prosedur Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

- (1) Siapkan lokasi/tempat untuk pemeriksaan konsistensi normal semen portland sesuai dengan prinsip-prinsip K3
- (2) Siapkan alat/peralatan/mesin untuk pemeriksaan konsistensi normal semen portland
- (3) Ambil sampel dalam keadaan kering oven sebanyak lebih kurang 100 gram, bila tidak tersedia, keringkan sampel sampai berat tetap dengan mempergunakan oven pada temperatur 110 ± 5 °C.
- (4) Berat sampel ditimbang ; A gram
- (5) Masukkan sampel ke dalam gelas ukur, lalu tambahkan air sampai tinggi air kira-kira 12 cm di atas permukaan agregat halus.
- (6) Biarkan selama ± 1 jam
- (7) Sampel di aduk selama kira-kira 15 detik dan biarkan selama ± 1 menit
- (8) Air dibuang setengahnya dengan perlahan-lahan, agar material/sampel jangan sampai ada yang terbang. Pada saat membuang air dilakukan di atas ayakan 0,075 mm agar material yang terbang dapat ditampung pada ayakan tersebut, kemudian dimasukkan kembali pada sampel uji.
- (9) Ulangi pekerjaan ini terus menerus sampai dengan airnya jernih
- (10) Setelah itu keringkan pasir dalam oven sampai dengan berat tetap misal hasilnya B gram.
- (11) Ulangi percobaan sebanyak 3 sampel dan hasilnya dirata-ratakan
- (12) Apabila hasilnya $>$ dari 5% berarti pasir tidak memenuhi syarat untuk digunakan dalam beton.



Gambar 35. Bahan dan Peralatan Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Halus

(13) Perhitungan

Kadar lumpur agregat halus dihitung dengan menggunakan rumus :

$$KL = \frac{A - B}{A} \times 100 \rightarrow \% \text{ sesuai dengan SNI}$$

(Maksimum 5 %)

Dimana :

KL = Kadar Lumpur \rightarrow %

A = berat pasir kering (berat tetap sebelum dicuci)

B = berat pasir kering setelah dicuci \rightarrow gram

(14) Pelaporan

(a) Laporkan hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dengan menggunakan formulir .

(b) Buatlah kesimpulan dari pemeriksaan ; dibandingkan dengan standar ; apakah memenuhi syarat atau tidak.

Contoh Perhitungan:

Berdasarkan hasil pengujian diperoleh data sebagai berikut : berat tetap agregat halus sebelum dicuci adalah 451,8 gram, dan berat tetap agregat halus setelah dicuci adalah 427,9 gram. Hitunglah kadar lumpur agregat halus.

Penyelesaian:

$$Kl = \frac{A}{B} \times 100 = \frac{451,8 - 427,9}{427,9} \times 100 = 5,58\% > 5\%$$

Berdasarkan hasil pemeriksaan mengindikasikan agregat halus tidak baik digunakan untuk pembuatan beton karena kadar lumpurnya melebihi persyaratan yang ditetapkan SNI. Apabila agregat tersebut harus dipergunakan untuk pembuatan beton harus terlebih dahulu dicuci atau meminta persetujuan dari ahli teknik di lapangan.

Jawaban Masalah 3

Yang dimaksud dengan lumpur dalam agregat adalah butiran yang lolos dari ayakan 0,075 mm, dan cara pemeriksaannya mengacu kepada SNI.

4) Tugas 4. Pemeriksaan Kadar Organik Agregat Halus

Maksud pemeriksaan kadar organik agregat halus bertujuan untuk menentukan apakah terdapat senyawa-senyawa organik yang mungkin dapat merugikan beton. Senyawa organik pada agregat dapat memperlambat pengikatan beton, karena mengandung asam yang dapat mengganggu proses hidrasi semen serta menurunkan kekuatannya. Banyaknya senyawa organik yang terdapat dalam agregat halus dapat dikontrol dengan menambahkan larutan 3% NaOH pada sampel. Warna larutan NaOH akan berubah bergantung pada banyaknya senyawa-senyawa organik pada agregat halus tersebut. Nantinya warna dari larutan NaOH ini akan kita bandingkan dengan warna dari suatu larutan standar (sebagai larutan standar digunakan 9 gr. $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ + 1gr. CaCl_2 + 100 ml air + 1/3 ml HCl).

Jika perubahan warna hanya sedikit atau lebih muda daripada warna standard maka agregat halus ini dapat langsung digunakan, berarti senyawa organik yang dikandungnya lebih kecil dari maximum yang diijinkan. Tetapi bila warna yang di dapat lebih tua atau sama dengan warna larutan standard perlu diadakan pemeriksaan mortar terlebih dahulu terhadap pasir tersebut. Kalau memenuhi percobaan ini, berarti

pasir tersebut dapat digunakan, bila tidak harus diganti dengan pasir yang lain.

Masalah 4

Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar organik warna cairan adalah kuning muda berarti kadar organik dalam agregat masih pada batas yang diijinkan, tetapi bila warnanya adalah kuning tua artinya kadar organik yang terkandung dalam agregat halus melebihi batas yang ditetapkan SNI (agregat tidak memenuhi persyaratan). Bila hasilnya adalah kuning tua, tindakan apa yang harus kalian lakukan sebelum agregat tersebut dipergunakan untuk pembuatan beton? Kemudian kalian ditugaskan untuk melakukan pemeriksaan kadar organik sesuai dengan SNI

Bacalah informasi berikut dengan seksama untuk menyelesaikan masalah 5 di atas, dan dapat juga membaca referensi lain yang berhubungan dengan unit ini !.

a) Alat/Peralatan dan Benda Uji

- (1) Cawan proselen
- (2) Splitter
- (3) Gelas Erlenmeyer 500 ml dengan tutup gabus
- (4) Gelas ukur 1000 ml
- (5) Pipet
- (6) Warna standard
- (7) Agregat halus/pasir dalam kondisi alami
- (8) NaOH atau Larutan 3 % NaOH

b) Proses Pemeriksaan

- (1) Siapkan lokasi/tempat untuk pemeriksaan kadar organik agregat halus sesuai dengan prinsip-prinsip K3
- (2) Siapkan alat/peralatan/mesin untuk pemeriksaan kadar organik agregat halus
- (3) Ambil sampel dengan alat splitter
- (4) Bagilah sampel sampai di dapat kira-kira 130 ml
- (5) Isikan sampel ke dalam gelas Erlenmeyer

- (6) Buat larutan NaOH 3% dengan perbandingan 970 ml air : 30 gram NaOH
- (7) Tambahkan larutan 3% NaOH sampai pada skala 200 ml
- (8) Gelas di tutup dengan gabus kemudian dikocok selama 10 menit sedemikian rupa sehingga sampel dan larutan NaOH tercampur merata.
- (9) Biarkan selama 24 jam
- (10) Bandingkan warna larutan NaOH yang telah dicampur dengan sampel tadi terhadap warna larutan standard.
- (11) Bila warna larutan hasil percobaan adalah kuning muda berarti kadar organik dalam agregat masih pada batas yang diijinkan, tetapi bila warnanya adalah kuning tua artinya kadar organik yang terkandung dalam agregat halus melebihi batas yang ditetapkan SNI (agregat tidak memenuhi persyaratan)
- (12) Pelaporan
Laporkan dan simpulkan hasil pemeriksaan : memenuhi syarat/tidak

c)

d) Pengamatan

Pengamatan dilakukan setelah 24 jam dengan membandingkan warna larutan yang telah dicampur dengan contoh uji (agregat halus) terhadap warna standar.

Tabel 10 Pemeriksaan Kadar Organik Agregat Halus

Warna Larutan	Dibandingkan dengan Warna Larutan Standar	Keterangan
1		
2		



Gambar 16. Bahan dan alat Pemeriksaan Kadar Organik Agregat Halus

Jawaban Masalah 4

Melakukan Percobaan Mortar

Bila sampel tidak memenuhi syarat (warna kuning tua), maka kita harus mengadakan percobaan mortar dengan langkah-langkah :

- (1) Siapkan 2 macam-macam (semen : pasir : air = 1 : 3 : 0,6) yang satu menggunakan pasir yang tidak di cuci dan yang lain menggunakan pasir yang telah dicuci terlebih dahulu dengan larutan 3% Na OH.*
- (2) Bandingkan kekuatan tekan (Compressive Strenght) kedua mortar tadi pada umur 7 dan 28 hari. Bila kekuatan-kekuatan mortar dari pasir yang tidak dicuci mencapai 90 %, maka pasir tersebut dapat digunakan langsung. Bila lebih kecil dari 90% maka pasir tersebut harus dicuci terlebih dahulu dengan larutan 3% Na OH sebelum digunakan, atau gantilah dengan pasir yang lain.*

Prosedur pemeriksaan mengacu kepada SNI

5) Tugas 5. Pemeriksaan berat Jenis Saturated Surface Dry Contion (SSD) dan Penyerapan Agregat Halus

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara berat pasir “jenuh kering permukaan” (saturated surfaced dry condition) berat air suling yang isinya sama dengan isi pasir dalam keadaan jenuh pada temperatur tertentu. Juga untuk mengetahui persentasi berat air yang dapat diserap pori-pori agregat halus hingga dicapai keadaan jenuh kering permukaan. Agregat halus berpori-pori dan menyerap air, specific gravity dapat dihitung dengan mempergunakan berat (termasuk atau tidak termasuk berat air yang diserap) dan volume (baik bulk volume maupun volume bersih).

Sampel pasir basah mengering dengan perlahan-lahan, lapisan air yang menyelubungi butir-butir pasir menyatukan butir-butir tersebut karena adanya tegangan permukaan dari lapisan itu. Segera sesudah air pada permukaan menguap kohesi antara butir-butir itu hilang. Pada saat itu air yang diserap, tidak akan menguap sebelum air permukaan hilang, masih tetap berada dalam agregat dan dapat di ukur. Water absorption yang di dapat dibandingkan dengan kadar air yang dikandung oleh agregat tadi, bila lebih kecil berarti sampel sudah kelebihan air dan sebaliknya.

Masalah 5

Dalam kehidupan sehari-hari sering kita temukan hamparan/tumpukan agregat (agregat halus dan kasar) pada daerah yang sedang melakukan pembangunan. Agregat tersebut selalu mengandung kadar air yang beraneka ragam, artinya ada yang tinggi dan ada yang rendah kadar airnya, tergantung cuaca (musim hujan atau musim kering), juga tergantung porositas agregat tersebut. Bila porositasnya tinggi kadar airnya tentu tinggi juga, demikian sebaliknya. Kondisi ini, berhubungan dengan istilah SSD (Saturated Surface Dry Condition) dalam agregat, karena SSD agregat mempengaruhi nilai Berat Jenis dan penyerapannya. Masalahnya bagaimana memeriksa BJ SSD dan penyerapan agregat dimaksud?.

Bacalah informasi berikut dengan seksama untuk menyelesaikan masalah 5 di atas, dan dapat juga membaca referensi lain yang berhubungan dengan unit ini !.

a) Alat/Peralatan, benda Uji dan Bahan

- (1) Ember plastik
- (2) Timbangan elektronik 0,1 gram
- (3) Kerucut SSD dan penumbuknya
- (4) Oven
- (5) Gelas ukur Beaker kapasitas 500 ml
- (6) Desicator
- (7) Sendok spesi
- (8) Cawan keramik
- (9) Baki plastik 15 x 30 cm
- (10) Lap pel
- (11) Agregat halus/pasir dalam kondisi alami
- (12) Air bersih

b) Prosedur Pemeriksaan BJ SSD dan Penyerapan

- (1) Siapkan lokasi/tempat untuk pemeriksaan konsistensi normal semen portland sesuai dengan prinsip-prinsip K3
- (2) Siapkan alat/peralatan/mesin untuk pemeriksaan konsistensi normal semen portland
- (3) Ambil sampel dalam ember sebanyak kira-kira 2 kg, lalu direndam dalam air selama 24 jam.
- (4) Air dibuang dan sampel ditaburkan pada suatu tempat/permukaan yang dapat menyerap air (absorbing surface-misalnya karung) dibawah sinar matahari.
- (5) Diperiksa apakah sampel sudah cukup kering (keadaan SSD) dengan menggunakan kerucut dan pematik.
- (6) Sampel dimasukkan ke dalam kerucut secara bertahap masing-masing sepertiga tinggi, sampai diperoleh 3 lapis. Tiap lapis ditumbuk 8 kali.

- (7) Permukaan atas kerucut diratakan dan daerah bagian bawah kerucut dibersihkan.
- (8) Kerucut diangkat perlahan-lahan. Bila sampel tetap berbentuk kerucut, berarti sampel terlalu basah. Bila sampel runtuh seluruhnya, berarti sampel terlalu kering. Bila bagian luar dari kerucut runtuh sedangkan bagian dalamnya tetap tegak, berarti sampel sudah berada dalam keadaan Saturated Surface Dry (SSD).
- (9) Pada waktu sampel dalam keadaan SSD diambil dua bagian sampel berat masing-masing kira-kira 100 gram.
- Berat sampel ditimbang ; A gram
 - Sebagian sampel dikeringkan dalam oven dengan suhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam, lalu ditimbang beratnya : B gram.
- (10) Water absorption (penyerapan air) dapat dihitung dengan rumus :

$$P = (A-B) / B \times 100 \rightarrow \%$$

Dimana :

P = penyerapan (%)

A = berat agregat halus kering permukaan (gram)

B = berat tetap agregat halus (setelah dikeringkan sampai berat tetap) gram

- (11) Sampel lain ditimbang (C gram) dan dimasukkan ke dalam gelas ukur kemudian diisi dengan air hingga mencapai volume 500 ml. Bagian luar gelas dikeringkan.
- (12) Kemudian ditimbang berat gelas ukur + air + sampel = D gram
- (13) Gelas dibersihkan (seluruh isi gelas ukur dikeluarkan) kemudian isi dengan air sampai volume 500 ml dan timbang berat air + gelas ukur = E gram
- (14) Perhitungan

Penyerapan agregat halus dapat dihitung dengan rumus

sbb;

$$P = \frac{A-B}{B} \times 100$$

Dimana :

P = penyerapan (%)

A = berat agregat halus kondisi kering permukaan (gram)

B = berat tetap agregat halus setelah dikeringkan sampai berat tetap (gram)

(15) Pelaporan

Contoh Perhitungan:

- (1) Berdasarkan hasil pemeriksaan penyerapan agregat halus diperoleh data sebagai berikut: berat agregat halus kondisi SSD adalah 132 gram setelah dikeringkan sampai mencapai berat tetap (kering oven) beratnya adalah 127,6 gram. Hitunglah penyerapan agregat tersebut.

Penyelesaian:

$$P = \frac{A-B}{B} \times 100 = \frac{132 - 127,6}{127,6} \times 100 = 3,45 \%$$

Jadi penyerapan agregat halus adalah 3,45 %

Berat Jenis SSD agregat halus dihitung dengan rumus sbb:

$$BJ = \frac{C}{(C+E-D)} \text{ gr/cm}^3$$

Dimana :

BJ = berat jenis (gr/cm³)

C = berat agregat halus kondisi SSD (gram)

D = berat air + gelas ukur + berat agregat halus pada volume 1000/500 ml
(gram)

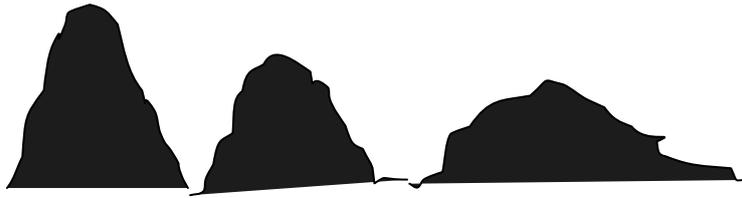
E = berat gelas ukur berisi air 1000 ml/500 ml

- (2) Berdasarkan hasil pemeriksaan berat jenis SSD agregat halus diperoleh data sebagai berikut: diketahui berat agregat halus kondisi SSD adalah 435,6 gram (C), berat gelas ukur berisi air 1000 ml adalah 1475,7 gram (E), berat gelas ukur yang berisi agregat halus kondisi SSD dan air diisi mencapai volume 1000 ml beratnya adalah 1723,5 gram (D). Hitunglah berat jenis SSD agregat halus.

Penyelesaian:

$$BJ = \frac{C}{(C+E-D)} = \frac{435,6}{(435,6+1475,7-1723,5)} = 2,32 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi berat jenis SSD agregat halus adalah 2,32 gr/cm³



Gambar 47. Pemeriksaan SSD untuk agregat halus



Gambar 58. Bahan dan Peralatan Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan SSD

Jawaban Masalah 5

Melakukan pemeriksaan berat jenis SSD dan penyerapan agregat sesuai dengan SNI

6) Tugas 6. Pemeriksaan Bobot/berat Isi Gembur dan Padat Agregat Halus

Maksud pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan berat agregat halus dengan volumenya, baik pada keadaan gembur maupun padat.

Dalam mempekirakan banyak bahan-bahan dan dalam memperhitungkan perbandingan campuran berdasarkan volume diperlukan agregat yang di ukur dalam keadaan :

- Gembur atau padat
- Kering, lembab atau basah

Untuk informasi umum dan perbandingan antara agregat yang berbeda, kondisi standardnya adalah kering dan padat, sedangkan untuk menentukan jumlah bahan berdasarkan volume harus diketahui berat isi dalam keadaan gembur dan lembab.

Berat isi padat segala kondisi dapat ditentukan dengan menimbang berat agregat yang diperlukan untuk mengisi suatu wadah/cawan yang sudah diketahui volumenya.

Bacalah informasi berikut dengan seksama untuk memahami dan mampu melakukan tugas 6 sesuai dengan SNI, dan dapat juga membaca referensi lain yang berhubungan dengan topik ini !.

a) Alat/Peralatan, Benda Uji, dan Bahan

- (1) Sendok spesi/skop kecil
- (2) Silinder/literan dengan kapasitas 5000ml
- (3) Pisau/spatula atau batang untuk meratakan permukaan sampel
- (4) Alat/meja pemadat (compacting table)
- (5) Oven
- (6) Timbangan dengan ketelitian 1 gram
- (7) Agregat halus (pasir) dalam kondisi alami
- (8) Air bersih

b) Prosedur Pemeriksaan Berat/Bobot isi Agregat Halus

Berat/Bobot isi gembur

- (1) Siapkan lokasi/tempat untuk pemeriksaan bobot isi agregat halus sesuai dengan prinsip-prinsip K3
- (2) Siapkan alat/peralatan/mesin untuk pemeriksaan bobot isi agregat halus sesuai dengan SOP
- (3) Ambil sampel dalam kondisi alami kira-kira 5000ml
- (4) Sampel dimasukkan dalam silinder/literan dengan volume 5000 cm³, pengisian sampai penuh, kemudian diratakan dengan pisau/batang perata. Pada saat pengisian tidak boleh dipadatkan/digetarkan, tapi diisi secara gembur.
- (5) Literan/silinder yang telah diisi dengan agregat halus ditimbang dengan ketelitian 1 gram (A gram)

- (6) Silinder dikosongkan, kemudian diisi air sampai penuh dan ditimbang beratnya (B gram)
- (7) Silinder/literan kosong ditimbang beratnya = C gram
- (8) Percobaan ini dilakukan sebanyak tiga kali kemudian hasilnya dirata-ratakan, yang merupakan hasil akhir.

Berat/Bobot Isi Padat

- (1) Siapkan lokasi/tempat untuk pemeriksaan bobot isi agregat halus sesuai dengan prinsip-prinsip K3
- (2) Siapkan alat/peralatan/mesin untuk pemeriksaan bobot isi agregat halus sesuai dengan SOP
- (3) Ambil literan/silinder dengan kapasitas 5000 cm³, isi dengan agregat halus
- (4) Kemudian padatkan agregat halus yang sudah dimasukkan ke dalam literan/silinder di atas meja pematik selama 1 menit. Selama pemadatan isikan agregat halus ke dalam literan/silinder agar selalu terisi penuh
- (5) Ratakan permukaan agregat halus yang sudah dipadatkan dengan menggunakan spatula/pisau dan timbang dengan ketelitian 1 gram (A gram)
- (6) Kosongkan literan/silinder kemudian isi dengan air sampai penuh dan timbang (B gram)
- (7) Literan/silinder kosong ditimbang dengan ketelitian 1 gram (C gram)
- (8) Percobaan ini lakukan minimal tiga kali, dari hasil pemeriksaan sebanyak tiga kali dirata-ratakan hasilnya sebagai hasil akhir.
- (9) Perhitungan

Bobot isi gembur agregat halus dihitung dengan rumus :

$$BI = \frac{(A - C)}{(B - C)} \rightarrow \text{gram/cm}^3$$

Bobot isi padat dihitung dengan rumus :

$$BI = \frac{(A - C)}{(B - C)} \rightarrow \text{gram/cm}^3$$

Dimana :

A – berat literan/silinder kapasitas 5000 cm³

B - berat literan/silider + berat agregat halus

(A – C) adalah berat agregat halus gembur/padat (gram)

(B – C) adalah volume liter (ml/cc)

(10) Pelaporan

Laporkan dan simpulkan hasil pemeriksaan berat isi dalam keadaan padat dan gembur

Contoh Perhitungan:

(1) Bobot isi gembur

Berdasarkan hasil percobaan bobot isi gembur agregat halus diperoleh data sebagai berikut; berat literan/silinder kosong adalah 758 gram, berat literan/silinder + agregat halus kondisi gembur adalah 7162 gram, dan berat literan/silinder + air adalah 5558 gram. Hitung bobot isi gembur agregat halus.

Penyelesaian:

$$BB = \frac{A - C}{B - C} = \frac{7162 - 758}{5558 - 758} = \frac{6404}{4800} = 1,33 \text{ t/m}^3$$

Jadi bobot isi gembur agregat halus adalah 1,33 t/m³

(2) Bobot isi Padat

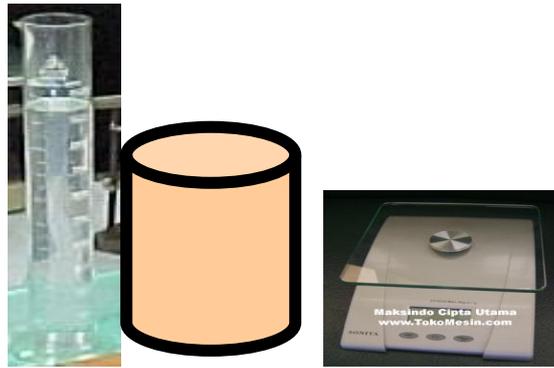
Berdasarkan hasil percobaan bobot isi padat agregat halus diperoleh data sebagai berikut; berat literan/silinder kosong adalah 758 gram, berat literan/silinder + agregat halus setelah dipadatkan adalah 8132 gram, dan berat literan/silinder + air adalah 5558 gram. Hitung bobot isi gembur agregat halus.

Penyelesaian:

$$BB = \frac{A - C}{B - C} = \frac{8132 - 758}{5558 - 758} = \frac{7374}{4800} = 1,54 \text{ t/m}^3$$

Jadi bobot isi padat agregat halus adalah 1,54 t/m³





Gambar 69. Peralatan Pemeriksaan Bobot Isi Gembur dan Padat Agregat Halus

7) Tugas 7. Pemeriksaan Bulking Faktor Agregat Halus

Maksud pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui pengembangan volume pada pasir kering udara. Bulking adalah pengembangan volume pada pasir yang disebabkan oleh kandungan air. Semakin banyak kandungan air semakin besar penambahan volume, kondisi ini dapat dibuktikan pada adukan beton yang tidak dirancang, dimana beton yang menggunakan agregat dengan kadar air tinggi hanya memerlukan air yang lebih sedikit dibandingkan bila menggunakan agregat dengan kadar air yang rendah.

Pada pembuatan beton yang dirancang penambahan volume akibat bulking mutlak harus dikoreksi terutama untuk menjaga FAS dan nilai slump yang telah ditentukan.

Bacalah informasi berikut dengan seksama untuk memahami serta mampu melakukan tugas 7 dengan baik sesuai dengan SNI.

a) Alat/Peralatan, Benda Uji, dan Bahan

- (1) Gelas ukur kapasitas 1000 ml
- (2) Cawan porcelain
- (3) Sendok spesi/spatula
- (4) Mistar baja ukuran 30 cm atau baja pengaduk
- (5) Agregat halus/pasir kondisi kering udara
- (6) Air bersih

b) Proses Pemeriksaan

- (1) Ambil pasir dalam keadaan kering udara, isikan ke dalam gelas ukur setinggi ± 500 ml dan ratakan dengan memutar-mutar gelas ukur, kemudian ukur volumenya dengan membaca gelas ukur (A ml)
- (2) Kemudian isi dengan air hingga pasir terendam dan putar-putar gelas ukur agar gelembung udara keluar, lalu baca gelas ukur (B ml)
- (3) Hitung bulking faktor dengan rumus : $BF = \frac{A-B}{B} \times 100 = \frac{C}{B} \times 100$
 $\rightarrow \%$
- (4) Lakukan pemeriksaan ini sebanyak 3 kali dan hasilnya dirata-ratakan
- (5) Perhitungan

Bulking factor dapat dihitung dengan rumus :

$$BF = \frac{A-B}{B} \times 100 \rightarrow \%$$

Dimana:

BF- bulking faktor (%)

A – volume agregat halus sebelum gelas ukur diisi air (ml)

B – volume agregat halus setelah gelas ukur diisi air (ml)

- (6) Pelaporan

Laporkan dan simpulkan hasil pemeriksaan bulking faktor dalam persen

Contoh Perhitungan

Berdasarkan hasil percobaan pemeriksaan bulking faktor agregat halus diperoleh data sebagai berikut: Volume awal agregat halus sebelum air dimasukkan ke dalam gelas ukur adalah 543,6 ml, Volume akhir agregat halus setelah air diisi ke dalam gelas ukur adalah 498,5 ml.

Hitung bulking faktor agregat halus

Penyelesaian:

$$BF = \frac{543,6-498,5}{498,5} \times 100 = 9,05 \%$$

Jadi bulking faktor (BF) agregat halus adalah 9,05 %



Gambar 20. Peralatan Pemeriksaan Bulking Factor Agregat Halus

8) Tugas 8. Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

Maksud pemeriksaan gradasi agregat halus bertujuan untuk menentukan susunan besar butir agregat halus serta menghitung angka kehalusan. Percobaan ini dilakukan untuk butir-butir agregat dengan diameter butir lebih besar dari 0,075 mm atau butir-butir agregat yang tidak lolos dari ayakan nomor 200 dan lebih kecil dari 4,8 mm.

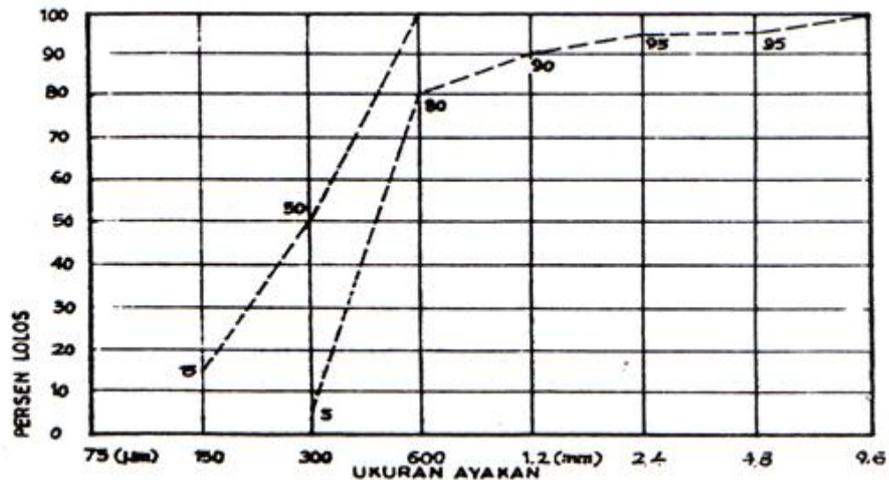
Gradasi dan keseragaman ukuran dari pasir jauh lebih penting dibandingkan dengan keseragaman gradasi dari agregat kasar. Hal ini disebabkan adukan yang merupakan campuran pasir, semen dan air berfungsi sebagai "pelumas" atau "pelicin" untuk campuran beton. Gradasi agregat juga mempengaruhi pemakaian semen dan air yang tentukan mempengaruhi biaya pembuatan betonnya.

Cara yang paling mudah dan ekonomis untuk menyesuaikan gradasi ialah dengan menambahkan pasir halus bila pasir semula kasar dan sebaliknya menambahkan pasir kasar bila pasir semula terlalu halus.

Gradasi pasir yang tersedia dapat diketahui dengan meletakkan sejumlah tertentu dari pasir tersebut pada satu set ayakan yang digetarkan. Berat pasir yang tertahan pada tiap ayakan dan persentasi kumulatif yang lolos dihitung. Grain size distribution curve yang di dapat dibandingkan dengan batas-batas spesifikasi pasir yang dapat diterima.

Masalah 8

Gradasi agregat yang baik untuk beton adalah gradasi yang beraneka ragam artinya ukuran butir mulai dari yang kecil sampai yang besar (mulai 0,075 sd 4,8 mm) sehingga bila disatukan mempunyai porositas yang paling kecil. Perhatikan grafik di bawah ini, termasuk pada zone berapa dan bagaimana melakukan pemeriksaan gradasi agregat dan menggambarkan hasil pemeriksaan gradasi dalam grafik tersebut.



Gambar 21. Grafik Zone Pasir

Bacalah informasi berikut dengan seksama untuk menyelesaikan masalah 8 di atas, dan dapat juga membaca referensi lain yang berhubungan dengan unit ini !.

a) Alat/Peralatan, Benda Uji , dan bahan

- (1) Satu set ayakan standar untuk gradasi agregat halus yaitu: ayakan diameter (9,6 mm; 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,600 mm; 0,300 mm; 0,150 mm; 0,075 mm dan pan + cover/tutup)
- (2) Mesin ayak (sieve shaker)
- (3) Timbangan elektronik ketelitian 0,01 gram
- (4) Wadah/cawan
- (5) Oven dan spatula
- (6) Stopwatch/jam
- (7) Agregat halus kondisi kering udara

b) Prosedur Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

- (1) Ambil sample dalam keadaan kering udara sebanyak lebih kurang 500 gram

- (2) Kemudian ditimbang : A gram
- (3) Siapkan satu set ayakan beserta tutup dan alasnya, kemudian susun mulai dari diameter ayakan yang terbesar sampai yang terkecil dan diakhiri dengan pan.
- (4) Masukkan benda uji/sampel ke dalam ayakan yang telah disusun
- (5) Susunan ayakan yang telah terisi sampel, masukkan pada mesin ayak leetakkan pada landasan.
- (6) Turunkan penjepit ayakan sampai dengan posisinya rapat dan kencangkan baut pengunci.
- (7) Hidupkan mesin ayak dengan memutar saklar on/off pada posisi on selama 10 menit
- (8) Buka penjepit ayakan, dan timbang masing-masing berat sampel pada tiap ayakan adalah w gram.
- (9) Kembalikan mesin sieve shaker pada posisi semula
- (10) Timbang agregat halus yang tertinggal pada setiap ayakan, mulai dari yang terbesar sampai yang terkecil dengan ketelitian 0,01 gram.
- (11) Bersihkan seluruh ayakan dari bahan uji (agregat halus) kemudian timbang setiap ayakan
- (12) Hitung berat agregat tertinggal pada masing-masing ayakan berikut persentasenya demikian juga persentase agregat yang lolos dari masing-masing ayakan.
- (13) Selanjutnya periksa apakah jumlah benda uji semula sama dengan benda uji setelah pengayakan dilakukan. Perbedaan benda uji semula dengan terakhir maksimum 1 %, bila lebih pemeriksaan harus diulangi kembali.
- (14) Angka kehalusan (fineness bukuus) dapat dihitung dengan menjumlahkan persentase kumulatif berat sampel yang tertinggal pada ayakan dengan lubang yang lebih besar atau sama dengan 0,15 mm, kemudian penjumlahan itu dibagi 100.
- (15) Perhitungan
Berat sampel pada tiap ayakan ditimbang (W gram)
Presentase kehilangan berat dihitung dengan rumus :

$$\frac{A - \sum W}{A} \times 100 \rightarrow \text{maksimum 1 \%}, \text{ bila lebih pemeriksaan}$$

harus diulangi

Presentase berat sampel yang tertahan pada setiap ayakan dapat dihitung dengan rumus :

$$\frac{W}{\sum W} \times 100 \rightarrow \%$$

Dimana :

W = berat agregat halus yang tertinggal/tertahan (gram)

$\sum W$ = berat seluruh agregat halus (gram)

(16) Pelaporan

Laporkan hasil pemeriksaan gradasi agregat halus dan buat kesimpulan tentang prosentase ukuran butir.

Contoh Perhitungan:

Berdasarkan hasil pemeriksaan gradasi agregat halus diperoleh data seperti terdapat pada tabel di bawah:

Tabel 11. Perhitungan Persentase Tertinggal Agregat Halus

Ø Aayakan Standar (mm)	Berat Ayakan + Agr. Halus (gram)	Berat Ayakan (grm)	Berat Tertinggal Ag. Halus (gr)	% Terting gal	% Tertingal Kumulatif Ag. Halus
9,6	467,5	466,3	1,2 *	0,12	0,12
4,75	653,7	588,2	65,5	6,52	6,64
2,36	657,6	568,4	89,2	8,88	15,52
1,18	723,8	492,3	231,5	23,05 **	38,57 ***
0,60	675,6	448,9	226,7	22,57	61,14
0,30	562,5	384,0	178,5	17,77	78,91
0,15	503,6	405,1	98,5	9,80	88,71
0,075	524,5	467,0	57,5	5,72	94,43
Pan	984,5	928,7	55,8	5,56	100
Jumlah			1004,4	100	

Catatan:

*) $467,5 - 466,3 = 1,2$ gram

$$**) \frac{231,5}{1004,4} \times 100 = 23,05 \%$$

$$***) \ 0,12 + 6,52 + 8,88 + 23,05 = 38,57 \%$$

$$FM = \frac{289,61}{100} \times 100 = 2,89 \rightarrow \text{Bukuus Kehalusan}$$

Selanjutnya periksa/cocokkan pada zone apakah hasil gradasi masuk pada zone 1, atau zone 2, atau zone 3, atau zone 4.

Berdasarkan hasil tersebut ternyata gradasi agregat halus yang diperiksa tidak masuk dalam salah satu zone, artinya gradasi agregat halus kurang memenuhi syarat untuk digunakan dalam pembuatan beton. Namun demikian, agregat halus tersebut dapat dicampur dengan agregat halus lainnya agar masuk dalam salah satu zone.



Gambar 22. Peralatan Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

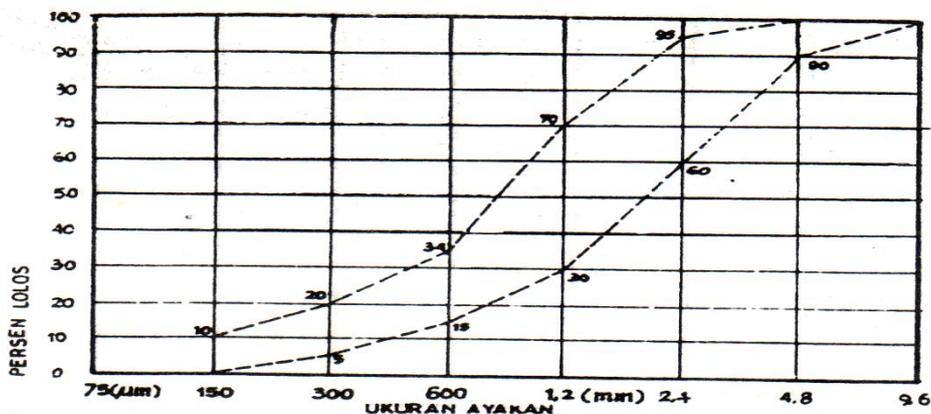
Tabel 12. Pemeriksaan Gradasi Agregat Halus

Ø Ayakan Standar (mm)	Berat Yang Tertinggal (gram)	% Yang Tertinggal	% Tertinggal Komulatif	Angka Kehalusan
9,6				
4,75				
2,36				
1,18				
0,60				
0,30				
0,15				

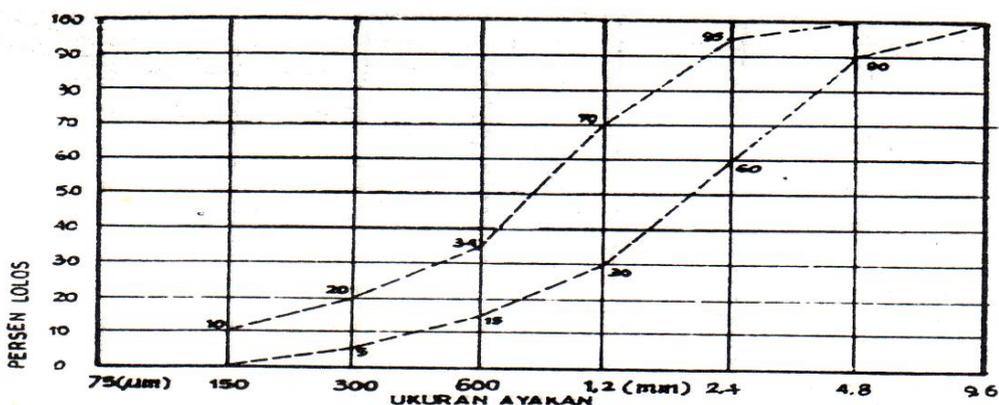
Ø Ayakan Standar (mm)	Berat Yang Tertinggal (gram)	% Yang Tertinggal	% Tertinggal Komulatif	Angka Kehalusan
0,075				
Pan				
Jumlah				

Catatan :

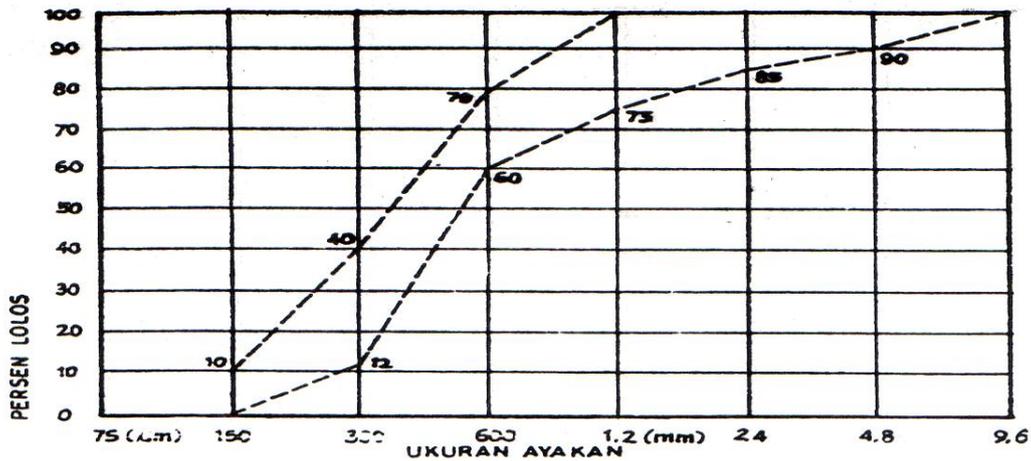
Angka kehalusan adalah jumlah prosentase tertinggal komulatif dimulai dari ayakan Ø 0,15 m kelipatan dua sampai ayakan yang terbesar dibagi 100.



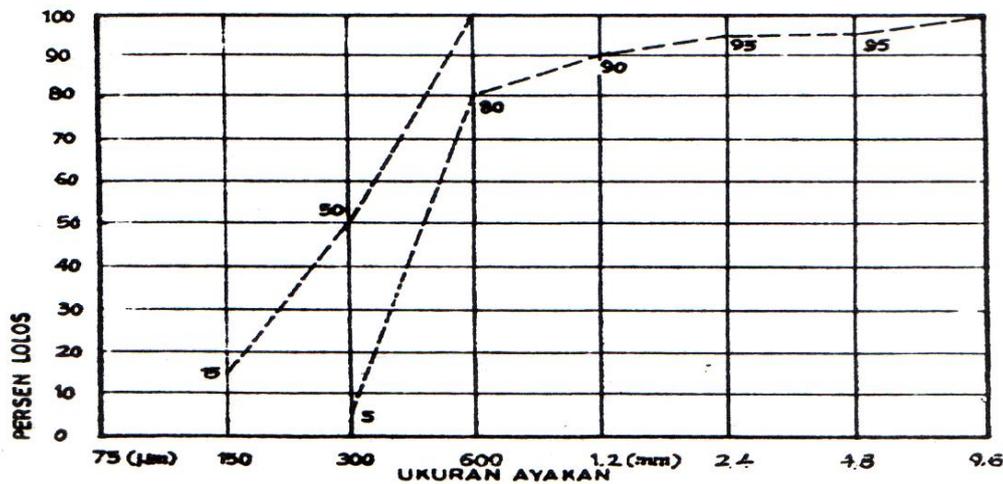
Grafik 23 Gradasi Pasir Zone I



Gambar 74. Grafik Gradasi Pasir Zone II



Gambar 85. Grafik Gradasi Pasir Zone III



Gambar 96. Grafik Gradasi Pasir Zone IV

Jawaban Masalah 8

Untuk memeriksa gradasi agregat halus mengacu kepada SNI dan melakukan perhitungan dan penggambaran kedalam grafik dapat dilakukan seperti contoh di atas.

9) Tugas 9. Menentukan gradasi (Zone) Agregat Halus

Maksud penentuan gradasi agregat halus bertujuan untuk mengetahui pembagian ukuran butir (fraksi) yang terdiri dari butiran-butiran yang mempunyai susunan yang berurutan dari yang besar hingga yang kecil, sehingga diharapkan bergradasi baik. Gradasi yang baik untuk pembuatan beton adalah zone I, zone II, zone III, dan zone IV.

Bacalah informasi berikut dengan seksama untuk menyelesaikan masalah 5 di atas, dan dapat juga membaca referensi lain yang berhubungan dengan unit ini !.

a) Peralatan dan Benda Uji

- (1) Alat tulis
- (2) Kalkulator
- (3) Standar zone agregat
- (4) Data hasil pengayakan yang telah dilakukan

b) Prosedur Penentuan Gradasi (Zone) Agregat Halus

- (1) Dari hasil pengayakan gradasi agregat halus ; berikut diberikan contoh perhitungan.
- (2) Untuk dapat menentukan zone agregat halus : pertama-tama, buatlah grafik zone, dengan ukuran lebar 1 cm panjang 2 cm (perbandingan 1 : 2).
- (3) Buatlah grafik ke arah memanjang 7 buah dan ke arah lebar 10 buah (dibuat sesuai kebutuhan) seperti dibawah ini.
- (4) Cantumkan nomor ayakan mulai dari sebelah kanan dari mulai yang terbesar (9,6 mm) sampai dengan yang terkecil (0,075 mm).
- (5) Pada bagian sebelah kiri grafik tulislah angka 0 – 100 berurutan dari bawah ke atas yang merupakan bagian % lolos kumulatif.

Tabel 13. Contoh Perhitungan Analisa Ayakan Agregat Halus

Lubang Ayakan	Berat Agregat Tertinggal	Persen Tertinggal	Persen Tertinggal Kumulatif	Persen Lolos Kumulatif
mm	gram	%	%	%
9,6	0	0	0	100
4,8	25	5	5	95
2,4	70	14	19	81
1,2	55	11	30	70

0,6	105	21	51	49
0,3	140	28	79	21
0,15	100	20	99	1
Pan	5	1	100	0
Jumlah	500	100	283	

$$\text{Angka kehalusan (Fineness Bukuus) FM} = \frac{283}{100} = 2,83$$

- (6) Pada bagian kanan grafik tulis angka 100 – 0 berurutan dari atas ke bawah yang merupakan bagian % tertinggal komulatif.
- (7) Lihat dan pelajari grafik standar zone yang merupakan garis yang menunjukkan batas prosentase lolos komulatif dari setiap fraksi ukuran (zone I sd IV).
- (8) Dari contoh hasil pengayakan, tinjau \varnothing 9,6 mm pada % lolos komulatif (100%), pada 4,8 mm (95%) dan seterusnya, kemudian buatlah titik-titik yang menunjukkan angka tersebut sampai dengan ayakan 0,075 mm.
- (9) Sambungkan titik-titik tersebut sehingga membentuk garis
- (10) Setelah garis tersambung, cobalah mulai memasukkan garis tersebut kepada salah satu zone (zone I sd IV).
- (11) Caranya tinjaulah batasan % lolos komulatif setiap fraksi ukuran pada salah satu zone, kemudian dicoba garis grafik contoh pengayakan di plotkan pada salah satu zone tersebut, apakah masuk (zone I sd IV).
- (12) Grafik hasil pengayakan gradasi agregat halus, % lolos komulatifnya, harus berada di antara garis setiap fraksi ukuran pada salah satu zone.
- (13) Dari contoh yang ada, setelah dicocokkan ternyata masuk pada zone II
- (14) Cobalah hasil pengayakan yang telah dilakukan dimasukkan pada salah satu zone seperti langkah 8 sampai dengan 13.
- (15) Perhitungan

Contoh Perhitungan Campuran Agregat dengan Cara Analitis
Untuk menghitung persentase pencampuran agregat dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$Y = \frac{A}{100} P_1 + \frac{B}{100} P_2 \quad \text{atau} \quad Y = \frac{A}{100} P_1 + \frac{B}{100} P_2 + \frac{C}{100} P_3$$

$$\rightarrow (A + B) = 100 \% \text{ atau } (A + B + C) = 100 \%$$

Dimana:

Y = persentase yang diharapkan

A,B,C = persentase yang dicari

P1 = persentase pasir 1 (yang lolos)

P2 = persentase pasir 2 (yang lolos)

P3 = persentase pasir 3 (yang lolos)

Tabel 14. Perhitungan Campuran Agregat Halus

Ø Ayakan (mm)	%P1 lolos	68 %	% P2 lolos	32 %	Hasil Gabungan	Zone yg diharapkan
9,6	100	68	100	32	100	100
4,8	100	68	85	27	95	90-100
2,4	100	68	65	21	89	75-100
1,2	82	56	44	14	70	55-90
0,6	62	42	24	8	50	35-59
0,3	40	27	4	1	28	8-30
0,15	15	10	0	0	10	0-10

$$Y = \frac{A}{100} p_1 + \frac{B}{100} P_2$$

Dimana : (A + B) = 100 %

Perhatikan Ayakan 1,2 mm:

Nilai P₁ = 82 %, dan Nilai P₂ = 44 % seperti tabel di atas,

sehingga persamaan Menjadi

$$70 = \frac{A}{100} 82 + \frac{(100 - A)}{100} 44$$

$$70 = (82 A) / 100 + (4400 - 44 A) / 100$$

$$7000 = 82 A + 4400 - 44 A \rightarrow 38 A = 2600$$

$$A = 68 \%$$

Dengan demikian agregat halus (P₁) diambil 68 % dan agregat halus (P₂) diambil 32 % kemudian dicampur sehingga memenuhi syarat masuk dalam zone 2

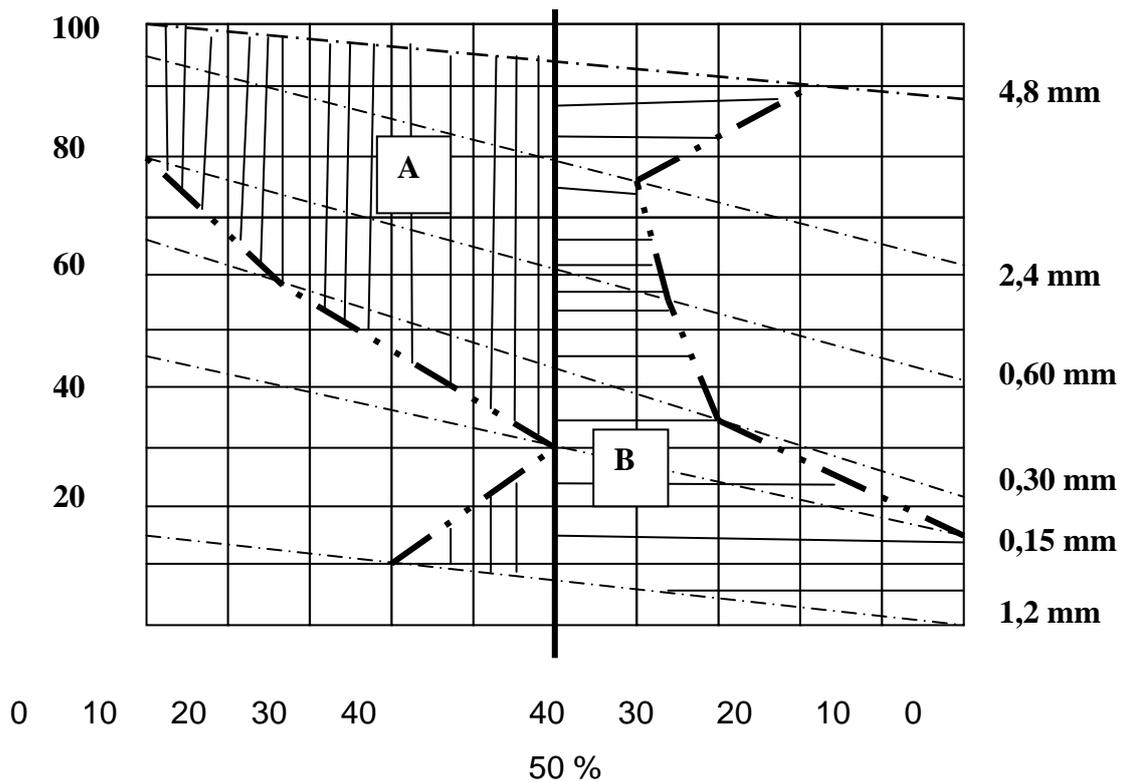
Contoh Perhitungan Campuran Agregat dengan Cara Grafis.

Hasil pengayakan gradasi agregat halus seperti tabel 22, di bawah dimana agregat halus (P1) dan agregat halus (P2) tidak sesuai dengan zone yang diharapkan (zone 2)

Tabel 15. Hasil Pengayakan Agregat Halus (P1) dan (P2)

Ø Ayakan (mm)	Persen Lolos (P1)	Persen Lolos (P2)	Zone 2
9,60	100	100	100
4,80	100	88	90 – 100
2,40	95	62	75 - 100
1,20	80	41	55 - 90
0,600	66	22	35 - 59
0,300	45	15	8 - 30
0,150	14	0	0 - 10

- Langkah-Langkah Pencampuran Agregat Halus Cara Grafis
- Gambarkan segi empat dengan perbandingan 1:1 dan lengkapi skala ukurannya seperti gambar
- Tentukan titik persen lolos (P1) disebelah kiri dan (P2) disebelah kanan untuk setiap ayakan yang sama untuk 0,15 mm (14 % dan 0 %) untuk 0,30 mm (45 % dan 15 %) dst
- Tentukan titik-titik persen lolos dari zone yang diharapkan pada diameter ayakan
- yang sama (titik; 0, 8, 35, dst)
- Hubungkan titik-titik tersebut sehingga membentuk suatu bidang.
- Tarik garis vertikal yang membagi bidang tersebut menjadi dua bagian yang relatif sama (luas bidang A sama dengan luas bidang B)
- Dengan demikian persentase (P1) dan (P2) didapat yaitu masing-masing 50 %
- Kemudian hitung hasil campuran dengan P1 = 50% dan P2 = 50 %



Gambar 107. Grafik Pencampuran Agregat Halus dengan Cara Grafis

Tabel 16. Perhitungan Campuran Agregat Halus Cara Grafis

Ø Ayakan (mm)	Persen Lolos (P1)	50%	Persen Lolos (P2)	50%	Gabungan	Zone 2
9,60	100	50	100	50	100	100
4,80	100	50	88	44	94	90 - 100
2,40	95	47,5	62	32	79,5	75 - 100
1,20	80	40	41	20,5	60,5	55 - 90
0,600	66	33	22	11	44	35 - 59
0,300	45	22,5	15	7,5	30	8 - 30
0,150	14	7	0	0	7	

Laporkan dan simpulkan hasil perhitungan dan penentuan zone agregat dan buatlah tabel yang menunjukkan grafik zone agregat halus hasil pengayakan

c. RANGKUMAN

1. Agregat halus adalah butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat dan ukuran butirannya sebagian besar terletak antara

0,075 – 4,8 mm (lolos dari ayakan 4,8 mm dan tertahan pada ayakan 0,075 mm) dan kelas bagian yang ukurannya lebih kecil dari 0,075 mm tidak lebih dari 5% (kadar lumpur).

2. Agregat (agregat halus dan agregat kasar) merupakan bahan pengisi dalam beton, yang mengisi kira-kira 60 s.d 80 % dari volume beton. Untuk bangunan struktur atau konstruksi yang memerlukan kekuatan tinggi diperlukan kualitas bahan yang memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI, sehingga pemeriksaan agregat halus mutlak diperlukan.
3. Angka kehalusan (Fineness Bukuus/FM) terletak 2,2 – 3,2 bila diperiksa memakai rangkaian ayakan dengan ayakan keseluruhan berturut-turut (0,15 – 0,30 – 0,60 – 1,20 – 2,40 – 4,80) mm dengan fraksi lewat ayakan 0,3 mm, minimal 15% dari berat.
4. Agregat halus (Pasir) tidak boleh mengandung zat-zat organik yang dapat mengurangi mutu beton. Zat organik mempengaruhi daya ikat semen. memeriksa contoh pasir dalam larutan Natrium Hidroksida (NaOH) 3%, warna larutan di atas endapan tidak boleh lebih tua dari warna standar. Agregat halus yang tidak memenuhi syarat dapat dipakai, asal kekuatan tekan adukan agregat tersebut pada umur 7 dan 28 hari tidak kurang dari 95 % dari kekuatan adukan agregat halus yang sama tetapi dicuci dalam larutan 3% NaOH.
5. Sifat kekal; agregat halus diperiksa dengan larutan jenuh garam Sulfat sebagai berikut :
6. Jika dipakai Natrium Sulfat (Na_2SO_4), fraksi yang hancur tidak lebih dari 12% berat.
7. Jika dipakai larutan Magnesium Sulfat (m_gSO_4), fraksi yang hancur tidak lebih dari 10% berat.
8. Agregat halus harus bersih. Bila diperiksa memakai larutan pencuci khusus, tinggi endapan agregat halus yang kelihatan dibandingkan dengan tinggi seluruh endapan tidak kurang dari 70%.
9. Pemeriksaan agregat halus khususnya pemeriksaan gradasi harus dilakukan secara cermat dan teliti agar contoh uji tidak sampai hilang melebihi 1 %, demikian juga pada saat penimbangan
10. Agregat adalah bahan pengisi utama (agregat halus dan kasar) dalam campuran beton maupun adukan. Agregat halus untuk beton dapat berupa

pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu (SNI).

d. Tugas

Petunjuk:

Bacalah soal-soal di bawah ini dengan cermat dan teliti, kemudian jawablah pertanyaan tersebut pada lembar jawaban yang telah disediakan. Untuk pilihan ganda anda diminta untuk memilih jawaban yang paling tepat dari alternatif jawaban yang tersedia dengan cara memberi tanda silang (X).

1. Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar air agregat halus diperoleh data sebagai berikut;

Berat agregat halus sebelum dikeringkan 432,7 gram, berat agregat halus setelah dikeringkan sampai mencapai berat tetap 398,9 gram. Hitunglah kadar air agregat tersebut.

2. Hitunglah persentase kumulatif dari hasil pengayakan agregat halus seperti pada tabel di bawah ini, dan bagaimana komentar anda mengenai hasil gradasi tersebut.

Tabel 17. Hasil Pengayakan Agregat Halus

φ Ayakan (mm)	Berat Pasir Yang Tertinggal (Gram)	% Tertinggal	% Tertinggal Kumulatif	% Lolos Kumulatif
9,6	0			
4,8	2			
2,4	68			
1,2	234			
0,60	278			
0,30	178			
0,15	88			
Pan	34			

3. Dari hasil pegujian gradasi agregat halus diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 18. Persen Lolos Agregat Halus A dan Agregat Halus B

φ Ayakan (mm)	% Lolos Pasir A	% Lolos Pasir B	Gradasi Yg Diharapkan

φ Ayakan (mm)	% Lolos Pasir		Gradasi Yg Diharapkan
	A	B	
9,6	100	100	100
4,8	100	85	90 - 100
2,4	100	77	75 - 100
1,2	94	49	55 - 90
0,60	60	30	35 - 59
0,30	30	5	8 - 30
0,15	13	0	0 - 10

Saudara diminta untuk mencampur pasir A dengan pasir B sehingga masuk dalam gradasi yang diharapkan

4. Diketahui data seperti tabel di bawah, hitunglah kadar lumpur agregat tersebut.

Tabel 19. Pemeriksaan Kadar Lumpur

NO. PEMERIKSAAN	I	II	III
Berat Wadah/cawan	342	322	331
Berat Sampel + Cont. (gr)	425	442	451
Berat Sampel (A gr)			
Berat Sampel Kering + Cont. (gr)	417	438	447
Berat Sampel Kering (B gr)			
Kadar Air = $(A-B)/B \times 100$			
Kadar lumpur rata-rata			

5. Berdasarkan hasil pemeriksaan berat jenis SSD agregat halus diperoleh data sebagai berikut: diketahui berat agregat halus kondisi SSD adalah 415,6 gram (C), berat gelas ukur berisi air 1000 ml adalah 1455,7 gram (E), berat gelas ukur yang berisi agregat halus kondisi SSD dan air diisi mencapai volume 1000 ml beratnya adalah 1703,5 gram (D). Hitunglah berat jenis SSD agregat halus.

Pilihan Ganda

1. Sesuai dengan SNI gradasi agregat halus untuk pembuatan beton terdiri dari; zone I, zone II, zone III, dan zone IV. Sedangkan ukuran butirannya adalah;
 - a. Lolos ayakan 4,8 mm dan tertinggal pada ayakan 0,063 mm
 - b. Lolos ayakan 4,8 mm dan tertinggal pada ayakan 0,075 mm
 - c. Lolos ayakan 4,8 mm dan tertinggal pada ayakan 0,100 mm
 - d. Lolos ayakan 4,8 mm dan tertinggal pada ayakan 0,150 mm

2. Agregat halus merupakan bahan pengisi dalam pembuatan beton, ukuran maksimum agregat halus sesuai dengan SNI adalah;
 - a. Lolos dari ayakan 9,6 mm
 - b. Lolos dari ayakan 5,2 mm
 - c. Lolos dari ayakan 4,8 mm
 - d. Lolos dari ayakan 4,2 mm

3. Lumpur sangat mempengaruhi daya lekat antara pasta dengan agregat sehingga kadar lumpur yang terkandung pada agregat halus maksimum:
 - a. 5 %
 - b. 6 %
 - c. 7 %
 - d. 8%

4. Kadar organik yang terkandung dalam pasir (agregat halus) dapat memperlambat pengerasan beton bahkan dapat mengurangi kekuatannya, untuk menguji kadar organik dibuat larutan;
 - a. 5 % NaOH
 - b. 4 % NaOH
 - c. 3 % NaOH
 - d. 2 % NaOH

5. Gradasi agregat halus terdiri dari beberapa zone mulai dari gradasi yang paling halus sampai gradasi yang paling kasar, gradasi dapat mempengaruhi workability beton, kuat tekan beton, penggunaan semen portland. menurut anda zone mana yang paling baik.

- a. Zone IV
- b. Zone III
- c. Zone II
- d. Zone I

Kunci Jawaban

1. Kadar air adalah:

Penyelesaian:

$$KA = \frac{A - B}{B} \times 100 = \frac{(432,7 - 398,9)}{398,9} \times 100 = 6,77 \%$$

Jadi kadar air yang dikandung agregat halus adalah 6,77 %.

2. Perhitungan Gradasi Hasil Pengayakan

Tabel 20. Perhitungan Gradasi Hasil Pengayakan

φ Ayakan (mm)	Berat Pasir Yang Tertinggal (Gram)	% Tertinggal	% Tertinggal Kumulatif	% Lolos Kumulatif
9,6	0,00	0	0	100
4,8	2	0,2	0,2	99,8
2,4	68	7,7	7,9	92,1
1,2	234	26,5	34,4	65,6
0,60	278	31,5	65,9	34,1
0,30	178	20,2	86,1	13,9
0,15	88	10,0	96,1	3,9
Pan	34	3,9	100	0,0
	882	100		

3. Gradasi Hasil Perhitungan (Gabungan)

Tabel 21. Hasil Perhitungan Gabungan Agregat Halus

φ Ayakan (mm)	% Lolos Pasir A	53 %	% Lolos Pasir B	47 %	Hasil Gabungan	Gradasi Yg Diharapkan
9,6	100	53	100	47	100	100
4,8	100	53	85	40,89	93,89	91 - 100

φ Ayakan (mm)	% Lolos Pasir A	53 %	% Lolos Pasir B	47 %	Hasil Gabungan	Gradasi Yg Diharapkan
2,4	100	53	77	36,19	89,19	76 - 100
→ 1,2	94	48,82	49	23,03	71,85	36 - 90
0,60	60	31,80	30	14,10	45,90	37 - 59
0,30	30	15,9	5	2,35	18,25	9 - 30
0,15	13	6,89	0	0	6,89	0 - 10

Gunakan persamaan berikut : $Y = \frac{p_1}{100} P_1 + \frac{100-p_1}{100} P_2$

Perhatikan ayakan Ø 1,2 mm: $73 = \frac{P}{100} 94 + \frac{100-P}{100} 49$

$$73 = \frac{94 P}{100} + \frac{4900 - 49 P}{100}$$

$$7300 = 94 P + 4900 - 49 P \rightarrow 45 P = 2400 \text{ maka } P = 53 \%$$

Dengan demikian Pasir A diambil 53 % dan Pasir B diambil 47 % digabung menjadi satu bagian (dicampur) agar masuk ke dalam gradasi yang diharapkan. Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel di atas menunjukkan bahwa hasil gabungan masuk ke dalam gradasi yang diharapkan, artinya agregat halus (A dan B) harus dicampur agar dapat digunakan untuk pembuatan beton.

4. Tabel Pemeriksaan Kadar Lumpur

Tabel 22. Pemeriksaan Kadar Lumpur

NO. PEMERIKSAAN	I	II	III
Berat Wadah/Cawan	342	322	331
Berat Sampel + Cawan. (gr)	425	442	451
Berat Sampel (A gr)	83	120	120
Berat Sampel Kering + Cawan (gr)	417	438	447
Berat Sampel Kering (B gr)	75	116	116
Kadar lumpur = (A-B)/A x 100	9,63	3,33	3,33
Kadar lumpur rata-rata (%)	5,43		

5. Berat Jenis SSD

Penyelesaian:

$$BJ = \frac{C}{(C+E-D)} = \frac{415,6}{(415,6+1455,7-1703,5)} = 2,48 \text{ gr/cm}^3$$

Jadi berat jenis SSD agregat halus adalah $2,48 \text{ gr/cm}^3$

Pilihan Ganda

1. B
2. C
3. A
4. C
5. C

e. Tes Formatif

Petunjuk:

Bacalah soal-soal di bawah ini dengan cermat dan teliti, kemudian jawablah pertanyaan tersebut pada lembar jawaban yang telah disediakan. Untuk pilihan ganda anda diminta untuk memilih jawaban yang paling tepat dari alternatif jawaban yang tersedia dengan cara melingkari yang anda anggap paling benar.

Benar Salah

1. Berdasarkan SNI ukuran butir agregat halus adalah lolos dari ayakan 4,8 mm dan tertinggal pada ayakan 0,150 mm, serta lumpur bila lolos ayakan 0,075 mm
2. Kadar lumpur yang terkandung pada agregat halus mempengaruhi daya lekat dan kekuatan tekan beton sehingga jumlah kadar lumpur yang diijinkan pada agregat halus maksimum 1 %
3. Agregat halus harus bersih. Bila diperiksa memakai larutan pencuci khusus, tinggi endapan agregat halus yang kelihatan dibandingkan dengan tinggi seluruh endapan tidak kurang dari 70%.
4. Angka kehalusan (Fineness Bukuus/FM) adalah 2,2 – 3,2 bila diperiksa memakai serangkaian ayakan dengan ayakan keseluruhan berturut-turut

- (0,15 – 0,30 – 0,60 – 1,20 – 2,40 – 4,80) mm dengan fraksi lewat ayakan 0,3 mm, minimal 15% dari berat.
5. Diketahui berat agregat halus kondisi lapangan adalah 546,5 gram, berat setelah dikeringkan sampai berat tetap menjadi 535,5 gram, kemudian dicuci di atas ayakan 0,075 mm lalu dikeringkan sampai berat tetap menjadi 529,5 gram, maka kadar lumpur agregat halus adalah 2,25 %
 6. Berdasarkan pemeriksaan, kadar air agregat halus adalah 5,75 % sedangkan berat tetap agregat halus (setelah dikeringkan sampai berat tetap) adalah 573,25 gram, maka berat basah agregat halus adalah 606,21 gram → B
 7. Pemeriksaan gradasi agregat halus harus mengambil contoh uji dari lapangan agar mewakili kondisi lapangan, kemudian agregat tersebut dikeringkan sampai berat tetap sehingga pada saat pengayakan tidak menempel dan mempermudah pemeriksaan.
 8. Pemeriksaan sifat kekalagregat halus dengan larutan Natrium Sulfat (Na_2SO_4), fraksi yang hancur tidak lebih dari 22% berat, dan jika dipakai larutan Magnesium Sulfat (MgSO_4), fraksi yang hancur tidak lebih dari 15% berat.
 9. Ayakan standar untuk memeriksa gradasi agregat halus adalah sebagai berikut: 9,6 mm; 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,600 mm; 0,300 mm; 0,150 mm; 0,075 mm; dan pan + cover.
 10. Pemeriksaan kadar organik pada agregat halus dilakukan dengan membuat larutan 3 % Na OH kemudian diaduk/dikocok kurang lebih 10 menit lalu didiamkan selama 24 jam. Kemudian terjadi perubahan warna, bila kuning tua berarti kadar organik masih belum berbahaya terhadap beton.

Soal

1. Hitunglah kadar air agregat halus dengan data seperti tabel di bawah ini.

Tabel 23. Data Pemeriksaan Kadar Air Agregat

No Pemeriksaan	I	II	III
Berat Wadah/Cawan (gr)	234,5	342	351
Berat Sampel + Cawan (gr)	344	451	443
Berat Sampel (A gr)			
Berat Sampel Kering + Cawan (gr)	324	437	431

Berat Sampel Kering (B gr)			
Kadar Air = $(A-B)/B \times 100$			
Kadar air rata-rata %			

2. Hitunglah kadar lumpur agregat halus dengan data seperti tabel di bawah ini.

Tabel 24. Data Pemeriksaan Kadar Lumpur

No Pemeriksaan	I	II	III
Berat Wadah/cawan	432	409	412
Berat Sampel Kering + Cont. (gr)	543	511	509
Berat Sampel Kering sebelum dicuci (A gr)			
Berat Sampel kering setelah dicuci (B gr)	108	99	95
Kadar Air = $(A-B)/A \times 100$			
Kadar lumpur rata-rata (%)			

3. Hitunglah persentase lolos kumulatif dari hasil pengayakan agregat halus seperti pada tabel di bawah ini

Tabel 25. Data Pemeriksaan Gradasi Agregat

ϕ Ayakan (mm)	Berat Pasir Yang Tertinggal (Gram)	% Tertinggal	% Tertinggal Kumulatif	% Lolos Kumulatif
9,6	0			
4,8	5			
2,4	78			
1,2	212			
0,60	231			
0,30	145			
0,15	99			
Pan	16			

4. Berdasarkan hasil pemeriksaan penyerapan agregat halus diperoleh data sebagai berikut: berat agregat halus kondisi SSD adalah 332 gram setelah dikeringkan sampai mencapai berat tetap (kering oven) beratnya adalah 328 gram. Hitunglah penyerapan agregat tersebut.

5. Pemeriksaan berat jenis SSD agregat halus diperoleh data sebagai berikut: diketahui berat agregat halus kondisi SSD adalah 536 gram (A), berat gelas ukur berisi air 1000 ml adalah 1465 gram (B), berat gelas ukur yang berisi agregat halus kondisi SSD dan air diisi mencapai volume 1000 ml beratnya adalah 1752 gram (C). Hitunglah berat jenis SSD agregat halus.

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

Benar Salah

1. S
2. S
3. B
4. B
5. S
6. B
7. S
8. B
9. B
10. S

Soal

1. Perhitungan kadar air agregat halus dengan data seperti tabel di bawah ini.

Tabel 26. Perhitungan Kadar Air Agregat Halus Rata-Rata

No Pemeriksaan	I	II	III
Berat Wadah/Cawan (gr)	23 4,5	342	351
Berat Sampel + Cawan (gr)	34 4	451	443
Berat Sampel (A gr)	10 9,5	109	92
Berat Sampel Kering + Cawan (gr)	32 4	437	431
Berat Sampel Kering (B gr)	89, 5	95	80

Kadar Air = $(A-B)/B \times 100$	22, 35	14,74	15
Kadar air rata-rata %	17,36		

2. Hitunglah kadar lumpur agregat halus dengan data seperti tabel di bawah ini.

Tabel 27. Perhitungan Kadar Lumpur Agregat Halur rata-rata

No Pemeriksaan	I	II	III
Berat Wadah/cawan	432	409	412
Berat Sampel Kering + Cont. (gr)	543	511	509
Berat Sampel Kering sebelum dicuci (A gr)	111	102	97
Berat Sampel kering setelah dicuci (B gr)	108	99	95
Kadar Air = $(A-B)/A \times 100$	2,70	2,94	2,06
Kadar lumpur rata-rata (%)	2,57		

3. Perhitungan Persen lolos kumulatif

Tabel 28.2. Perhitungan Persen Lolos Kumulatif Agregat Halus

ϕ Ayakan (mm)	Berat Pasir Yang Tertinggal (Gram)	% Tertinggal	% Tertinggal Kumulatif	% Lolos Kumulatif
9,6	0	0	0	100
4,8	5	0,63	0,63	99,37
2,4	78	9,92	10,55	89,45
1,2	212	26,97	37,52	62,48
0,60	231	29,39	66,92	33,08
0,30	145	18,45	85,36	14,64
0,15	99	12,60	97,96	2,04
Pan	16	2,04	100	0
Total	786	100		

4. Penyerapan agregat halus adalah 1,22 %

5. Berat jenis SSD agregat halus adalah 2,15 gr/cm³

2. Kegiatan Belajar 3. Pemeriksaan Agregat Kasar (Kerikil)

a. Tujuan Pembelajaran

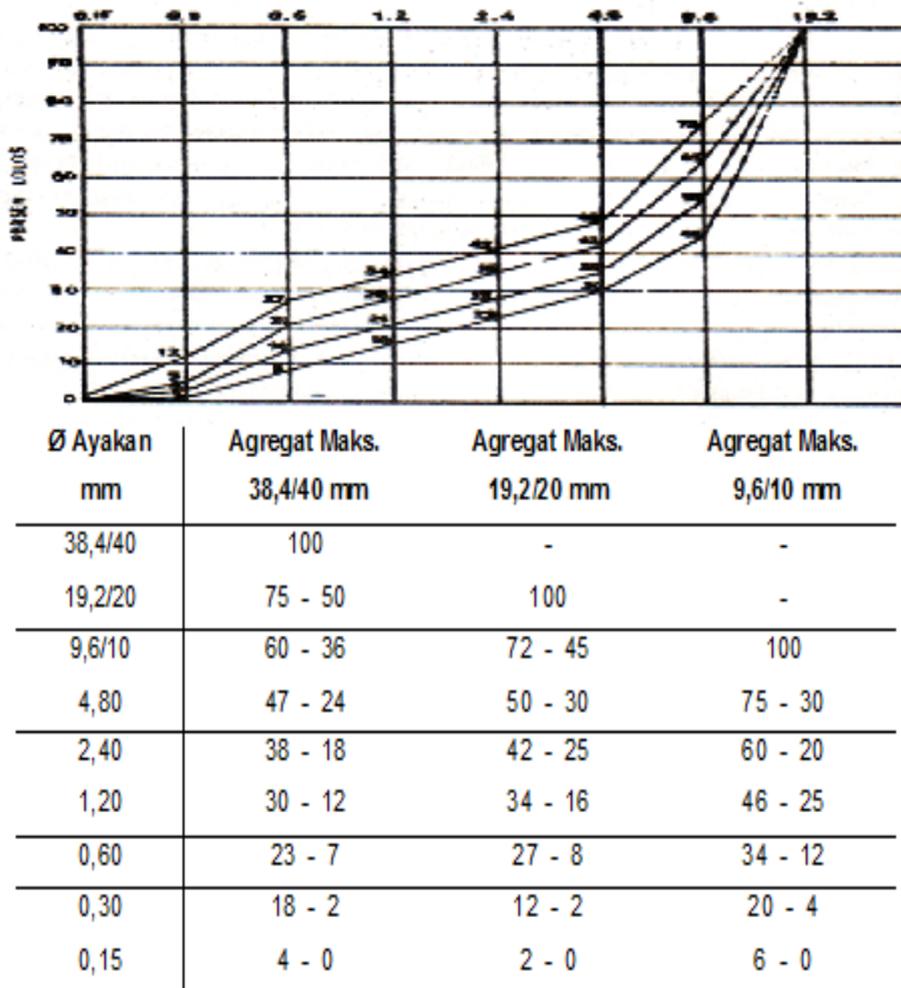
Setelah mempelajari materi pemeriksaan agregat kasar (unit ini) siswa diharapkan dapat:

- 1) Menentukan jumlah benda uji agregat kasar sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI)
- 2) Memeriksa kadar air agregat kasar sesuai dengan SNI
- 3) Memeriksa kadar lumpur agregat kasar sesuai dengan SNI
- 4) Memeriksa gradasi agregat kasar sesuai dengan SNI
- 5) Memeriksa berat jenis kondisi kering permukaan (SSD) agregat kasar sesuai dengan SNI
- 6) Memeriksa penyerapan agregat kasar sesuai dengan SNI
- 7) Memeriksa bobot isi agregat kasar sesuai dengan SNI
- 8) Memeriksa bentuk agregat kasar sesuai dengan SNI
- 9) Memeriksa kekerasan agregat kasar sesuai dengan SNI
- 10) Mengoperasikan peralatan pemeriksaan agregat kasar sesuai dengan standar operasional prosedur (SOP) dan SNI
- 11) Melaporkan hasil pemeriksaan agregat kasar sesuai dengan SNI

b. Uraian Mater

Perhatikan gambar grafik gradasi yang dilengkapi dengan tabel gradasi dibawah ini, Amatilah persen lolos dan persen tertinggal pada masing-masing ayakan untuk agregat maksimum 38,4/40 mm, 19,2/20 mm, dan 9,6/10 mm. Apa yang dimaksud dengan agregat maksimum sesuai dengan SNI dan diskusikan dengan teman anda

bagaimana menggambarkan grafik gradasi untuk agregat maksimum 19,2/20 mm.



Gambar 28. Grafik dan Tabel Gradasi Agregat Maksimum

1) Tugas 1. Pengambilan Sampel Agregat Kasar (Kerikil)

Maksud pengambilan sampel/contoh uji agregat kasar bertujuan untuk mengambil contoh uji yang representatif dan mencerminkan populasi agregat yang akan diperiksa.

Untuk membagi sampel agregat kasar dapat digunakan dua metode, yang pertama adalah metode Quartering dan Splitter. Dari kedua cara ini metode Quartering merupakan metode yang paling mudah, karena tidak membutuhkan alat-alat khusus. Namun pada prinsipnya kedua metode tadi mempunyai sistem kerja yang sama dalam praktikum ini.

a) Alat/Peralatan Yang Digunakan

- (1) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- (2) Skop kecil
- (3) Sarung tangan

- (4) Rifle box (splitter)
- (5) Bak spesi



Gambar 119. Alat/Peralatan Pengambilan Sampel

b) Metode Quatering (Perempatan)

- (1) Agregat kasar dicampur dahulu sehingga diperkirakan homogen
- (2) Dari tumpukan yang sudah homogen tadi, ambilah sejumlah agregat kasar yang akan digunakan sebagai sampel.
- (3) Sampel dibagi menjadi empat bagian dengan sekop
- (4) Dua bagian (masing-masing) digabung dan dibagi lagi menjadi 4 bagian
- (5) Ulangi langkah 2 s,d 4 hingga sampel yang di dapat memenuhi jumlah yang dibutuhkan.

c) Metode Splitter

- (1) Sama dengan langkah 1 dan 2 metode Quartering
- (2) Sampel dimasukkan ke dalam Splitter hingga penuh, pada saat sampel dimasukkan secara otomatis akan terbagi menjadi dua bagian. Bagian pertama dimasukkan lagi ke dalam Splitter, demikian juga bagian yang lain.
- (3) Dari setengah bagian ini dibagi lagi menjadi dua bagian demikian seterusnya hingga sampel yang di dapat memenuhi jumlah yang diperlukan.

2) Tugas 2. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

Maksud pemeriksaan ini untuk menentukan kadar air yang dikandung oleh agregat kasar sehingga dapat diperhitungkan dalam perancangan campuran beton.

Kadar air yang dikandung agregat dapat mempengaruhi kuat tekan beton atau dengan kata lain faktor air semen (fas) dapat mempengaruhi kuat tekan beton. Dalam rancangan campuran beton kondisi agregat dianggap dalam keadaan kering permukaan atau jenuh (saturated surface dry condition/SSD) oleh karena itu kadar air agregat harus diperiksa sebelum dipergunakan. Jika agregatnya tidak jenuh air, maka agregat akan menyerap air campuran beton yang menyebabkan kurangnya air untuk proses pengerasan. Dengan mengetahui kadar air dari agregat dapat ditaksir/diperhitungkan untuk penambahan maupun pengurangan air dalam suatu campuran beton.

a). Alat/Peralatan dan Bahan yang Digunakan

- (1) Cawan
- (2) Kain Lap
- (3) Skop kecil
- (4) Oven
- (5) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- (6) Sarung tangan



Gambar 30. Alat/Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

b) Prosedur Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

- (1) Siapkan alat/peralatan yang digunakan untuk pemeriksaan kadar air agregat kasar
- (2) Siapkan lokasi/tempat pemeriksaan kadar air agregat kasar sesuai dengan K3

- (3) Ambil sample (agregat kasar) dalam keadaan alami (di lapangan) sebanyak ± 300 gram,
- (4) Bagi sampel dengan menggunakan metode quartering atau splitter untuk memperoleh sejumlah sampel yang dibutuhkan
- (5) Timbang sampel dengan ketelitian 0,01 gram, misalnya A gram
- (6) Keringkan dengan oven pada suhu $105^{\circ} \pm 10^{\circ} \text{C}$ sampai berat tetap atau kering oven
- (7) Berat tetap tercapai bila penimbangan terakhir tidak mempunyai perbedaan dengan penimbangan sebelumnya.
- (8) Kemudian timbang dengan ketelitian 0,01 gram misalnya B gram
- (9) Nilai kadar air agregat kasar diambil dari hasil rata-rata pemeriksaan sebanyak tiga kali

c) Perhitungan

Kadar air sampel dapat dihitung dengan rumus :

$$KA = \frac{(A - B)}{B} \times 100$$

Dimana :

A – berat agregat kasar semula (sebelum dikeringkan) gram

B – berat agregat kasar akhir setelah dikeringkan sampai berat tetap (gram)

Contoh Perhitungan

Berdasarkan data hasil pemeriksaan kadar air agregat kasar diperoleh data sebagai berikut: berat agregat kasar mula-mula (sebelum dikeringkan) adalah 231,5 gram, berat agregat kasar akhir (setelah dikeringkan sampai berat tetap) adalah 217,8 gram. Hitunglah kadar air agregat kasar

Penyelesaian:

$$KA = \frac{(A-B)}{B} \times 100 = \frac{(231,5 - 217,8)}{217,8} \times 100 = 6,29 \%$$

Jadi kadar air agregat kasar adalah 6,29 %

Tabel 29. Pemeriksaan Kadar Air Agregat Kasar

	I	II	III
Berat wadah (gr)			
Berat Sampel + Wadah (gr)			
Berat Sampel (A gr)			
Berat Sampel Kering + Wadah(gr)			
Berat Sampel Kering (B gr)			
Kadar Air = $(A-B)/B \times 100$			
Kadar Air rata-rata (%)			

3) Tugas 3. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

Maksud pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar adalah untuk menentukan kadar lumpur yang dikandung oleh agregat kasar sehingga memenuhi syarat, untuk beton tidak melebihi kadar maksimum 1 %. Lumpur dapat menyusut dan mengembang akibat desorpsi dan absorpsi air. Apabila lumpur merupakan bagian dari suatu jenis batuan, maka batuan itu tidak mempunyai daya lekat yang baik terhadap pasta . Kadar lumpur yang merupakan fraksi-fraksi Kasar dalam agregat (dapat melalui ayakan 0,075 mm), harus dibatasi sampai suatu jumlah maksimum mutlak yang tidak boleh dilewati yaitu maksimum 1 %.

Lumpur menambah kebutuhan akan air dalam suatu campuran beton, sehingga kekuatan tekan beton serta keawetannya akan menurun. Selain itu lumpur dapat juga merupakan lapisan-lapisan tipis pada permukaan agregat kasar, sehingga akan mempengaruhi ikatan antara pasta dan agregat. Ikatan yang baik sangat diperlukan untuk menjamin kekuatan tekan beton serta mengurangi elastisitas dari tiap partikel agregat kasar, sehingga akan menambah penyusutan dan rangkakan (creep) pada beton.

Kadar lumpur yang terdapat pada kerikil dapat ditentukan, dengan mencari kehilangan berat pada kerikil kering oven (berat tetap) setelah mengalami pencucian. Apabila kadar lumpur sampel kerikil lebih besar dari 1% maka kerikil tersebut harus dicuci sebelum dipakai sebagai agregat kasar untuk campuran beton.

a) **Alat/Peralatan**

- (1) Gelas ukur/beaker
- (2) Kain Lap
- (3) Skop Kecil
- (4) Sarung tangan
- (5) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- (6) Oven
- (7) Ayakan 0,075 mm

b) **Prosedur Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar**

- (1) Siapkan alat/peralatan untuk pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar sesuai dengan SOP
- (2) Siapkan lokasi/tempat pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar agar terhindar dari hal-hal yang tidak diinginkan
- (3) Ambil sampel dalam keadaan kering oven sebanyak lebih kurang 500 gram atau sampel kondisi alami kemudian dikeringkan sampai berat tetap (kering oven)
- (4) Kemudian timbang dengan ketelitian 0,01 gram, misalnya A gram
- (5) Sampel dimasukkan ke dalam beaker/gelas ukur dengan hati-hati dan isikan air bersih sampai agregat kasar terendam (± 3 cm di atas agregat kasar) dan diamkan beberapa saat.
- (6) Aduk agregat kasar dengan menggunakan spatula/tongkat kaca dengan perlahan-lahan, jangan sampai ada yang terbang dan diamkan beberapa saat.
- (7) Airnya dibuang di atas ayakan 0,075 mm sehingga butiran yang mungkin terbang dapat ditampung pada ayakan tersebut. Lakukan langkah ini beberapa kali hingga airnya bersih
- (8) Butiran yang tertampung pada ayakan 0,075 mm dimasukkan kembali ke dalam gelas ukur/beaker
- (9) Agregat kasar yang sudah bersih dikeringkan dengan menggunakan oven pada temperatur $105 \pm 5^{\circ}$ C sampai mencapai berat tetap/kering oven. Berat tetap tercapai apabila

penimbangan sebelumnya telah sama dengan penimbangan yang terakhir.

(10) Timbang berat agregat kasar yang telah berat tetap dengan ketelitian 0,01 gram, misalnya B gram

(11) Perhitungan

Kadar lumpur dapat dihitung dengan rumus : $Kl = \frac{A-B}{B} \times 100$,
dimana A – berat agregat kasar semula (sebelum dicuci) , B-
berat agregat kasar akhir (setelah dicuci dan sudah berat tetap)

Contoh Perhitungan

Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar diperoleh data sebagai berikut: berat agregat kasar mula-mula (sebelum dicuci) adalah 512,5 gram, berat agregat kasar akhir (setelah dicuci dan dikeringkan) adalah 498,7 gram, Hitunglah kadar lumpur agregat kasar.

Penyelesaian:

$$Kl = \frac{A - B}{B} \times 100 = \frac{(512,5 - 489,7)}{489,7} \times 100 = 4,66 \%$$

Kadar lumpur agregat kasar tersebut adalah 4,66 % berarti tidak memenuhi syarat SNI karena lebih besar dari 1% (kadar lumpur yang diijinkan). Jadi agregat kasar tidak dapat dipergunakan untuk pembuatan beton seperti dipersyaratkan dalam SNI. Bila agregat kasar tersebut harus dipergunakan, maka agregat kasar harus dicuci terlebih dahulu sampai kadar lumpur maksimum hanya 1 %.



Gambar 31. Alat/Peralatan Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

4) Tugas 4. Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar

Maksud pemeriksaan gradasi agregat kasar bertujuan untuk menentukan susunan besar butir (gradasi) agregat kasar dengan menghitung persentase agregat yang tertinggal pada masing-masing ayakan/saringan.

Gradasi dari agregat kasar mempunyai pengaruh terhadap kemudahan pengerjaan beton. Bila agregat kasar yang dipakai mempunyai ukuran yang seragam, hal ini dapat diatasi dengan mencampurkan agregat tadi dengan agregat lain dengan ukuran yang berbeda sehingga sesuai dengan gradasi yang diinginkan. Bila pasir yang digunakan mempunyai butiran kasar dalam jumlah yang besar, agregat kasar harus hanya mengandung sedikit partikel dengan ukuran yang sama, tujuannya untuk menghindari terjadinya kesulitan dalam pemadatan beton. Kesulitan ini mungkin timbul akibat interferensi partikel karena kurangnya mortar untuk mengisi ruang diantara partikel-partikel yang sama ukurannya. Meskipun penambahan mortar dapat mengembalikan kemudahan pengerjaan, hal ini membutuhkan semen dan air dalam jumlah yang besar.

Untuk mengatasi hal ini, dianjurkan untuk menggunakan agregat terbesar sesuai dengan yang diijinkan yaitu maksimum 40 mm atau 38 mm, sebab ini akan mengurangi kebutuhan terhadap air dan semen; hanya untuk beton dengan kekuatan tinggi harus ditentukan ukuran agregat yang optimum.

a) Alat/Peralatan

- (1) Satu set saringan/ayakan standar
- (2) Kain Lap
- (3) Skop kecil
- (4) Alat penggetar/mesin getar
- (5) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- (6) Cawan
- (7) Oven
- (8) Stopwatch/jam

b) Prosedur Pemeriksaan Gradasi Agregat Kasar atau Agregat Gabungan

- (1) Siapkan alat/peralatan untuk pemeriksaan gradasi agregat kasar sesuai dengan SOP
- (2) Siapkan tempat/lokasi pemeriksaan gradasi agregat kasar agar terhindar dari hal-hal yang tidak diinginkan
- (3) Siapkan/ambil sample (agregat kasar) dalam keadaan kering udara sebanyak lebih kurang 500 gram, gunakan metode kuatering atau splitter untuk memperoleh sampel dengan jumlah yang diharapkan.
- (4) Sampel ditimbang dengan ketelitian 0,01 gram, misalnya A gram
- (5) Siapkan/ambil ayakan satu set beserta tutup dan alasnya (40/38 mm; 20/19,6 mm; 10/9,6 mm; 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,600 mm; 0,300 mm; 0,150 mm, pan, dan tutupnya) kemudian letakkan sampel pada saringan yang teratas/terbesar.
- (6) Timbang ayakan dengan ketelitian 0,01 gram, untuk setiap ayakan dan catat pada tabel perhitungan
- (7) Ayakan disusun mulai dari diameter terbesar sampai diameter terkecil dan diakhiri dengan pan.
- (8) Masukkan sampel (agregat kasar) ke dalam ayakan yang telah tersusun dan tutup, kemudian masukkan/atur ayakan yang berisi benda uji ke dalam mesin pengayak
- (9) Ayak sampel dengan menghidupkan mesin pengayak selama 20 menit (perhatikan keselamatan kerja selama proses pemeriksaan)
- (10) Berat sampel yang tertinggal/tertahan pada setiap ayakan ditimbang dengan ketelitian 0,01 gram (W gram) kemudian dijumlahkan = ΣW gram
- (11) Persentase kehilangan berat tidak boleh lebih dari 1%, bila lebih pemeriksaan harus diulang kembali.
- (12) Perhitungan

Persentase berat sampel yang tertahan pada tiap saringan dapat dihitung dengan rumus:

$$\% Lolos = \frac{W}{\Sigma W} \times 100$$

Dimana :

W – berat agregat kasar yang tertahan pada masing-masing ayakan (gram)

ΣW - berat seluruh agregat kasar yang diperiksa (gram)

Dihitung persentase lolos kumulatif maupun tertinggal kumulatif selanjutnya digambarkan dalam grafik gradasi yang telah ditentukan (gradasi 40 mm; 20 mm; dan 10 mm).

Contoh Perhitungan

Berdasarkan hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar diperoleh data seperti terdapat pada tabel di bawah:

Tabel 30. Perhitungan Persentase Tertinggal Kumulatif Agregat Kasar

Ø Ayakan Standar (mm)	Berat Ayakan + Agr. Kasar (gram)	Berat Ayakan (gram)	Berat Tertinggal Ag. Kasar (gr)	% Tertinggal	% Tertinggal Kumulatif Ag. Kasar
40/38,9	487,8	486,3	1,50	0,34	0,34
20/19,6	643,7	588,2	55,50 *	12,52	12,86
10/9,6	717,6	568,4	149,20	33,65**	45,51
4,80	602,8	492,3	110,50	24,92	71,43***
Pan	575,6	448,9	126,7	28,57	100
			443,40		

Catatan:

$$*) \quad 643,7 - 588,2 = 55,50 \text{ gram}$$

$$**) \quad \frac{149,20}{443,40} \times 100 = 33,65 \%$$

$$***) \quad 0,34 + 12,52 + 33,65 + 24,92 = 71,43 \%$$

Selanjutnya periksa/cocokkan pada zone apakah hasil gradasi masuk pada gradasi 40/38 mm atau 20/19,6 mm atau 10/9,6 mm.

Contoh Perhitungan Agregat Campuran

$$Y = \frac{A}{100} p_1 + \frac{B}{100} P_2 \quad \text{atau} \quad Y = \frac{A}{100} P_1 + \frac{B}{100} P_2 + \frac{C}{100} P_3$$

$$\rightarrow (A + B) = 100 \% \text{ atau } (A + B + C) = 100 \%$$

Dimana:

Y = persentase yang diharapkan

A,B,C = persentase yang dicari

P1 = persentase pasir/kerikil (1) (yang lolos)

P2 = persentase pasir/kerikil (2) (yang lolos)

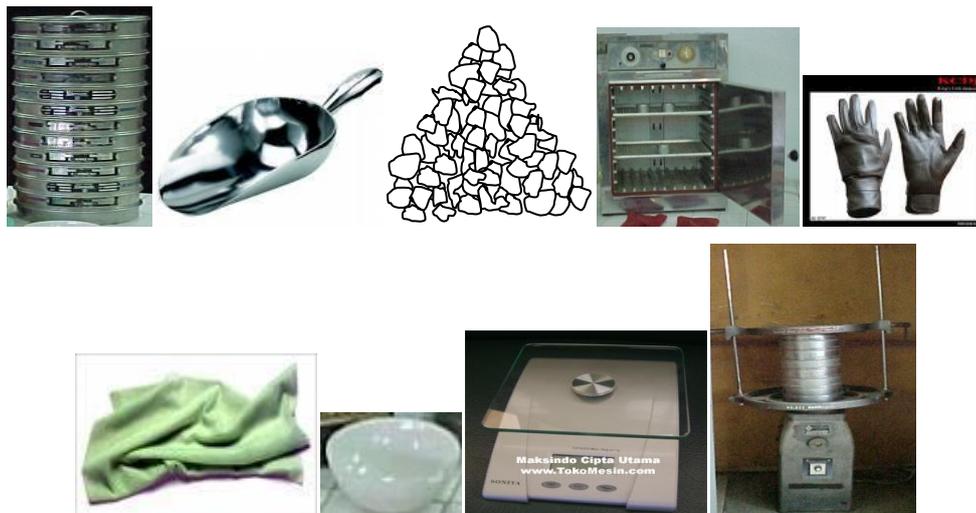
P3 = persentase pasir/kerikil (3) (yang lolos)

Tabel 41. Perhitungan Hasil Penggabungan Pasir 1 dan Pasir 2

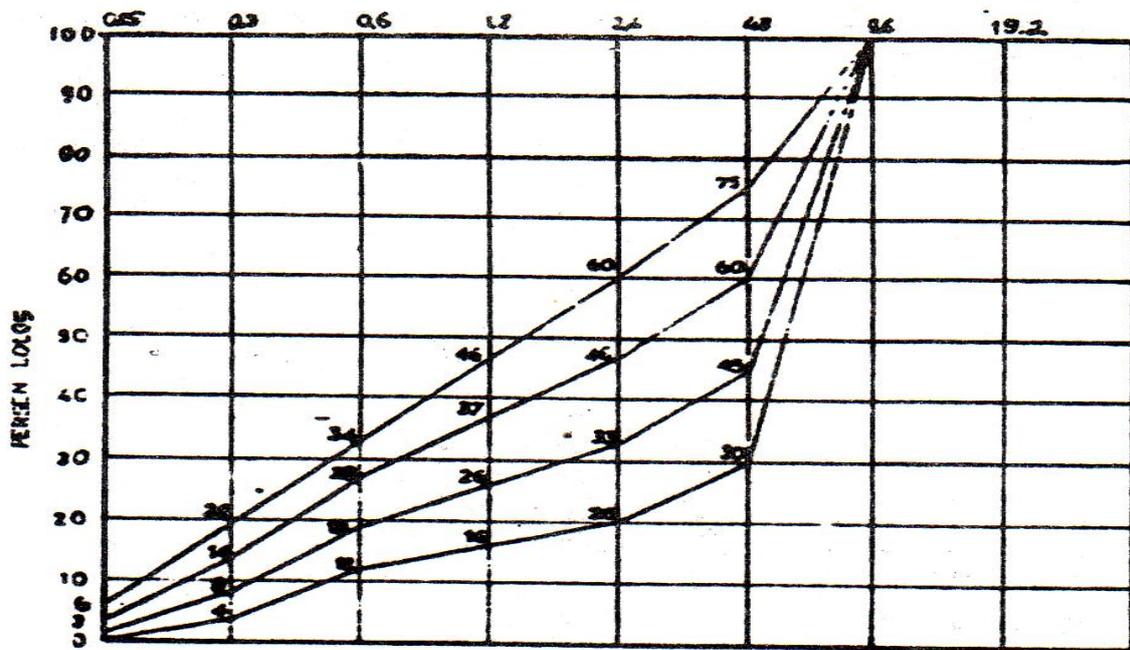
Ø Ayakan (mm)	%P1 lolos	68 %	% P2 lolos	32 %	Hasil Gabungan	Grad. yg diharapkan
9,6	100	68	100	32	100	100
4,8	100	68	85	27	95	90-100
2,4	100	68	65	21	89	75-100
1,2	82	56	44	14	70	55-90
0,6	62	42	24	8	50	35-59
0,3	40	27	4	1	28	8-30
0,15	15	10	0	0	10	0-10

$$70 = \frac{A}{100} 82 + \frac{(100-A)}{100} 44 \rightarrow 70 = (82 A) / 100 + (4400 - 44 A) / 100$$

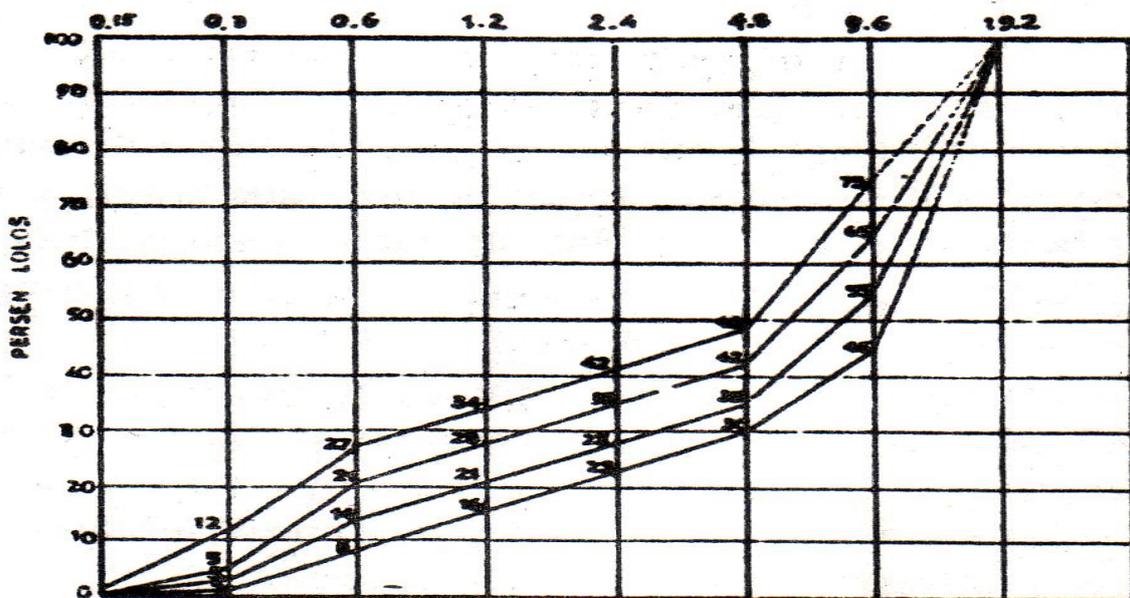
$$7000 = 82 A + 4400 - 44 A \rightarrow A = 68 \%$$



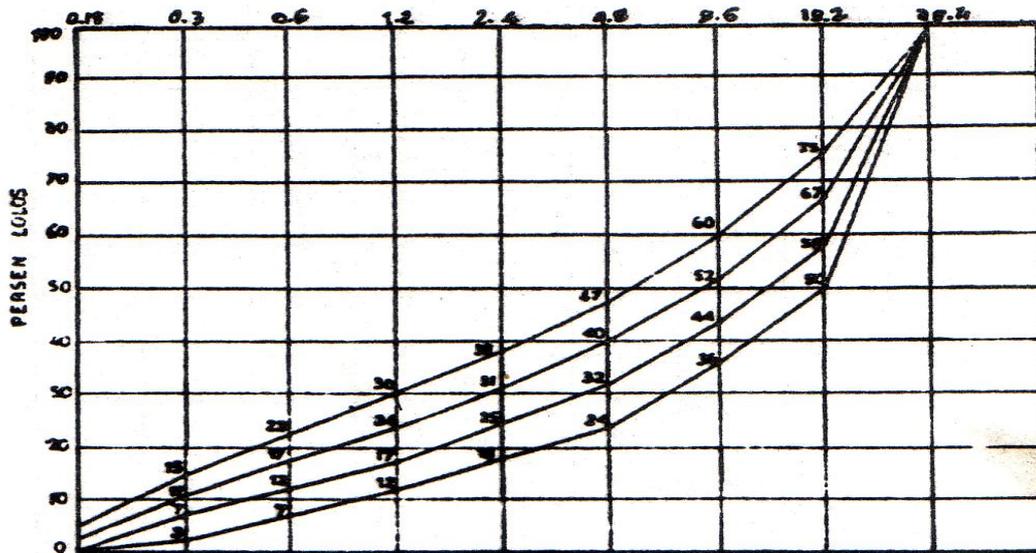
Gambar 32. Alat/Peralatan Pemeriksaan Gradassi Agregat Kasar



Gambar 3312. Grafik Gradasi Agregat Kasar Maksimum 9,6 mm (10 mm)



Gambar 3413. Grafik Gradasi Agregat Kasar Maksimum 19,20 mm (20 mm)



Gambar 145. Grafik Gradasi Agregat Kasar Maksimum 38,20 mm (40 mm)

Tabel 52. Gradasi Agregat Gabungan dengan Persentase Lolos Kumulatif yang Diharapkan

ØAyakan mm	Agregat Maks. 38,4/40 mm	Agregat Maks. 19,2/20 mm	Agregat Maks. 9,6/10 mm
38,4/40	100	-	-
19,2/20	75 - 50	100	-
9,6/10	60 - 36	72 - 45	100
4,80	47 - 24	50 - 30	75 - 30
2,40	38 - 18	42 - 25	60 - 20
1,20	30 - 12	34 - 16	46 - 25
0,60	23 - 7	27 - 8	34 - 12
0,30	18 - 2	12 - 2	20 - 4
0,15	4 - 0	2 - 0	4 - 0

5) Tugas 5. Pemeriksaan Berat Jenis SSD dan Penyerapan Agregat Kasar

Maksud pPemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat jenis agregat kasar dalam keadaan kering permukaan (saturated surfaced dry condition/SSD) dan besarnya penyerapan agregat kasar.

Kumpulan dari agregat merupakan suatu partikel yang berpori-pori, bukan partikel padat. Air diserap oleh partikel ke dalam pori-pori, penyerapan ini dapat hanya permukaan atau masuk ke dalam partikel

agregat itu. Kondisi agregat terhadap kandungan air yang dimilikinya dapat dibagi menjadi empat keadaan :

- (1) Kering oven (berat tetap) atau tidak mengandung air sama sekali. Dalam kondisi yang demikian kadar air adalah nol persen
- (2) Kering udara, mengandung air sesuai dengan kondisi kelembaban udara (tidak menghisap air dari udara dan tidak mengeluarkan air ke udara)
- (3) Kondisi keadaan kering permukaan (Saturated Surface Dry Condition/SSD) artinya seluruh pori-pori terisi air (jenuh) tetapi tidak ada lapisan air pada permukaan agregat
- (4) Basah berarti pori-pori jenuh dan terdapat lapisan air pada permukaan

a) Alat/Peralatan

- (1) Ember plastik
- (2) Kain Lap
- (3) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- (4) Skop kecil
- (5) Oven
- (6) Gelas ukur

b) Prosedur Pemeriksaan Berat jenis SSD dan Penyerapan Agregat Kasar

Berat Jenis SSD Agregat Kasar

- (1) Siapkan alat/peralatan untuk pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar
- (2) Siapkan lokasi/tempat pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar berdasarkan K3
- (3) Ambil sampel (agregat kasar) dan masukkan ke dalam ember sebanyak kurang lebih 2000 gram, lalu rendam dalam air bersih selama 24 jam.
- (4) Agregat kasar yang telah direndam (sudah jenuh) ambil sebagian, lalu permukaannya dikeringkan dengan menggunakan lap/handuk sehingga kondisi kering permukaan (SSD)
- (5) Kemudian timbang dengan ketelitian 0,01 gram misalnya (A gram)

- (6) Masukkan ke dalam gelas ukur yang berkapasitas 1000 ml dan tambahkan air bersih hingga volume gelas ukur mencapai 1000 ml
- (7) Timbang gelas ukur yang berisi agregat kasar dan air dengan ketelitian 0,01 gram misalnya (B gram)
- (8) Keluarkan isi gelas ukur (agregat kasar + air), dan bersihkan
- (9) Kemudian isi air bersih sebanyak 1000 ml dan timbang misalnya (C gram)
- (10) Perhitungan

Hitung berat jenis SSD agregat kasar dengan rumus:

$$BJ_{SSD} = \frac{A}{(A + C) - B} \text{ gr/cm}^3$$

Dimana:

BJ ssd – berat jenis agregat kasar kondisi kering permukaan (SSD) gr/cm^3

A – berat agregat kasar kondisi kering permukaan (SSD) dalam gram

B - berat gelas ukur + agregat kasar + air (gram)

C – berat gelas ukur dan air (gram)

Penyerapan Agregat Kasar

- (1) Untuk pemeriksaan penyerapan agregat kasar, ambil sampel (agregat kasar) yang sudah direndam (sisa sampel pada pemeriksaan berat jenis SSD di atas) keringkan dengan menggunakan lap/handuk hingga kondisi kering permukaan
- (2) Timbang dengan ketelitian 0,01 gram misalnya (D gram)
- (3) Selanjutnya Keringkan dengan oven pada suhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai mencapai berat tetap (kering oven)
- (4) Berat tetap tercapai bila penimbangan terakhir dengan penimbangan sebelumnya tidak ada perbedaan, interval penimbangan boleh setiap 15 menit sesuaikan dengan kondisi.
- (5) Timbang agregat yang telah dikeringkan dengan ketelitian 0,01 gram, misalnya (E gram)
- (6) Perhitungan

Hitung penyerapan agregat kasar dengan rumus :

$$P = \frac{D - E}{E} \times 100$$

Dimana:

P – penyerapan agregat kasar (%)

D – berat agregat kasar kondisi SSD atau sebelum dikeringkan (gram)

E – berat agregat kasar yang telah dikeringkan sampai berat tetap (gram)

Contoh Perhitungan:

Berat Jenis SSD agregat kasar

Berdasarkan hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar dengan kondisi kering permukaan diperoleh data sebagai berikut; berat agregat kasar kondisi SSD adalah 457,8 gram, berat gelas ukur + agregat kasar + air pada volume 1000 ml adalah 1387,5 gram dan berat gelas ukur dengan air 1000 ml adalah 1103,7 gram. Hitunglah berat jenis agregat kasar.

Penyelesaian:

$$BJ_{SSD} = \frac{A}{(A + C) - B} = \frac{457,8}{(457,8 + 1103,7) - 1387,5} = 2,63 \text{ gr / cm}^3$$

Jadi berat jenis agregat kasar kondisi SSD adalah 2,36 gr/cm³.

Penyerapan agregat kasar

Dari hasil pemeriksaan penyerapan agregat kasar diperoleh data sebagai berikut; berat agregat kasar kondisi SSD (sebelum dikeringkan) adalah 452,9 gram dan berat agregat kasar setelah dikeringkan sampai berat tetap adalah 448,7 gram, hitunglah penyerapan agregat kasar,

Penyelesaian:

$$P = \frac{D - E}{E} \times 100 = \frac{452,9 - 448,7}{448,7} \times 100 = 0,94 \%$$

Jadi penyerapan agregat kasar tersebut adalah 0,94 %



Gambar 156. Alat/Peralatan Pemeriksaan BJ SSD & Penyerapan Agregat Kasar

6) Tugas 6. Pemeriksaan Berat/Bobot Isi Agregat Kasar

Maksud pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan berat isi agregat kasar (berat isi gembur dan berat isi padat), sehingga perbandingan campuran dalam volume dapat dilakukan di lapangan.

Untuk memperhitungkan banyaknya bahan yang dibutuhkan dalam volume dapat dilakukan bila berat isi padat dan berat isi gembur telah ditentukan sebelumnya.

Untuk informasi umum dan perbandingan antara agregat-agregat yang berbeda, kondisi standardnya adalah kering dan padat, sedangkan untuk menentukan jumlah bahan berdasarkan volume harus diketahui berat isi dalam keadaan gembur dan padat. Berat isi pada segala kondisi dapat ditentukan dengan menimbangkan berat agregat yang diperlukan untuk mengisi suatu wadah yang sudah diketahui volumenya.

a) Alat/Peralatan

- (1) Silinder/literan dengan kapasitas 5 liter
- (2) Kain Lap
- (3) Skop Kecil
- (4) Timbangan dengan ketelitian minimal 5 gram
- (5) Alat/Meja Pematat (Compacting Table)

b) Prosedur Pemeriksaan Berat/Bobot isi Agregat Kasar

Berat/Bobot isi gembur Agregat Kasar

- (1) Siapkan alat/peralatan untuk pemeriksaan bobot isi agregat kasar

- (2) Siapkan lokasi/tempat pemeriksaan bobot isi agregat kasar sesuai dengan K3
- (3) Ambil sampel (agregat kasar) dalam kondisi alami kira-kira 7000ml
- (4) Sampel dimasukkan dalam silinder/literan dengan volume 5000 cm³, pengisian sampai penuh, kemudian diratakan dengan pisau/batang perata. Pada saat pengisian tidak boleh dipadatkan/digetarkan, tapi diisi secara gembur.
- (5) Literan/silinder yang telah diisi dengan agregat kasar ditimbang dengan ketelitian 1 gram misalnya (A gram)
- (6) Silinder/literan dikosongkan, kemudian diisi air sampai penuh dan ditimbang beratnya misalnya (B gram)
- (7) Silinder/literan kosong dilap sampai kering kemudian ditimbang beratnya misalnya C gram
- (8) Pemeriksaan ini dilakukan sebanyak tiga kali kemudian hasilnya dirata-ratakan, yang merupakan hasil akhir.

Berat/Bobot Isi Padat Agregat Kasar

- (1) Ambil literan/silinder dengan kapasitas 5000 cm³, isi dengan agregat kasar
- (2) Kemudian padatkan agregat kasar yang sudah dimasukkan ke dalam literan/silinder di atas meja pemadat selama 1 menit. Selama pemadatan isikan agregat kasar ke dalam literan/silinder agar selalu terisi penuh
- (3) Ratakan permukaan agregat kasar yang sudah dipadatkan dengan menggunakan spatula/pisau dan timbang dengan ketelitian 1 gram (A gram)
- (4) Kosongkan literan/silinder kemudian isi dengan air sampai penuh dan timbang (B gram)
- (5) Literan/silinder kosong ditimbang dengan ketelitian 1 gram (C gram)
- (6) Percobaan ini lakukan minimal tiga kali, dari hasil pemeriksaan sebanyak tiga kali dirata-ratakan hasilnya sebagai hasil akhir.

c) Perhitungan Bobot/Berat Isi

- (1) Bobot isi gembur agregat kasar dihitung dengan rumus :

$$BI = \frac{(A - C)}{(B - C)} \text{ gram/cm}^3$$

(2) Bobot isi padat agregat kasar dihitung dengan rumus :

$$BI = \frac{(A - C)}{(B - C)} \text{ gram/cm}^3$$

Dimana :

A – berat literan/silinder kapasitas 5000 cm³

B - berat literan/silinder + berat agregat kasar

(A – C) adalah berat agregat kasar gembur/padat (gram)

(B – C) adalah volume liter (ml/cc)

Contoh Perhitungan:

(1) Bobot isi gembur agregat kasar

Berdasarkan hasil percobaan bobot isi gembur agregat kasar diperoleh data sebagai berikut; berat literan/silinder kosong adalah 758 gram, berat literan/silinder + agregat kasar kondisi gembur adalah 7362 gram, dan berat literan/silinder + air adalah 5558 gram. Hitung bobot isi gembur agregat kasar.

Penyelesaian:

$$BB = \frac{A - C}{B - C} = \frac{7362 - 758}{5558 - 758} = \frac{6604}{4800} = 1,38 \text{ t/m}^3$$

Jadi bobot isi gembur agregat kasar adalah 1,38 t/m³

(2) Bobot isi padat agregat kasar

Berdasarkan hasil percobaan bobot isi padat agregat kasar diperoleh data sebagai berikut; berat literan/silinder kosong adalah 758 gram, berat literan/silinder + agregat kasar setelah dipadatkan adalah 8332 gram, dan berat literan/silinder + air adalah 5558 gram. Hitung bobot isi gembur agregat kasar.

Penyelesaian:

$$BB = \frac{A - C}{B - C} = \frac{8332 - 758}{5558 - 758} = \frac{7574}{4800} = 1,58 \text{ t/m}^3$$

Jadi bobot isi padat agregat kasar adalah 1,58 t/m³



Gambar 167. Alat/Peralatan Pemeriksaan Berat/Bobot Isi Agregat Kasar

7) Tugas 7. Pemeriksaan bentuk Agregat Kasar

Maksud pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan bentuk dari butir-butir agregat kasar, apakah memanjang, pipih atau baik. Dengan menggunakan butir-butir agregat yang sangat tajam, sangat kasar, pipih dan memanjang akan dibutuhkan lebih banyak semen untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan, dibandingkan dengan jika menggunakan butir-butir yang berbentuk kubus atau bulat-bulat.

Pada umumnya beton yang dibuat dengan menggunakan batu pecah dengan permukaan kasar, berbentuk kubus akan menghasilkan beton yang lebih kuat dibandingkan dengan beton yang dibuat dengan menggunakan kerikil yang permukaannya kasar, berbentuk kubus akan menghasilkan beton yang lebih kuat dibandingkan dengan beton yang dibuat dengan menggunakan kerikil yang permukaannya licin. Hal ini disebabkan permukaan yang kasar dapat memberikan ikatan-ikatan yang kuat.

Bentuk agregat kasar yang tersedia dapat diketahui dengan mengukur panjang, lebar dan tinggi butir bila :

- $L \geq 3B$ → butir berbentuk panjang
- $B \geq 3H$ → butir berbentuk pipih
- $L < 3B$ dan $B < 3H$ → butir berbentuk baik

Dimana

L = Panjang butir

B = Lebar butir

H = Tebal butir

Bentuk pipih dan panjang boleh dipergunakan sebagai agregat kasar bila persentasenya tidak lebih dari 20%.

a) Alat/Peralatan

- (1) Cawan (Wadah)
- (2) Timbangan elektronik ketelitian 0,01 gram
- (3) Penggaris atau Jangka Sorong
- (4) Kain Lap
- (5) Sarung tangan
- (6) Cawan atau Wadah

b) Prosedur Pemeriksaan Bentuk Agregat Kasar

- (1) Siapkan alat/peralatan untuk pemeriksaan bentuk agregat kasar sesuai dengan SOP
- (2) Siapkan tempat/lokasi untuk pemeriksaan bentuk agregat kasar agar terhindar hadi hal-hal yang tidak diinginkan
- (3) Ambil sample/contoh uji (agregat kasar) dalam keadaan kering udara sebanyak ± 500 gram
- (4) Timbang beratnya dengan ketelitian 0,1 gram misalnya A gram
- (5) Ukur panjang, lebar dan tebal dari tiap-tiap butir dengan menggunakan jangka sorong atau penggaris
- (6) Butir yang berbentuk pipih ditimbang misalnya B gram
- (7) Butir yang berbentuk memanjang ditimbang misalnya C gram
- (8) Perhitungan

Perhitungan persentase butir pipih dan memanjang dihitung dengan rumus :

$$Pp = \frac{(B+C)}{A} \times 100\%$$

Dimana:

Pp – Persentase agregat panjang dan pipih (%)

B – berat agregat kasar yang berbentuk pipih (gram)

C – berat agregat kasar yang panjang (gram)

A - berat agregat kasar seluruhnya (berat sampel) Gram

Contoh Perhitungan:

Berdasarkan pemeriksaan bentuk agregat kasar diperoleh data sebagai berikut; berat sampel uji (agregat kasar yang diperiksa) adalah 514,6 gram, berat agregat kasar yang pipih adalah 45,8 gram dan berat agregat kasar yang panjang adalah 37,5 gram, hitunglah persentase agregat yang pipih dan yang panjang.

Penyelesaian:

$$Pp = \frac{(B+C)}{A} \times 100 = \frac{(45,8+37,5)}{514,6} \times 100 = 16,19 \%$$

Jadi persentase agregat kasar yang pipih dan panjang adalah 16,19 % , berarti agregat tersebut memenuhi persyaratan dari faktor bentuk untuk dipergunakan sebagai bahan pengisi untuk beton karena yang pipih dan yang panjang lebih kecil dari 20 %.

Tabel 33. Pemeriksaan Bentuk Agregat Kasar

NO.	L	B	H	KET
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				
11.				
12.				
13.				

NO.	L	B	H	KET
14.				
15.				
16.				
17.				
18.				
19.				
20.				
21.				
22.				
23.				
24.				
25.				
dst				



Gambar 178. Alat/Peralatan Pemeriksaan Bentuk Agregat Kasar

8) Tugas 8. Pemeriksaan Kekerasan Agregat Kasar dengan Goresan Tembaga

Maksud pemeriksaan kekerasan agregat kasar bertujuan untuk mengidentifikasi agregat kasar yang lunak, terutama yang sangat lemah ikatannya sehingga mudah pecah menjadi serpih-serpih.

Pemeriksaan ini tidak ditujukan untuk mengidentifikasi material lain yang merugikan dalam agregat. Juga tidak dimasukkan untuk menyatakan bahwa tipe-tipe agregat tertentu seperti batu kapur, yang mengandung mineral relatif lunak tetapi kuat ikatannya, tidak cukup memadai untuk pembuatan beton walaupun mungkin batu tersebut tergores pada waktu diperiksa dengan tembaga.

Pemeriksaan ini bertujuan untuk memperkirakan kekerasan agregat kasar apakah memenuhi syarat untuk pembuatan beton. Agregat yang lemah tidak boleh lebih besar dari 5 % artinya tidak dapat dipergunakan untuk pembuatan beton.

a) Alat/Peralatan

- (1) Batang tembaga, diameter ujung 1,5 mm; Rockwell Hardness 65-70
- (2) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- (3) Wadah/cawan
- (4) Sarung tangan dan skop kecil

b) Prosedur Pemeriksaan Kekerasan Agregat Kasar

- (1) Siapkan alat/peralatan untuk pemeriksaan kekerasan agregat kasar

- (2) Siapkan tempat/lokasi untuk pemeriksaan kekerasan agregat kasar sesuai dengan prinsip K3
- (3) Ambil sample/contoh uji dalam keadaan kering udara kurang lebih 5000 gram
- (4) Bagilah masing-masing fraksi sehingga diperoleh masing-masing lebih kurang 500 gram.
- (5) Timbanglah contoh uji dengan ketelitian 0,01 gram misalnya A gram
- (6) Ambil batang tembaga, diameter ujung 1,5 mm; Rockwell Hardness 65-70 dan goreslah masing-masing butiran.
- (7) Bila agregat kasar yang digores lunak berarti terjadi alur pada agregat, tetapi bila agregat termasuk keras, berarti tembaga yang menempel pada agregat
- (8) Pisahkanlah agregat yang lunak dan yang keras
- (9) Kemudian timbanglah bagian yang lunak misalnya B gram
- (10) Perhitungan

Persentasi bagian yang lunak dihitung dengan rumus :

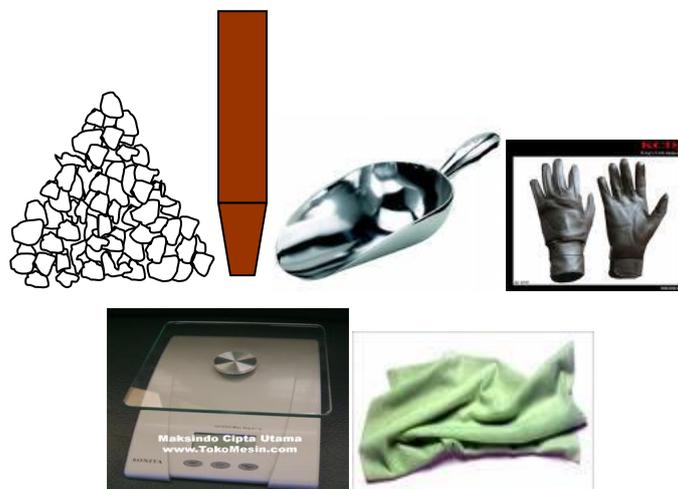
$$\text{Persen Lunak} : B / A \times 100$$

Dimana

B – berat agregat kasar yang lunak (gram)

A – berat seluruh contoh uji agregat kasar (gram)

Bila lebih besar dari 5%, lakukan pemeriksaan kekerasan yang lain dengan beja Rudolf.



Gambar 189. Alat/Peralatan Pemeriksaan Kekerasan Agregat Kasar

c. Rangkuman

- 1) Pemeriksaan kadar air agregat kasar mutlak harus dilakukan dalam perancangan campuran beton, karena faktor air semen sangat mempengaruhi kekuatan tekan beton. Dengan mengetahui jumlah air yang dikandung oleh agregat kasar, maka nilai fas dapat disesuaikan guna menghindari kekuarangan atau kelebihan air pada campuran.
- 2) Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,075 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 1%, maka agregat kasar harus dicuci sebelum digunakan.
- 3) Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan standar harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
 - Sisa di atas ayakan 40/38,4 mm harus 0 % terhadap berat dan tertahan pada ayakan 4,8 mm
 - Sisa di atas ayakan 20/19,2 mm harus 0 % terhadap berat dan tertahan pada ayakan 4,8 mm
 - Sisa di atas ayakan 10/9,6 mm harus 0 % terhadap berat dan tertahan pada ayakan 4,8 mm
- 4) Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori yang berlebihan. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih dan panjang hanya dapat dipakai, apabila jumlah butir-butir tersebut tidak melampaui 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- 5) Kekerasan agregat kasar harus diuji dengan menggunakan goresan tembaga dengan diameter ujung 1,5 mm. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras artinya hasil pengujian menunjukkan bahwa yang lemah/tergores oleh tembaga tidak boleh lebih 5% dari berat seluruhnya.
- 6) Agregat kasar harus mempunyai butir-butir yang beraneka ragam, mulai dari yang berbutir kecil sampai yang berbutir besar sesuai dengan ukuran yang diperkenankan. Komposisi butiran antara yang besar dan kecil harus memenuhi gradasi yang telah ditetapkan sehingga tidak menimbulkan rongga-rongga dalam beton. Untuk menjamin gradasi agregat kasar yang diharapkan sesuai dengan SNI, maka pemeriksaan gradasi harus

dilakukan dengan menggunakan ayakan standar dengan susunan sebagai berikut ; 38,4 mm; 19,2 mm; 9,6 mm; 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,600 mm; 0,300 mm; 0,150 mm; 0,075 mm; dan pan + cover.

d. Tugas

Pilihan Ganda

Bacalah soal-soal di bawah ini dengan cermat dan teliti, kemudian jawablah pertanyaan tersebut pada lembar jawaban yang telah disediakan dengan cara melingkari salah satu jawaban yang anda anggap paling tepat.

- 1) Agregat kasar merupakan bahan pengisi dalam pembuatan beton, ukuran maksimum agregat kasar sesuai dengan SNI adalah;
 - a. Lolos dari ayakan 76 mm tertinggal pada ayakan 4,8 mm
 - b. Lolos dari ayakan 56 mm tertinggal pada ayakan 4,8 mm
 - c. Lolos dari ayakan 40/38,4 mm tertinggal pada ayakan 4,8 mm
 - d. Lolos dari ayakan 35/30 mm tertinggal pada ayakan 4,8 mm
- 2) Bentuk agregat mempengaruhi kuat tekan beton, agregat berbentuk panjang dan pipih tidak boleh melebihi syarat yang ditentukan yaitu maksimum;
 - a. 5 %
 - b. 15 %
 - c. 20 %
 - d. 25 %
- 3) Lumpur sangat mempengaruhi daya lekat antara pasta dengan agregat sehingga kadar lumpur yang terkandung pada agregat kasar maksimum:
 - a. 1 %
 - b. 3 %
 - c. 5 %
 - d. 7 %
- 4) Kekerasan agregat kasar diperiksa dengan mempergunakan tembaga yang berdiameter 1,5 mm, digoreskan pada agregat, bila agregat baik goresan tembaga akan menempel pada agregat dan sebaliknya, jumlah agregat kasar yang tidak memenuhi kekerasan maksimum sebanyak;
 - a. 5 %
 - b. 2,7 %

- c. 2,5 %
 - d. 2,0 %
- 5) Bentuk agregat kasar dikelompokkan dalam tiga bentuk yaitu pipih, panjang, dan bundar, untuk agregat kasar yang berbentuk pipih dan panjang adalah:
- a. $p > 3 b$ dan $b > 3 t$
 - b. $p > 3 t$ dan $b > 3 t$
 - c. $b > 3 p$ dan $p > 3 t$
 - d. $b > 3 t$ dan $p > 3 b$
- dimana; b- lebar ; t- tebal/tinggi ; dan p- panjang

Soal

Petunjuk:

Bacalah soal-soal di bawah ini dengan cermat dan teliti, kemudian jawablah pertanyaan tersebut pada lembar jawaban yang telah disediakan secara singkat dan jelas.

- 1) Dari hasil pemeriksaan agregat kasar di laboratorium diperoleh hasil sebagai berikut (tabel di bawah). Hitunglah kadar lumpur agregat tersebut.

Tabel 34. Pemeriksaan Kadar Lumpur Agregat Kasar

	I	II	III	IV
Berat Wadah (gr)	41	35,2	35,8	37
Berat Sampel Awal + Cont. (gr)	541	535,2	535,8	537
Berat Sampel Awal (A gr)	500	500	500	500
Berat Sampel Akhir + Cont. (gr)	538,3	534,4	534,9	532,4
Berat Akhir Sampel Akhir (B gr)	497,3	495,2	494,1	495,4
Kadar Lumpur = $(A-B)/B \times 100\%$				
Kadar Lumpur rata-rata				

- 2) Berdasarkan hasil pemeriksaan gradasi agregat kasar diperoleh data seperti tabel di bawah. Hitunglah persentase lolos kumulatif dan tertinggal kumulatif.

Tabel 35. Hasil Pengayakan Gradasi Agregat Kasar

Ø Ayakan (mm)	Berat Tertinggal (gram)	% Tertinggal	% Komulatif Tertinggal	% Komulatif Lolos
76	2,0			
38	12,5			
19	112,5			
9,6	157,5			
4,8	231,6			
2,4	72,4			
Pan	3,6			
Total				

- 3) Hitunglah berat jenis SSD agregat kasar berdasarkan hasil pemeriksaan seperti data di bawah ini.

Tabel 36. Pemeriksaan BJ SSD Agregat Kasar

Berat Sampel SSD = A gr	161	163,5	165	164
Berat Gelas + Air + Sampel = B gr	1220	1232,2	1231	1225
Berat Gelas + Air = C gr	1120	1124	11301	1117
Specific Gravity = $A/(A + C - B)$				
Specific Gravity rata-rata				

- 4) Berdasarkan hasil pemeriksaan penyerapan agregat kasar diperoleh data seperti tabel di bawah. Hitunglah penyerapan agregat kasar tersebut.

Tabel 37. Pemeriksaan Penyerapan Agregat Kasar

Berat Sampel SSD = A gr	164	163,57	161,8	163,5
Berat Container (gr)	35,8	36,3	38,2	36,5
Berat Sampel Kering + Cont. (gr)	193,8	196,4	193,9	195,4
Specific Gravity = $A/(A + C - B)$	158	160,1	155,7	158,9
Specific Gravity rata-rata				

- 5) Berdasarkan hasil pemeriksaan berat isi gregat kasar diperoleh data seperti tabel di bawah. Hitunglah berat isi gembur dan padat agregat tersebut.

Tabel 38. Pemeriksaan Berat Isi Gembur Agregat Kasar

Berat Silinder + Sampel	= A gram	16970	
Berat Silinder + Air	= B gram	13070	
Berat Silinder Kosong	= C gram	5650	
Berat Isi Lepas	= $(A-C)/(B-C)$ gr/cm ³		

Tabel 39. Pemeriksaan Berat Isi Padat Agregat Kasar

Berat Silinder + Sampel	= A gram	18080	
Berat Silinder + Air	= B gram	13070	
Berat Silinder Kosong	= C gram	5650	
Berat Isi Lepas	= $(A-C)/(B-C)$ gr/cm ³		

- 6) Berdasarkan hasil pemeriksaan bentuk gregat kasar diperoleh data seperti tabel di bawah. Hitunglah persentase agregat kasar yang pipih dan panjang

Tabel 40. Pemeriksaan Bentuk Agregat Kasar

NO.	L	B	H	KET
1.	27,0	19,5	12,5	Baik
2.	33,3	28,0	12,7	Baik
3.	51,3	29,5	23,2	Baik
4.	37,7	25,6	25,5	Naik
5.	41,7	25,1	17,2	Baik
6.	34,6	30,3	29,3	Baik
7.	42,2	28,1	27,3	Baik
8.	34,6	32,7	23,3	Baik
9.	43,1	35,8	30,5	Baik
10.	40,7	33,6	17,6	Baik
11.	37,5	20,9	7,2	Pipih
12.	42,2	37,7	24,5	Baik

NO.	L	B	H	KET
14.	36,5	15,6	11,6	Pipih
15.	37,6	21,1	7,1	Pipih
16.	34,1	31,9	7,0	Pipih
17.	34,7	18,2	12,5	Baik
18.	23,5	22,9	14,0	Baik
19.	37,2	35,4	20,0	Baik
20.	41,5	24,0	23,0	Baik
21.	37,1	23,8	12,2	Pipih
22.	42,7	39,2	15,5	Baik
23.	34,5	28,1	11,4	Pipih
24.	43,9	24,8	21,0	Baik
25.	27,3	17,7	11,5	Baik

NO.	L	B	H	KET
13.	34,4	20,2	13,8	Baik

NO.	L	B	H	KET

Tabel 61. Pemeriksaan bentuk Agregat Kasar

Berat Sampel mula-mula	= A gram	712,8 gram
Berat Sampel yang pipih	= B gram	100,0 gram
Berat Sampel yang memanjang	= C gram	0 gram

Kunci Jawaban

Pilihan Ganda

- 1) B
- 2) C
- 3) A
- 4) A
- 5) A

Soal.

- 1) : 0,910 %
- 2) : Memenuhi syarat/tidak memenuhi syarat
- 3) : 2,777 t/m³
- 4) : 3,2465 %
- 5) : Berat isi Gembur dan Padat
 - i. Berat gembur = 1,50 gr/cm³
 - Berat Isi Padat = 1,68 gr/cm³
- 6) Lebih kecil dari 29% (memenuhi syarat)

e. Tes Formatif

Benar Salah

Bacalah soal-soal di bawah ini dengan cermat dan teliti, kemudian jawablah pertanyaan tersebut pada lembar jawaban yang telah disediakan dengan cara melingkari huruf B bila pernyataan tersebut benar dan S bila salah.

- 1) Kadar lumpur yang dikandung agregat kasar sesuai dengan SNI maksimum 5 % guna menghindari pemborosan semen. semakin banyak

kadar lumpur yang dikandung agregat kasar akan semakin banyak semen yang dibutuhkan dalam pembuatan beton

- 2) Bentuk agregat kasar yang kurang baik adalah panjang dan pipih, karena agregat kasar yang panjang dan pipih dapat mengurangi kekuatan tekan beton. Berdasarkan persyaratan yang ditentukan dalam SNI jumlah agregat kasar yang pipih dan panjang maksimum 20 % dari berat seluruhnya.
- 3) Diketahui berat agregat kasar 567 gram setelah dikeringkan dengan oven pada suhu $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap sehingga beratnya menjadi 558,5 gram. Kemudian dicuci di atas ayakan 0,075 mm sampai bersih, dan dikeringkan kembali pada suhu yang sama sampai berat tetap yaitu 550 gram. Maka kadar lumpur agregat adalah 1,52 %
- 4) Agregat kasar yang disimpan dalam ruangan tertentu tidak mengeluarkan air dan tidak menyerap air dari atmosfer/udara, kondisi agregat kasar seperti ini disebut kondisi kering permukaan atau saturated surface dry condition (SSD)
- 5) Metode quarter dan metode rifle box dalam pemeriksaan agregat kasar merupakan metode pengambilan sampel/ccontoh uji untuk mendapatkan sampel yang representatif yang merupakan cerminan dari populasi.
- 6) Hasil pemeriksaan berat jenis agregat kasar dengan kondisi kering permukaan diperoleh data sebagai berikut; berat agregat kasar kondisi SSD adalah 457,8 gram, berat gelas ukur + agregat kasar + air pada volume 1000 ml adalah 1387,5 gram dan berat gelas ukur dengan air 1000 ml adalah 1103,7 gram. Maka berat jenis agregat kasar adalah $2,63 \text{ kg/dm}^3$
- 7) Pemeriksaan penyerapan agregat kasar diperoleh data sebagai berikut; berat agregat kasar kondisi SSD (sebelum dikeringkan) adalah 442,9 gram dan berat agregat kasar setelah dikeringkan sampai berat tetap adalah 438,7 gram, maka penyerapan agregat kasar adalah 2,94 %
- 8) Total agregat kasar yang diperiksa gradasinya adalah 675 gram (kondisi kering udara) kemudian diayak dengan mesin pengayak (sieveshaker) selama ± 10 menit. Kemudian agregat ditimbang dari setiap masing-masing akan dan dijumlahkan hasilnya menjadi 666 gram berarti tidak memenuhi syarat karena ada yang hilang sebesar 1,33 %.

- 9) Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar diperoleh data sebagai berikut: berat agregat kasar mula-mula (sebelum dicuci) adalah 512,5 gram, berat agregat kasar akhir (setelah dicuci dan dikeringkan) adalah 498,7 gram, maka kadar lumpur agregat kasar adalah 2,46 % → S
- 10) Berdasarkan hasil percobaan bobot isi gembur agregat kasar diperoleh data sebagai berikut; berat literan/silinder kosong adalah 758 gram, berat literan/silinder + agregat kasar kondisi gembur adalah 7362 gram, dan berat literan/silinder + air adalah 5558 gram, maka bobot isi gembur agregat kasar adalah 1,38 kg/dm³

Soal

Bacalah soal-soal di bawah ini dengan cermat dan teliti, kemudian jawablah pertanyaan tersebut pada lembar jawaban yang telah disediakan dengan jelas dan singkat

- 1) Sebutkan alat/peralatan untuk pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar pada kondisi kering permukaan (SSD) sesuai dengan SNI
- 2) Apa yang dimaksud dengan kondisi kering permukaan (SSD) dan kondisi kering udara dalam pemeriksaan mutu agregat kasar sesuai dengan SNI
- 3) Jelaskan ukuran agregat kasar yang dapat dipergunakan untuk pembuatan beton normal dengan berat jenis 2,200 kg/dm³ s.d 2,500 kg/dm³ sesuai dengan SNI
- 4) Jelaskan hubungan penyerapan agregat kasar dengan berat jenis agregat kasar kondisi kering permukaan dalam pemeriksaan mutu agregat
- 5) Hitunglah persentase tertinggal kumulatif dari hasil pengayakan seperti pada tabel di bawah

Tabel 42. Data Hasil Pengayakan Agregat

Ø Ayakan Standar (mm)	Berat Ayakan + Agr. Kasar (gram)	Berat Ayakan (grm)	Berat Tertinggal Ag. Kasar(gr)	% Tertinggal	% Tertinggal Kum. Ag. Kasar
40/38,9	481	479			
20/19,6	643	588			
10/9,6	717	568			

Ø Ayakan Standar (mm)	Berat Ayakan + Agr. Kasar (gram)	Berat Ayakan (grm)	Berat Tertinggal Ag. Kasar(gr)	% Tertinggal	% Tertinggal Kum. Ag. Kasar
4,80	602	492			
Pan	575	448			

6) Perhatikan tabel di bawah (merupakan hasil gradasi agregat kasar dan halus), anda diminta untuk mencampur agregat tersebut sehingga masuk ke dalam grading 38 mm dengan cara grafis.

Tabel 43. Gradasi Agregat Halus dan Kasar Serta Persen Yang Diharapkan

Ø Ayakan Standar (mm)	Persen Lolos Pasir	Persen Lolos Kerikil	% Yang diharapkan
38	100	100	100
19	100	56	50 - 75
9,60	100	35	36 - 60
4,80	95	4	24 - 47
2,40	80	0	18 - 38
1,20	65	0	12 - 30
0,60	48	0	7 - 23
0,30	20	0	3 - 15
0,15	5	0	0 - 5

f. Kunci Jawaban Tes Formatif Benar Salah

- 1) S
- 2) B
- 3) B
- 4) S
- 5) B

- 6) B
- 7) S
- 8) B
- 9) S
- 10) B

Soal

- 1) Alat/peralatan untuk pemeriksaan BJ SSD dan penyerapan agregat kasar adalah:
 - a) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
 - b) Gelas ukur kapasitas 1000 ml
 - c) Oven
 - d) Bak spesi atau wadah
 - e) Ember
 - f) Deksikator
- 2) Kondisi kering permukaan dan kondisi kering udara adalah
 - Kering permukaan adalah kondisi jenuh (semua pori-pori telah terisi dengan air) tapi permukaan agregat tersebut kering, bila disimpan ditempat terbuka maka akan terjadi penguapan
 - Kering udara adalah kondisi dimana agregat sudah sesuai dengan kondisi lingkungannya, sehingga bila disimpan di tempat terbuka tidak akan terjadi penguapan dan penyerapan air dari atmosfer
- 3) Ukuran agregat kasar sesuai dengan SNI adalah
 - Lolos ayakan 40/38,4 mm dan tertahan pada ayakan 4,8 mm
 - Lolos ayakan 20/19,2 mm dan tertahan pada ayakan 4,8 mm
 - Lolos ayakan 10/9,6 mm dan tertahan pada ayakan 4,8 mm
- 4) Hubungan Bj dengan Penyerapan agregat kasar adalah berat jenis diperiksa dengan kondisi semua pori-pori telah terisi oleh air dan penyerapan berarti semua pori-pori juga telah diisi oleh air, karena pada saat perancangan campuran beton kondisi agregat dianggap dalam kondisi kering permukaan.
- 5) Perhitungan persentase tertinggal kumulatif
- 6) Perhitungan gabungan agregat kasar dan halus cara grafis (30:70)

Tabel 447. Gradasi Agregat Halus dan Kasar Serta Persen Yang Diharapkan

Ø Ayakan Standar (mm)	Persen Lolos Pasir	Pasir 30%	Persen Lolos Kerikil	Kerikil 70 %	Gabungan	% Yang diharapkan
38	100	30	100	70	100	100
19	100	30	56	39,2	69,2	50 - 75
9,60	100	30	35	24,5	54,5	36 - 60
4,80	95	28,5	4	2,8	31,3	24 - 47
2,40	80	24	0	0	24	18 - 38
1,20	65	19,5	0	0	19,5	12 - 30
0,60	48	14,4	0	0	14,4	7 - 23
0,30	20	6	0	0	6	3 - 15
0,15	5	1,5	0	0	1,5	0 - 5

Tabel 45. Perhitungan Persen Tertinggal Kumulatif

Ø Ayakan Standar (mm)	Berat Ayakan + Agr. Kasar (gram)	Berat Ayakan (gram)	Berat Tertinggal Ag. Kasar (gr)	% Tertinggal	% Tertinggal Kum. Ag. Kasar
40/38,9	481	479	2	0,45	0,45
20/19,6	643	588	55	12,42	12,87
10/9,6	717	568	149	33,63	46,5
4,80	602	492	110	24,83	71,33
Pan	575	448	127	28,67	100
			443	100	

3. Kegiatan Belajar 4. Pemeriksaan Air untuk Campuran Beton

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi pemeriksaan air untuk beton (unit ini) siswa diharapkan dapat:

- 1) Menjelaskan prosedur pemeriksaan air untuk beton sesuai dengan SNI
- 2) Menjelaskan bahan dan alat/peralatan untuk pemeriksaan air untuk beton sesuai dengan SNI
- 3) Mengoperasikan alat/peralatan untuk pemeriksaan air untuk beton sesuai dengan SOP
- 4) Memeriksa dan menentukan mutu air untuk digunakan dalam beton sesuai dengan SNI
- 5) Membuat laporan hasil pemeriksaan mutu air untuk beton sesuai dengan SNI

b. Uraian Materi

Air pada beton mempunyai fungsi sebagai pengencer, Agar cairan beton dapat padat dan mengisi ruang-ruang sehingga membentuk cetakan. Ciri-ciri air yang baik untuk campuran beton adalah tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa.

Perhatikan gambar di bawah ini, terdiri dari air limbah sanitasi, air laut, dan air kotor. Dari ketiga macam air tersebut, apakah boleh dipergunakan untuk campuran beton?, berdasarkan paragraf di atas. Apabila anda mempergunakannya bagaimana dampaknya terhadap beton?. Anda dapat mendiskusikannya dengan teman-teman anda, dan mencari literatur yang berhubungan dengan topik ini.



Gambar 40. Macam-Macam Air Kotor

1) Tugas 1. Pemeriksaan Kadar Bahan Padat Total dan Bahan Anorganik Dalam Air Untuk Campuran beton

Pemeriksaan kadar bahan padat total dan bahan anorganik dalam air untuk campuran beton bertujuan untuk menentukan kadar bahan padat dalam persen, dan bahan anorganik dalam air untuk campuran beton,

Bahan padat adalah residu hasil penguapan air terdiri atas bahan organik dan anorganik untuk campuran beton; Bahan organik adalah bahan yang mengandung unsur karbon (C) dan Hidrogen (H); Bahan anorganik adalah bahan yang mengandung unsur logam dan bukan logam; dan campuran beton semen portland adalah suatu campuran yang terdiri dari bahan-bahan semen portland, agregat halus, agregat kasar, dan air yang mempunyai sifat plastis pada waktu dibuat kemudian mengering dan keras.

Air untuk pembuatan dan perawatan beton secara umum tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, bahan-bahan organis atau bahan lainnya yang dapat merusak mutu beton dan atau baja tulangan, dalam hal ini sebaiknya digunakan air bersih yang dapat diminum.

b) Alat/Peralatan/Bahan

- (1) Cawan penguap yang terbuat dari platina kapasitas 100 ml dan jika platina tidak ada anda dapat menggunakan porselen
- (2) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanaskan sampai $(240 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- (3) Gelas ukur kapasitas 500 ml
- (4) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- (5) Segitiga porselen
- (6) Deksikator
- (7) Tripot/kaki tiga
- (8) Pembakar bunsen
- (9) Penangas air
- (10) Beaker gelas kapasitas 800 ml
- (11) Contoh air untuk diuji

c) Prosedur Pemeriksaan Kadar Bahan Padat Dan Bahan Anorganik Dalam Air Untuk Campuran Beton

- (1) Siapkan alat/peralatan untuk pemeriksaan kadar bahan padat dan bahan anorganik dalam air untuk beton
- (2) Siapkan lokasi/tempat untuk pemeriksaan kadar bahan padat dan bahan anorganik dalam air untuk beton
- (3) Siapkan benda uji sebanyak 500 ml
- (4) Timbang cawan penguap, kosong dengan ketelitian 0,01 gram misalnya (W1) gram
- (5) Letakkan cawan yang berisi benda uji di atas penganas air pada suhu ± 100 °C atau masukkan benda uji sedikit demi sedikit kedalam cawan penguap sampai 500 ml menguap dan kering
- (6) Masukkan cawan penguap yang berisi residu benda uji ke dalam oven pada suhu 132 °C selama 1 jam
- (7) Keluarkan cawan penguap yang berisi residu benda uji dari dalam oven dan masukkan ke dalam deksikator sampai suhu ruangan
- (8) Timbang cawan penguap yang berisi residu benda uji dengan ketelitian 0,01 gram misalnya (W2) gram
- (9) Hitung persen berat bahan padat sesuai dengan persamaan di bawah
- (10) Pijarkan cawan penguap yang berisi residu benda uji sampai residu benda uji berwarna hitam
- (11) Masukkan cawan yang berisi residu benda uji ke dalam deksikator dan biarkan sampai suhu ruangan.
- (12) Timbang cawan yang berisi residu benda uji dan tentukan berat residu dengan rumus : $B = W2 - W3$
Dimana :
B – berat bahan organik
W2 - Berat cawan + residu
W3 – berat bahan padat total + cawan penguapan setelah Pemijaran
- (13) Ulangi butir j) sampai dengan l) hingga berat residu tetap (W3) gram

(14) Hitung persen berat bahan organik (B) sesuai dengan rumus pada l) di atas

(15) Hitung persen berat bahan anorganik (P) sesuai dengan rumus:

$$P = \frac{B}{S} \times 100$$

Dimana :

P – persen berat bahan organik (%)

B – berat bahan organik (gram)

S – berat benda uji (gram)

(16) Perhitungan

- Kadar Bahan Padat Total (A) = $\frac{W3-W1}{S} \times 100$
- Kadar Bahan Organik (B) = $W2 - W3$
- Kadar Bahan Organik (P) = $\frac{B}{S} \times 100$
- Kadar Bahan Anorganik (C) = $A - P$

Dimana:

W1 – berat cawan kosong (gram)

W2 – berat cawan + residu (gram)

W3 – berat bahan padat total + cawan penguap setelah pemijaran

S – berat benda uji (gram)

B – berat bahan organik (gram)

P – kadar bahan organik

A – kadar bahan padat total

C – kadar bahan anorganik

Contoh Perhitungan

Dari hasil pemeriksaan kadar bahan padat total dan bahan anorganik dalam air untuk campuran beton diperoleh data sebagai berikut;

- Berat cawan kosong (W1) = 342 gram
- Berat cawan + residu (W2) = 348,5 gram
- Berat bahan padat total + cawan penguap setelah pemijaran (W3) = 345,7 gram
- Berat benda uji (S) = 532 gram

Hitunglah kadar bahan organik dan kadar bahan anorganik

Penyelesaian:

- Kadar bahan padat total (A)

$$(A) = \frac{(W2 - W1)}{S} \times 100 = \frac{348,5 - 342}{532} \times 100$$
$$= 1,22 \%$$

- Berat bahan organik (B) = $W2 - W3 = 348,5 - 345,7 = 2,8$ gram
- Kadar bahan organik (P) = $(B/S) \times 100 = (2,8/532) \times 100$
 $= 0,53 \%$
- Kadar bahan anorganik (C) = $1,22 - 0,53 = 0,69 \%$

2) Tugas 2. Pemeriksaan pH Air

Maksud pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pH air secara kasar, pH air dapat mempengaruhi pengikatan semen portland untuk pembuatan beton tidak baik bila nilai pH kurang dari 4,5 atau lebih dari 8,5 harus dilakukan pemeriksaan lanjutan hal ini sesuai dengan SNI

a) Alat/Peralatan/Bahan

- (1) Gelas ukur 25 ml
- (2) Bejana gelas 50 ml
- (3) Kertas pH universal
- (4) Contoh air sebanyak 25 cm³

b) Prosedur Pemeriksaan pH Air

- (1) Siapkan tempat/lokasi untuk pemeriksaan pH air sesuai prinsip-prinsip K3
- (2) Siap alat/peralatan/bahan untuk pemeriksaan pH air sesuai dengan SNI
- (3) Masukkan benda uji kedalam bejana gelas 50 cm³
- (4) Ambil kertas pH sepanjang lebih kurang 1 cm, celupkan sebagian kedalam benda uji dan lihatlah perubahan warna kertas pH
- (5) Bandingkan kertas pH tersebut dengan warna kertas pH pada bermacam-macam keasaman dan kebasahan yang terdapat dalam pembungkus yang bersangkutan

- (6) Laporkan hasil pemeriksaan, pH air minimum adalah 4,5 dan pH air maksimum 8,5

3) **Tugas 3. Pemeriksaan Mutu Air Untuk Digunakan Dalam beton**

Maksud pemeriksaan mutu air bertujuan untuk memeriksa keasaman dan kelindian sesuai dengan SNI. Keasaman dan kelindian harus ditentukan dengan salah satu dari metode A atau metode B, bila diinginkan ketelitian yang tinggi, harus digunakan Metode B.

Metode A, keasaman atau kelindian harus ditentukan dengan larutan standar asam atau basa 0,0 N dengan menggunakan minimal 200 ml air yang akan diperiksa. Fenolftalin atau jingga metil digunakan sebagai indikator, keasaman atau kelindian yang berlebihan menunjukkan bahwa air tersebut perlu diperiksa lebih lanjut.

Metode B

- (1) Konsentrasi ion hidrogen harus ditentukan dengan salah satu metode elektrometri atau kalorimetri sesuai dengan indikator yang diperlukan dan harus dinyatakan dalam satuan $\text{pH} = \log 1/\text{H}^+$.

Bila pH air kurang dari 4,5 atau lebih dari 8,5 harus dilakukan pemeriksaan lanjutan

pH dari larutan adalah logaritma dari kebalikan ion hidrogen (H^+) dalam mol/liter. Sebagai contoh, larutan dengan pH 4,5 konsentrasi ion hidrogen adalah sebanyak 10^{-5}

- (2) Prosedur penentuan nilai pH harus diatur secara lengkap, sesuai metode yang digunakan, hal tersebut ditentukan dengan metode elektrometri atau metode kalorimetri. Prosedur yang diikuti dalam penentuan ini harus didasarkan pada tipe peralatan yang digunakan dan sesuai dengan metode serta instruksi yang diberikan oleh pabrik. Peralatan elektrometri atau kalorimetri yang digunakan harus mempunyai rentang kerja yang sesuai dengan jenis pemeriksaan yang akan dilaksanakan.

Konsentrasi ion klorida

Konsentrasi ion klorida harus ditentukan dengan metode SNI 06-2426-1991, tentang ion klorida dalam air industri dan air limbah industri.

a) Alat/Peralatan/Bahan

- (1) Gelas ukur 500 ml
- (2) Cawan penguap 100 ml
- (3) Water bath/penangas air
- (4) Gelas beaker 800 ml
- (5) Deksikator
- (6) Tripot/kaki tiga (tungku)
- (7) Kompor/pemanas
- (8) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- (9) Contoh air untuk diuji

b) Prosedur Pemeriksaan dengan Metode Pemisahan B

- (1) Konsentrasi ion sulfat harus ditentukan dengan SNI 06-2427-1991, mengenai ion sulfat dalam air industri dan air limbah industri menurut metode Gravimetri
- (2) Bahan padat total dan bahan anorganik
 - (a) Air sebanyak 500 ml harus diuapkan sampai kering dalam cawan yang sudah diketahui beratnya. Cawan platina platina yang digunakan mempunyai kapasitas 100 ml s.d 300 ml. Cawan harus diisi air hampir penuh dan diletakkan di atas penganas air. Tambahkan sisa air secara bertahap sedikit demi sedikit hingga mencapai 500 ml, cawan dan seluruh isinya harus diupakan sampai kering, kemudian masukkan ke dalam oven dengan temperatur 132 oC selama 1 jam. Cawan dan isinya kemudian didinginkan dalam deksikator diamkan sampai mencapai suhu ruangan dan timbang. Berat residu dalam gram dibagi 5 adalah persentase jumlah bahan pada total dalam air
 - (b) Bahan padat total yang diperoleh dapat berupa bahan organik atau bahan anorganik atau kombinasi dari keduanya. Cawan platina harus dibakar pada pijar merah rendah dan residu yang berwarnakehitaman selama waktu pembakaran awal biasanya menunjukkan adanya sejumlah bahan organik, tetapi perlu dicatat bahwa sejumlah garam mineral

cenderung menguat atau terurai sebagian pada waktu pemanasan

- (c) Penentuan komposisi bahan mineral dalam air memerlukan analisis kimia lengkap tetapi tidak lazim dilakukan kecuali bila persentase bahan padat total sangat besar atau contoh air memperlihatkan hal-hal yang tidak normal. Bila diinginkan analisis mineral harus digunakan prosedur sesuai Scott's Standard methods of Chemical Analysis edisi ke 6 (1963) jilid 11. Hasilnya harus dilaporkan sebagai unsur secara terpisah dinyatakan dalam ppm.
- (d) Suatu perbandingan antara air yang diberikan dengan air suling dapat diperoleh melalui pemuai mortar semen portland dalam autoclave sesuai AASTHO T-170 mengenai waktu pengikatan semen hidrolik dengan jarum Gillmore, dan mengenai uji kuat tekan mortar semen hidrolik.
- (e) Dengan menggunakan kualitas standar semen yang sama dengan masing-masing jenis air, batas-batas yang disarankan untuk jenis pemeriksaan di atas adalah sebagai berikut;
 - Perbedaan yang mencolok dari waktu pengikatan
 - Pengurangan kekuatan tekan lebih dari 10 % dari yang diperoleh dengan campuran air yang bermutu baik, adalah merupakan alasan yang cukup untuk penolakan air yang diperiksa.

4) **Tugas4. Pemeriksaan Minyak Dalam Air**

Maksud pemeriksaan minyak dalam air dimaksudkan untuk menentukan kadar minyak dalam air, minyak yang diijinkan dalam air untuk mencampur beton adalah 2 % dari berat semen.

a) Alat/Peralatan/Bahan

- (1) Corong pemisah
- (2) Gelas ukur kapasitas 500 ml
- (3) Cawan penguap kapasitas 50 ml
- (4) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram

- (5) Ether (pelarut)
- (6) Contoh air sebanyak 500 ml

b) Prosedur Pemeriksaan Minyak dalam Air

- (1) Siapkan lokasi/tempat untuk pemeriksaan minyak dalam air sesuai dengan prinsip-prinsip K3
- (2) Siapkan alat/peralatan/bahan untuk pemeriksaan minyak dalam air sesuai dengan SOP
- (3) Masukkan benda uji kedalam corong pemisah 1000 ml dan tambahkan 25 ml ether
- (4) Goncanglah/kocok lah kuat-kuat selama 15 menit
- (5) Pisahkan ether yang mengandung minyak dan masukkan kedalam cawan penguap
- (6) Uapkan pelarut dengan cara pemanasan perlahan-lahan
- (7) Timbanglah residu bersama cawan, kemudian tentukan berat residu
- (8) Perhitungan

$$\text{Minyak} = \text{Minyak} = W \frac{1000}{S} \text{ (mg/l (ppm))}$$

Dimana : W = berat minyak (mg)

S = isi benda uji (ml)

5) Tugas5. Pemeriksaan Ion Sulfat dan Ion Chlor Dalam Air

Maksud pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar ion sulfat (SO₄) dan kadar ion chlor dalam air. Na₂ SO₄ dalam air diizinkan adalah 10.000 mg/l (ppm) dan NaCl dalam air diizinkan adalah 20.000 mg/l (ppm)

a) Alat/Peralatan dan Bahan

- (1) Bejana gelas 250 ml
- (2) Kaki tiga, kasa, segi tiga porselin, fisher dan tang
- (3) Cawan penguap platina, 30 ml
- (4) Corong diameter 10 cm, botol semprot 500 ml

- (5) Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- (6) Kertas saring bebas abu, batang pengaduk
- (7) Desikator
- (8) Ret, 25 ml
- (9) Statif dan klem
- (10) Gelas Erlenmeyer 300 ml
- (11) Gelas ukur 1000 ml
- (12) Contoh Air sebanyak 1000 ml

b) Prosedur pemeriksaan Kadar Ion Sulfat dan Chlor Dalam Air

- (1) Siapkan lokasi/tempat untuk pemeriksaan kadar ion sulfat dan chlor agar terhindar dari hal-hal yang tidak diinginkan
- (2) Siapkan alat/peralatan untuk pemeriksaan kadar ion sulfat dan chlor sesuai dengan SOP

Untuk Kadar Ion Sulfat Dalam Air:

- (1) Masukkan benda uji ke dalam beker gelas 250 ml
- (2) Asamkan benda uji dengan menambahkan sedikit larutan HCl pekat
- (3) Kemudian tambahkan 5 ml NH_4Cl 10 %
- (4) Didihkan, bila terjadi kekeruhan, larutan disaring dan residu dicuci 4 sd 5 kali dengan air mendidih
- (5) Panaskan filtrat sampai mendidih
- (6) Tambahkan setetes demi setetes BaCl_2 10% sampai sedikit berlebihan
- (7) Biarkan larutan dalam keadaan mendidih kira-kira 10 menit sambil diaduk sampai endapan (BaSO_4) mengendap sempurna
- (8) Dinginkan kemudian saring dan cuci dengan endapan BaSO_4 sampai bebas chlor (uji dengan AgNO_3) kemudian keringkan
- (9) Pijarkan kertas saring bersama endapan BaSO_4 didalam cawan penguap
- (10) Kemudian timbanglan dan tentukan berat BaSO_4

Untuk Ion Chlor Dalam Air:

- (1) Masukkan benda uji ke dalam erlenmeyer 300 ml

- (2) Bila benda uji bersifat asam (pH kurang dari 7), netralkan dengan larutan NaOH 100 mg/l
- (3) Tambahkan 1 ml K₂CrO₄ 10% sebagai indikator
- (4) Kemudian titrasilah benda uji dengan larutan AgNO₃ 0,1 N
- (5) Perhitungan

Kadar Ion Sulfat;

- $$\text{Kadar Ion Sulfat} = \frac{w \times 0,411 \times 1000}{S} \text{ (mg/l atau (ppm))}$$

Dimana

W = berat BaSO₄ (mg)

S = isi benda uji (ml)

- $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 1,479 \times W_1 \text{ (mg/l atau (ppm))}$

Dimana

W₁ = Ion sulfat (mg/l) atau (ppm)

Kadar Ion Chlor;

- $$P = \frac{N \times V \times 35,46 \times 1000}{S} \text{ (mg/l atau (ppm))}$$

Dimana

P = ion chlorida, (mg/l) atau (ppm)

N = normalita AgNO₃, 0,1 N

V = isi AgNO₃ (ml)

S = isi contoh (ml)

- $\text{NaCl} = 1,657 \times W \text{ (mg/l atau (ppm))}$

Dimana

W = ion chlor, (mg/l) atau (ppm)

- (6) Pelaporan

Laporan nilai sulfat dalam satuan mg/l atau (ppm) demikian juga laporkan nilai chlor dalam satuan (mg/l) atau (ppm)

Catatan: Na₂SO₄ dalam air diizinkan = 10.000 mg/l (ppm) dan NaCl dalam air diizinkan = 20.000 mg/l (ppm)

c. Rangkuman

- 1) Bahan padat adalah residu hasil penguapan air terdiri atas bahan organik dan anorganik untuk campuran beton, dan bahan organik adalah bahan yang mengandung unsur karbon (C) dan hidrogen (H), sedangkan bahan anorganik adalah bahan yang mengandung unsur logam dan bukan logam.
- 2) Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, bahan-bahan organis atau bahan-bahan lain yang merusak beton dan/atau baja tulangan. Dalam hal ini sebaiknya dipakai air bersih yang dapat diminum.
- 3) Apabila terdapat keragu-raguan mengenai air, dianjurkan untuk memeriksa contoh air itu ke laboratorium atau ke lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui untuk diperiksa sampai seberapa jauh air itu mengandung za-zat yang dapat merusak beton dan/atau tulangan
- 4) Apabila pemeriksaan air seperti di atas tidak dapat dilakukan, maka dalam hal adanya keragu-raguan mengenai air harus diadakan percobaan perbandingan antara kekuatan tekan mortar semen portlan dengan agregat halus memakai air itu dan dengan memakai air suling. Air tersebut dianggap dapat dipakai, apabila kekuatan tekan mortar dengan memakai air itu pada umur 7 dan 28 hari paling sedikit adalah 90 % dari kekuatan tekan mortar dengan memakai air suling pada umur yang sama.
- 5) Nilai pH air untuk pembuatan beton adalah 4,5 (minimum) dan 8,5 (maksimum). Bahan organik yang diijinkan dalam air adalah 2000 mg/l (ppm), Bahan padat yang diijinkan dalam air adalah 2000 mg/l (ppm), Bahan tersuspensi yang diijinkan dalam air 2000 mg/l (pp), Minyak yang diijinkan dalam air adalah 2 % dari berat semen
- 6) $\text{Na}_2 \text{SO}_4$ dalam air diijinkan adalah 10.000 mg/l (ppm), NaCl dalam air diijinkan adalah 20.000 mg/l (ppm)

d. Tugas

Petunjuk:

Bacalah soal-soal di bawah ini dengan cermat dan teliti, kemudian jawablah pertanyaan tersebut pada lembar jawaban yang telah disediakan. Untuk

Benar Salah anda diminta untuk menuliskan huruf B bila pernyataan tersebut anda anggap benar dan huruf S bila pernyataan tersebut anda anggap salah.

Soal

- 1) Sebutkan alat/peralatan untuk pemeriksaan kadar bahan padat total dan bahan anorganik dalam air untuk campuran beton
- 2) Apa yang dimaksud dengan bahan anorganik dalam pemeriksaan kadar bahan padat total dan bahan anorganik dalam air untuk campuran beton
- 3) Dari hasil pemeriksaan diperoleh data sebagai berikut; berat bahan organik adalah 4,67 gram, berat benda uji adalah 547 gram, hitunglah kadar bahan organik
- 4) Jelaskan apa yang dimaksud dengan bahan padat pada pemeriksaan kadar bahan padat total dan bahan anorganik dalam air untuk campuran beton
- 5) Sebutkan identitas contoh yang diperlukan dalam laporan pemeriksaan kadar bahan padat total dan bahan anorganik dalam air untuk campuran beton
- 6) Apa yang dimaksud dengan bahan anorganik dalam pemeriksaan kadar bahan padat total dan bahan anorganik dalam air untuk campuran beton.
- 7) Pada pemeriksaan kadar bahan padat, cawan penguap yang berisi residu benda uji dimasukkan ke dalam oven, berapa lama disimpan dalam oven dan pada suhu berapa derajat celsius
- 8) Oven merupakan salah satu peralatan yang vital dalam pemeriksaan kadar bahan padat total dan bahan anorganik dalam air, sebutkan spesifikasi oven yang digunakan untuk pemeriksaan tersebut.
- 9) Berapa nilai pH air, sehingga konsentrasi ion hidrogen harus ditentukan dengan salah satu metode elektrometri atau kalorimetri.
- 10) Dari hasil pemeriksaan diperoleh data seperti berikut; kadar bahan padat total adalah 4,3 %, kadar bahan anorganik adalah 1,78 %, dengan berat bahan organik adalah 7,98 gram, berapa persen kadar bahan organik tersebut.

Benar Salah

- 1) Bahan padat adalah residu hasil penguapan air terdiri atas bahan organik dan anorganik untuk campuran beton ditambah unsur carbon yang dapat menambah kekuatan campuran.
- 2) Bahan anorganik merupakan bahan yang mungkin terdapat dalam air untuk campuran beton, bahan anorganik adalah bahan yang mengandung unsur karbon (C) dan Hidrogen (H)
- 3) Jumlah contoh uji berupa air paling sedikit 1000 ml untuk pemeriksaan kadar bahan padat total dan bahan anorganik dalam air untuk campuran beton, hal ini sesuai dengan SNI
- 4) Berdasarkan pemeriksaan diperoleh berat benda uji 565,5 gram setelah dipanaskan/diuapkan berat residu adalah 17,4 gram maka kadar bahan padat total adalah 1,076 %
- 5) Prosedur penentuan nilai pH harus diatur secara lengkap, sesuai metode yang digunakan, hal tersebut ditentukan dengan metode elektrometri atau metode kolorimetri
- 6) Alasan penolakan air untuk campuran beton apabila ada indikasi ketidakkekalan bentuk dan pengurangan kekuatan tekan lebih dari 10% dari yang diperoleh dengan campuran air yang bermutu baik.
- 7) Pada saat penguapan dilakukan dengan memasukkan cawan penguap yang berisi residu benda uji kedalam oven dengan suhu $240 \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama satu jam, kemudian dimasukkan ke deksikator sampai mencapai suhu ruang.
- 8) Ketelitian dalam melakukan setiap penimbangan dapat mempengaruhi hasil akhir dari pemeriksaan, oleh sebab itu, penimbangan harus selalu dilakukan pada suhu normal dengan ketelitian 0,01 gram.
- 9) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanaskan sampai $(350 \pm 5^{\circ}\text{C})$ merupakan salah satu syarat peralatan dengan gelas ukur dengan kapasitas 1000 ml yang dilengkapi dengan deksikator
- 10) Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, bahan-bahan organik atau bahan-bahan lain yang merusak beton dan/atau baja tulangan.

Kunci Jawaban

Soal

- 1) Alat/peralatan;
 - Gelas ukur 500 ml
 - Cawan penguap 100 ml
 - Water bath/penangas air
 - Gelas beaker 800 ml
 - Deksikator
 - Tripot/kaki tiga (tungku)
 - Kompor/pemanas
 - Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- 2) Bahan anorganik adalah bahan yang mengandung unsur logam dan bukan logam
- 3) Kadar bahan organik adalah $\frac{4,67}{547} \times 100 = 0,85 \%$
- 4) Bahan padat adalah residu hasil penguapan air terdiri atas bahan organik dan anorganik untuk campuran beton
- 5) Identitas contoh yang diperlukan adalah:
 - Nama pekerjaan
 - Jumlah contoh
 - Nomor contoh
 - Jenis contoh
 - Sumber contoh
- 6) Bahan anorganik adalah bahan yang mengandung unsur logam dan bukan logam.
- 7) Selama 1 jam dan pada suhu 132°C.
- 8) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanaskan sampai $(240 \pm 5)^\circ\text{C}$
- 9) Bila nilai pH air kurang dari 4,5 atau lebih dari 8,5
- 10) Kadar bahan organik adalah 2,52 %

Benar Salah

- 1) S
- 2) B
- 3) B

- 4) S
- 5) B
- 6) B
- 7) S
- 8) S
- 9) S
- 10) B

e. Tes Formatif

Petunjuk:

Bacalah soal-soal di bawah ini dengan cermat dan teliti, kemudian jawablah pertanyaan tersebut pada lembar jawaban yang telah disediakan. Untuk Benar Salah anda diminta untuk menuliskan huruf B bila pernyataan tersebut anda anggap benar dan huruf S bila pernyataan tersebut anda anggap salah.

Benar Salah

- 1) Pada saat penguapan dilakukan dengan memasukkan cawan penguap yang berisi residu benda uji kedalam oven dengan suhu $240 \pm 5^{\circ}\text{C}$ selama satu jam, kemudian dimasukkan ke deksikator sampai mencapai suhu ruang.
- 2) Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, bahan-bahan organis atau bahan-bahan lain yang merusak beton dan/atau baja tulangan.
- 3) Bahan padat adalah residu hasil penguapan air terdiri atas bahan organik dan anorganik untuk campuran beton ditambah unsur carbon yang dapat menambah kekuatan campuran.
- 4) Bahan anorganik merupakan bahan yang mungkin terdapat dalam air untuk campuran beton, bahan anorganik adalah bahan yang mengandung unsur karbon (C) dan Hidrogen (H)
- 5) Jumlah contoh uji berupa air paling sedikit 1000 ml untuk pemeriksaan kadar bahan padat total dan bahan anorganik dalam air untuk campuran beton, hal ini sesuai dengan SNI

- 6) Berdasarkan pemeriksaan diperoleh berat benda uji 565,5 gram setelah dipanaskan/diuapkan berat residu adalah 17,4 gram maka kadar bahan padat total adalah 1,75 %
- 7) Prosedur penentuan nilai pH harus diatur secara lengkap, sesuai metode yang digunakan, hal tersebut ditentukan dengan metode elektrometri atau metode kolorimetri
- 8) Alasan penolakan air untuk campuran beton apabila ada indikasi ketidakkekalan bentuk dan pengurangan kekuatan tekan lebih dari 10% dari yang diperoleh dengan campuran air yang bermutu baik.
- 9) Ketelitian dalam melakukan setiap penimbangan dapat mempengaruhi hasil akhir dari pemeriksaan, oleh sebab itu, penimbangan harus selalu dilakukan pada suhu normal dengan ketelitian 0,01 gram.
- 10) Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanaskan sampai ($350 \pm 5^{\circ}\text{C}$) merupakan salah satu syarat peralatan dengan gelas ukur dengan kapasitas 1000 ml yang dilengkapi dengan deksikator

Soal

- 1) Berdasarkan hasil pemeriksaan kadar bahan padat total dan bahan anorganik dalam air untuk campuran beton diperoleh data sebagai berikut;
 - Berat cawan kosong (W_1) = 453,5 gram
 - Berat cawan + residu (W_2) = 459,2 gram
 - Berat bahan padat total + cawan penguap setelah pemijaran (W_3) = 455,6 gram
 - Berat benda uji (S) = 504 gram
 - Hitunglah kadar bahan organik dan kadar bahan anorganik
- 2) Jelaskan apa yang dimaksud dengan;
 - Bahan padat
 - Bahan anorganik
 - Bahan organik
- 3) Sebutkan alat/peralatan dan bahan untuk pemeriksaan kadar bahan padat total dan bahan anorganik dalam air untuk campuran beton

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

Benar Salah

- 1) S
- 2) B
- 3) S
- 4) B
- 5) B
- 6) S
- 7) B
- 8) B
- 9) S

Soal

1) Penyelesaian.

- Kadarbahan padat total (A)

$$(A) = \frac{(W2 - W1)}{S} \times 100 = \frac{459,2 - 453,5}{504} \times 100$$
$$= 1,13 \%$$

- Berat bahan organik (B) = $W2 - W3 = 459,2 - 455,6 = 3,6$ gram
- Kadar bahan organik (P) = $(B/S) \times 100 = (3,6/504) \times 100$
 $= 0,71 \%$
- Kadar bahan anorganik (C) = $1,13 - 0,71 = 0,42 \%$

2) Pengertian:

- Bahan padat adalah residu hasil penguapan air terdiri atas bahan organik dan anorganik untuk campuran beton;
- Bahan organik adalah bahan yang mengandung unsur karbon (C) dan Hidrogen (H);
- Bahan anorganik adalah bahan yang mengandung unsur logam dan bukan logam

3) Nama alat/peralatan dan bahan:

- Cawan penguap yang terbuat dari platina kapasitas 100 ml dan jika platina tidak ada anda dapat menggunakan porselen
- Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanaskan sampai $(240 \pm 5) ^\circ\text{C}$.
- Gelas ukur kapasitas 500 ml

- Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram
- Segitiga porselen
- Deksikator
- Tripot/kaki tiga
- Pembakar bunsen
- Penangas air
- Beaker gelas kapasitas 800 ml

4. Kegiatan Belajar 5 Pemeriksaan kekuatan Tarik Baja Tulangan

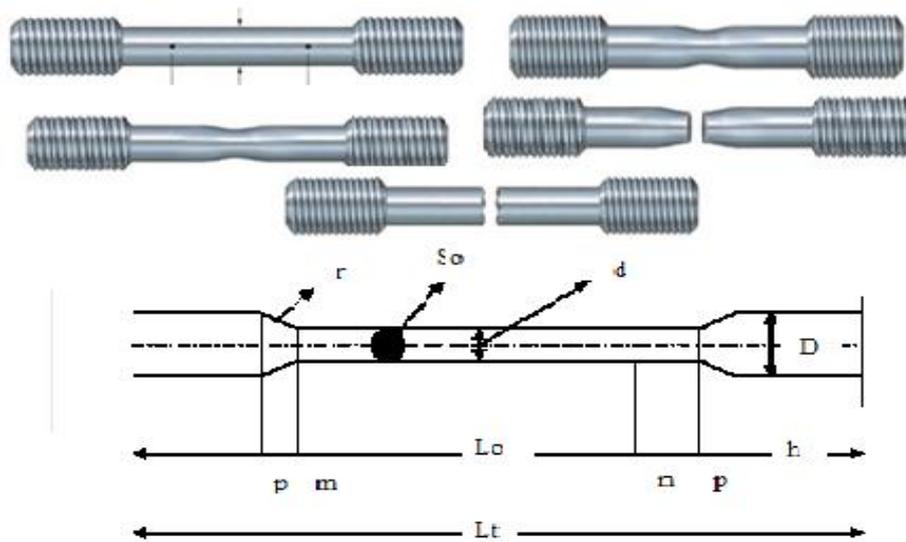
a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi pemeriksaan baja tulangan (unit ini) siswa diharapkan dapat:

- 1) Menjelaskan prosedur pemeriksaan kekuatan tarik baja tulangan sesuai dengan SNI
- 2) Menjelaskan bahan dan alat/peralatan untuk pemeriksaan kekuatan tarik baja tulangan
- 3) Mengoperasikan alat/peralatan/mesin untuk pemeriksaan kekuatan tarik baja tulangan sesuai dengan SOP
- 4) Menggambar grafik tegangan regangan dari hasil pemeriksaan kekuatan tarik baja tulangan
- 5) Menghitung kekuatan tarik baja tulangan (tegangan ulur dan tegangan putus)
- 6) Membuat laporan hasil pemeriksaan kekuatan tarik baja sesuai dengan SNI

b. Uraian Materi

Gambar di bawah ini adalah gambar benda uji untuk menguji kuat tarik baja tulangan yang diprofil sesuai dengan kapasitas mesin tarik yang tersedia. Amatilah benda uji yang belum ditarik dan benda uji yang sudah ditarik, tetapi belum putus, dan ada juga yang sudah putus. Bandingkan benda uji yang satu dengan yang lainnya, apa yang dapat anda simpulkan secara visual dari gambar tersebut. Kalian boleh mendiskusikan dengan teman anda atau dapat juga melihat referensi yang berkaitan dengan kekuatan tarik baja untuk struktur beton. Perhatikan benda uji yang mengecil sebelum putus, tetapi ada juga benda uji yang putus sebelum terjadi proses pengecilan, artinya langsung putus. Hasil diskusi supaya dilaporkan dengan mempresentasikan



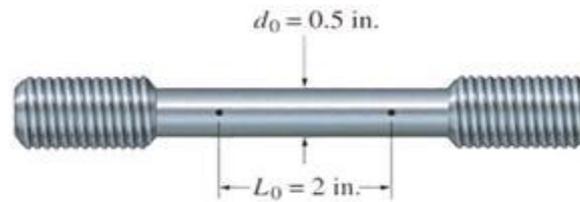
Gambar 41. Benda Uji sebelum dan Sesudah Kuat Tarik Diuji

1) Tugas 1. Pengenalan Pengujian Tarik Baja



Gambar 42. Mesin Universal Testing Machine

Berdasarkan pendapat Okasatria Novyanto, Dalam dunia Engineering, seringkali kita dihadapkan pada istilah-istilah teknik seperti : tegangan tarik, tegangan geser, tegangan yang diizinkan, Tegangan, Regangan, Bukuus elastisitas, dll. Mungkin bagi para ahli teknik (*Engineer*), istilah-istilah tersebut sudah menjadi hal yang biasa dan mereka paham akan maksud dari indeks yang ditunjukkan dari tegangan geser, tegangan tarik, dll. Nah, yang menjadi masalah adalah istilah-istilah tersebut seringkali masih terasa asing bagi mahasiswa teknik yang baru memasuki tahun-tahun awal perkuliahan atau bahkan mungkin mahasiswa yang sudah cukup lama mengikuti perkuliahan-pun belum sepenuhnya paham akan istilah-istilah tersebut. Pada pembahasan berikut ini, saya akan mencoba untuk berbagi pengetahuan khususnya tentang pengujian tarik.



Gambar 43. Benda Uji Tarik Sebelum

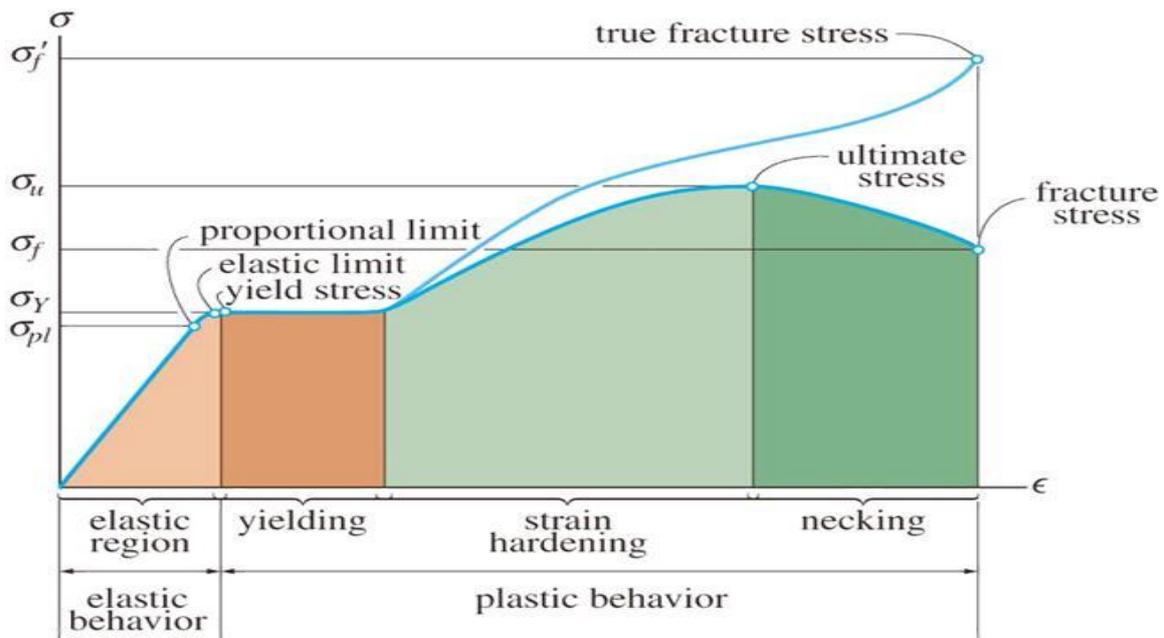
Tujuan pengujian mekanik suatu logam, yakni dengan percobaan-percobaan yang dilakukan terhadap suatu logam untuk mendapatkan data-data yang dapat menunjukkan sifat-sifat mekanik logam tersebut. Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dan perubahan-perubahannya dari suatu logam terhadap pembebanan tarik. Pengujian ini umumnya diperuntukan bagi pengujian beban-beban statik. Beban tarik tersebut dimulai dari nol dan berhenti pada beban atau tegangan patah tarik (*Ultimate Strength*) dari logam yang bersangkutan. Beban uji yang telah dinormalisasikan ukurannya dipasang pada mesin tarik, kemudian diberi beban (gaya tarik) secara perlahan-lahan dari Nol hingga maksimum. Setiap kali dibuat Catatan mengenai perubahan (pertambahan) panjang dan gaya yang diberikan. Hasil catatan tersebut digambarkan dalam sebuah diagram Tegangan-Regangan, yang dirumuskan : Tegangan sama dengan besarnya Beban dibagi dengan Luas penampang. Dan Regangan sama dengan Pertambahan panjang dibagi dengan Panjang mula-mula. Secara umum, Diagram Tegangan-Regangan dikategorikan menjadi 2 jenis :

- i. Tegangan sebenarnya (*True Stress*) Pada Tegangan ini, nilai Luas penampang yang dipakai adalah luas penampang saat itu (aktual), sehingga ketika terjadi *Necking* (pengecilan penampang), nilai Tegangan tariknya justru tetap naik.



Gambar 44. Pengecilan Penampang Setelah Uji Tarik

- ii. Tegangan *Engineering* Pada Tegangan ini, nilai Luas penampang yang dipakai adalah Luas penampang mula-mula.



Gambar 45. Grafik Tegangan-Regangan

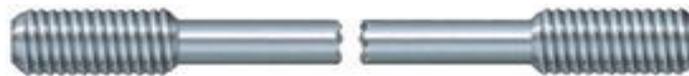
Keterangan gambar :

- a) Pada pembebanan dari nol sampai mencapai titik proporsional limit, grafik masih merupakan garis lurus. Pada daerah proporsional limit ini, apabila besarnya pembebanan dibawah rentangan *proporsional limit* maka benda uji hanya mengalami deformasi plastis. Jadi jika gaya itu ditiadakan maka benda uji akan masih dapat kembali ke panjang mula-mula. *Elastic limit* merupakan batas antara deformasi elastik dan deformasi plastik. Bila besarnya pembebanan melampau elastik limit ini maka grafik yang terbentuk ini merupakan garis lengkung. Karena antara nol hingga *proporsional limit* merupakan garis lurus, maka berlaku hubungan Tegangan dibagi dengan Regangan sama dengan Konstant, sama dengan *Bukuus Elastisitas (Young Bukuus)*.
- b) Apabila tegangan sudah mencapai titik *Yields Stress* maka benda uji sudah mulai nampak adanya pengecilan penampang. Dan ternyata pula pada titik tersebut benda uji mengalami pertambahan panjang dengan sendirinya walaupun besarnya beban tidak ditambah. *Yields Stress* dapat juga disebut dengan *Yeild Point (Batas Lumer)*. Tetapi pada umumnya banyak logam yang tidak memiliki titik atau batas lumer yang jelas, terutama pada logam-logam yang rapuh. Pada diagram Tegangan-Regangan dari jenis logam tersebut titik lumer ditentukan dari harga tegangan dimana benda uji dari logam tersebut

memperoleh perpanjangan (pertambahan panjang) permanen sebesar 0,2% dari panjang mula-mula. Tegangan ini biasanya dinamakan “Tegangan Net 0,2” dan merupakan dasar untuk menentukan *Yield Stress*.

- c) Apabila pembebanan sudah mencapai titik *Ultimate Stress* (Batas Patah) maka tegangan ini merupakan tegangan tarik maksimum yang mampu ditahan oleh benda uji tersebut. Pada titik tersebut, benda uji sudah menunjukkan gejala-gejala patah berupa retakan-retakan. Retakan-retakan yang sudah mulai timbul pada titik *Ultimate Stress* akan semakin bertambah besar dan akhirnya benda uji akan patah pada titik *Fracture Stress*.

Sifat Metalurgi Material



Gambar 46. Benda Uji Putus Setelah Uji Tarik

Brittle fracture (patah getas)

- (1) Tidak ada reduksi luas penampang patahan.
- (2) Patahan tampak lebih mengkilap dan bidang patahan relatif tegak lurus terhadap tegangan tarik.
- (3) Disebabkan oleh pembebanan dinamis dan temperatur kerja yang rendah (contoh : Kasus yang terjadi pada Kapal Titanic).



Failure of a

Gambar 47. Contoh Uji Putus Ulet

Ductile fracture (patah ulet):

- Ada reduksi luas penampang patahan.
- Tempo patah lebih lama.
- Daerah patahan lebih halus dan berserabut

2) Tugas 2, Pemeriksaan kekuatan Tarik Baja Tulangan

Maksud

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kekuatan tarik baja, kekuatan tarik baja adalah gaya tarik tiap satuan luas penampang yang menyebabkan baja putus

a) Alat/Peralatan/Mesin

- (1) Mesin uji tarik, yang harus memenuhi persyaratan sebagai berikut;
 - Mesin uji tarik (Universal Testing Machine) harus dapat menarik batang percobaan dengan kecepatan merata dan dapat diatur, sehingga kecepatan naiknya tegangan tidak melebihi 1 kgf/mm² tiap detik.
 - Dilengkapi dengan accesoris untuk pemeriksaan tarik dan tekan
 - Ketelitian pembacaan sebaiknya sampai 1/10 beban maksimum menurut skala penunjuk beban pada mesin uji tarik
- (2) Alat ukur (sigmat)
- (3) Alat pemotong baja
- (4) Alat penggores batang percobaan
- (5) Mesin bubut apabila diperlukan
- (6) Dial gauge dengan ketelitian 0,01 mm
- (7) Mistar baja

b) Benda Uji

- (1) Bentuk dan Ukuran Benda Uji;

Benda uji disebut batang percobaan proporsional, disingkat dp, yang dimaksud dengan batang percobaan proporsional adalah batang percobaan dengan perbandingan yang sama antara panjang ukur L_o dan luas penampang S_o . Panjang ukur L_o dinyatakan dengan rumus;

$$L_o = k \sqrt{S_o} \qquad L_o = \text{panjang ukur semula}$$

S_o = luas penampang terkecil semula

- (2) Besarnya nilai k adalah seperti berikut;

Untuk batang percobaan proporsional dp5,

$k = 5,65$ sehingga panjang ukur $L_o = 5,65 \sqrt{S_o}$ atau $L_o = 5d$

- (3) Untuk batang percobaan proporsional dp10,

$k = 11,3$ sehingga panjang ukur $L_0 = 11,3 \sqrt{S_0}$ atau $L_0 = 10d$

- (4) Apabila luas penampang benda uji tidak melebihi kapasitas mesin tarik, benda uji dapat langsung diperiksa tanpa merubah bentuk serta ukuran asalnya.
- (5) Apabila luas penampang benda uji melebihi kapasitas mesin tarik, benda uji itu harus dirubah bentuk serta ukurannya dengan mesin bubut.

c) Prosedur Pemeriksaan kekuatan Tarik Baja Tulangan

- (1) Siapkan lokasi/tempat pemeriksaan kekuatan tarik baja tulangan sesuai dengan prinsip-prinsip K3
- (2) Siapkan alat/peralatan/mesin untuk pemeriksaan kekuatan tarik baja tulangan sesuai dengan SNI
- (3) Siapkan benda uji sesuai dengan kapasitas mesin tarik yang tersedia berdasarkan batang percobaan dp5 atau batang percobaan dp 10.
- (4) Atur pembebanan pada mesin tarik sesuai dengan standar operasional prosedur mesin yang tersedia
- (5) Jepit kedua ujung benda uji pada pegangan h (lihat gambar contoh uji) pada alat penjepit mesin uji tarik. Sumbu alat penjepit harus berimpit dengan sumbu benda uji.
- (6) Hidupkan mesin tarik dengan menekan/memutar tombol dan atur benda uji pada posisi siap untuk diuji
- (7) Tarik benda uji dengan kecepatan tarik 1 kgf/mm^2 tiap detik dengan menggerakkan handel secara perlahan-lahan.
- (8) Lakukan pencatatan beban pada setiap perubahan pertambahan panjang dengan interval yang konstan (misalnya setiap pertambahan 0,25 mm catat beban)
- (9) Amatilah kenaikan panjang yang terjadi sampai benda uji putus.
- (10) Ukur pertambahan panjang benda uji dan diameter dimana putusnya benda uji
- (11) Perhitungan
 - (a) Buatlah grafik kenaikan beban dan pertambahan panjang (lihat gambar);
 - Ukurlah panjang C, dengan menarik garis DE // garis bukuus AB.

- Tentukan beban maksimum P, dalam kgf
- Tentukan beban pada batas ulur Q, dalam kgf
- Tentukan Su jika diperlukan

(b) Hitunglah;

- Kekuatan tarik, $\sigma_B = \frac{P}{S_o}$ (kgf / mm²)
- Batas ulur, $\sigma_v = \frac{Q}{S_o}$ (kgf / mm²) untuk baja lunak
- Regangan, $\delta = \frac{Lu - L_o}{L_o} \times 100$
- Kontraksi, $\psi = \frac{S_o - S_u}{S_o} \times 100$
- Batas regangan 0,2 $\sigma_{0,2} = \frac{Q}{S_o}$ (kgf / mm²), untuk baja keras

Dimana:

- P – beban maksimum (kgf)
- Q – beban pada batas ulur (kgf)
- Lu – panjang ukur setelah pengujian/putus (mm)
- L_o – panjang ukur semula (mm)
- S_o – luas penampang terkecil semula (mm²)
- S_u – luas penampang terkecil setelah pengujian/putus (mm²)

(c) Cara penentuan batas ulur

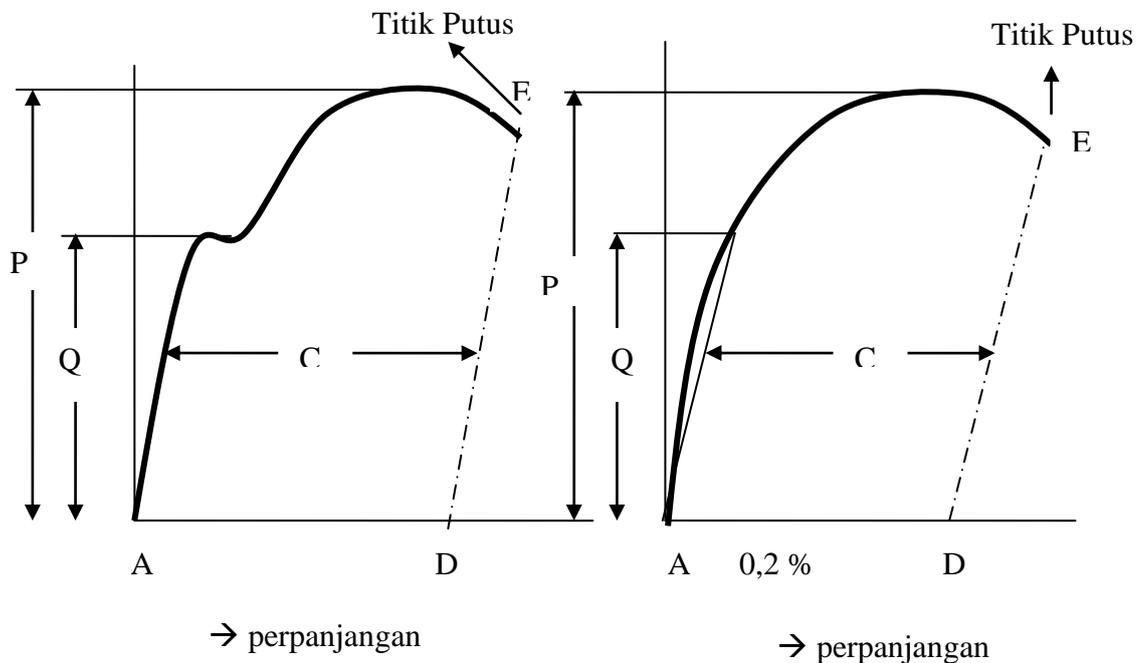
Batas ulur dapat ditentukan apabila;

- Pada waktu melakukan pembacaan, kedudukan jarum penunjuk beban, terdapat penghentian sementara pertama
- Pada grafik tarik terdapat tekukan

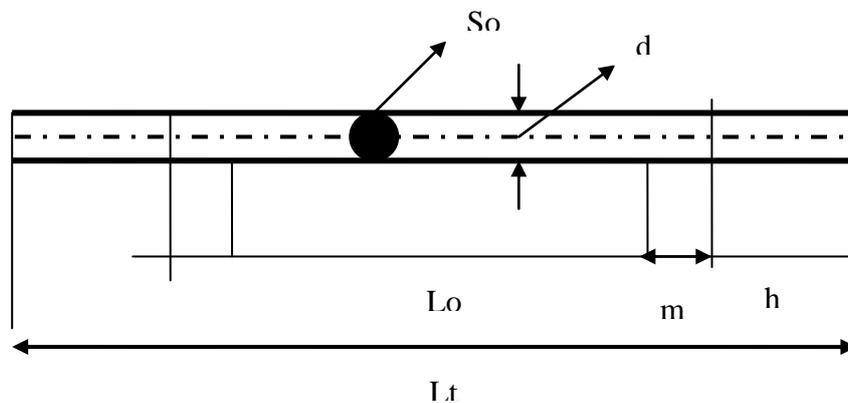
(d) Cara menentukan batas regangan 0,2 (lihat gambar 43. Grafik tegangan-regangan)

- Tentukan besar perpanjangan C dari grafik tarik
- Tentukan regangan setelah putus, δ
- Hitung perpanjangan regangan 0,2 % sebagai berikut; $0,2 \times \frac{C}{\delta} mm$

- Tarik garis sejajar dengan garis bukuus AB, pada jarak $0,2 \times \frac{C}{\delta} mm$ dari A. Titik potong antara garis ini dengan grafik menunjukkan batas regangan 0,2.



Gambar 48. Grafik Tegangan - Regangan

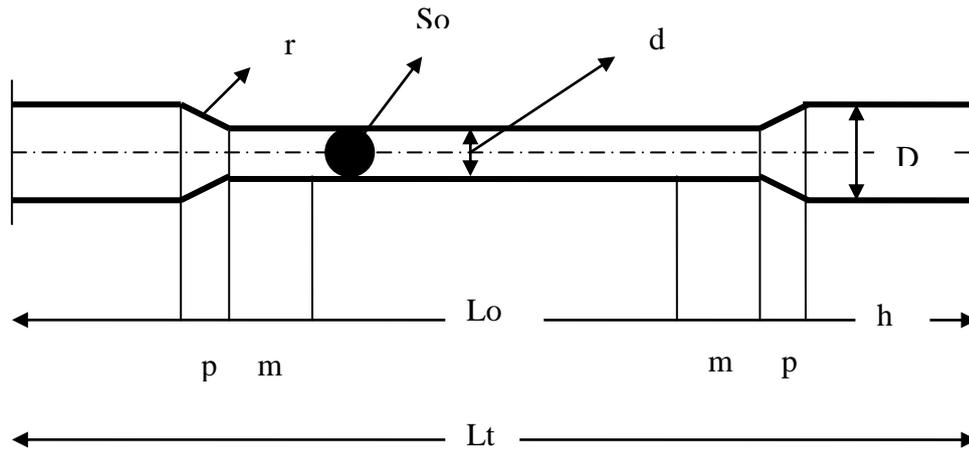


Gambar 49. Benda Uji Tarik Baja Tulangan

Penampang	Batang Percobaan	Lo	m	Lt
bulat	dp.10	10d	d s.d 2d	Tidak ditentukan 1)

Keterangan: 1. Semua ukuran dalam mm

1. [1)] Penjepit batang percobaan harus dimulai pada ujung-ujung Lo + 2 m



Gambar 19. Benda uji tarik baja yang dirubah ukuran dan bentuk

Tabel 47. Batang percobaan proporsional : dp.5 atau dp.10 Bentuk bulat untuk dijepit

d	1) D min	2) H min	m	p	r	dp.5			dp.10		
						Lo	Lo+2m	Lt min	Lo	Lo+2m	Lt min
6	8	25	3	2,5	3	30	36	91	60	66	121
8	10	30	4	3	4	40	48	114	80	88	154
10	12	35	5	3	5	50	60	136	100	110	186
12	15	40	6	4	6	60	72	160	120	132	220
14	17	45	7	4,5	7	70	84	183	140	154	253
16	20	50	8	5,5	8	80	96	207	160	176	287
18	22	55	9	6	9	90	108	230	180	198	320
20	24	60	10	6	10	100	120	252	200	220	352
25	30	70	12,5	7,5	12,5	125	150	305	250	275	430

Keterangan: 1. Semua ukuran dalam mm

1. 1) untuk bahan-bahan lunak, pegangan h, perlu dipertebal
2. 2) untuk bahan-bahan keras, pegangan h, perlu diperpanjang
3. min = minimum

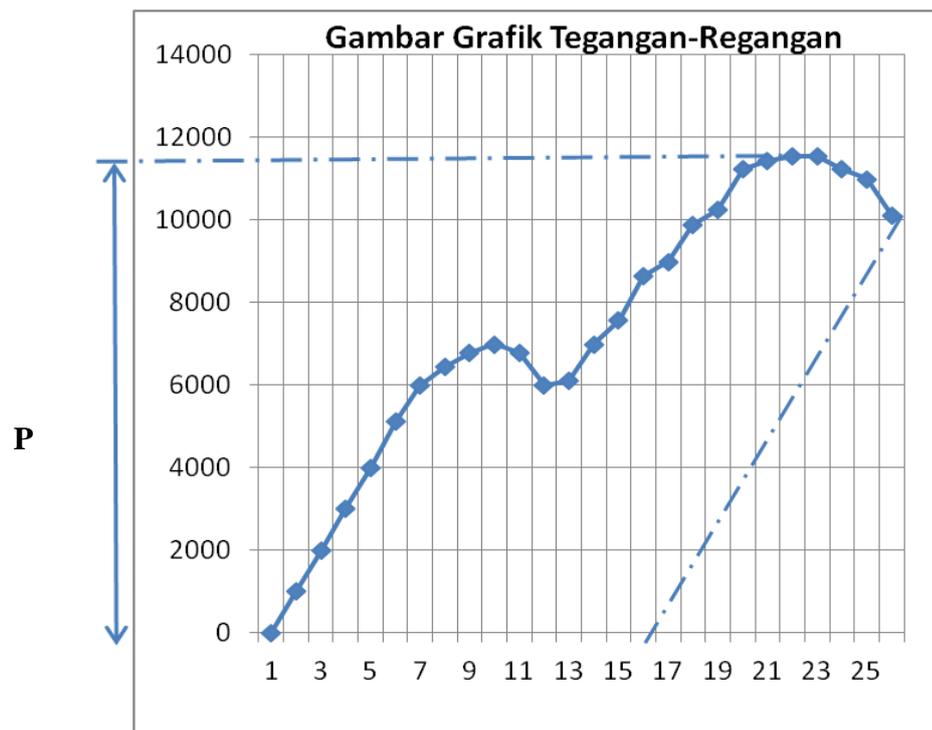
Contoh Perhitungan

Berdasarkan hasil pemeriksaan kekuatan tarik baja tulangan diperoleh data sebagai berikut;

Batang percobaan proporsional dp.5 dimana; $d = 10 \text{ mm}$, $L_0 = 50 \text{ mm}$, $L_0 + 2 \text{ m} = 60 \text{ mm}$, $L_t = 136 \text{ mm}$, dan beban P serta perpanjangan benda uji seperti pada tabel di bawah.

Tabel 48. Hasil Pengujian Kuat Tarik Baja

$\nabla(\text{mm})$	P (kgf)	$\nabla(\text{mm})$	P(kgf)
0	0	6,5	7000
0,5	1000	7	7564
1	2000	7,5	8645
1,5	3000	8	9000
2	4000	8,5	9876
2,5	5123	9	10243
3	6000	9,5	11231
3,5	6453	10	11425
4	6789	10,5	11543
4,5	6999	11	11543
5	6785	11,5	11234
5,5	6000	12	11000
6	6112	12,5	10120



Gambar 51. Grafik Hasil Pemeriksaan Kekuatan Tarik Baja Tulangan

Berdasarkan tabel hasil pemeriksaan kekuatan tarik baja di atas, digambarkan grafik tegangan-regangan seperti gambar 44, untuk menentukan batas regangan 0,2 yaitu ;

(1) Menentukan besar perpanjangan C dari grafik tarik diperoleh sebesar 16,5 mm, dimana $L_u = 75$ mm

(2) Tentukan regangan setelah putus, $\delta \rightarrow \delta = \frac{L_u - L_o}{L_o} \times 100$

(3) $\delta = \frac{75 - 50}{50} \times 100 = 50\%$

(4) Hitung perpanjangan regangan 0,2 % sebagai berikut;

$$0,2 \times \frac{C}{\delta} \text{ mm} = 0,2 \times \frac{16,5}{50} = 0,066$$

(5) Tarik garis sejajar dengan garis bukuus AB, pada jarak $0,2 \times \frac{C}{\delta}$ mm dari A. Titik potong antara garis ini dengan grafik menunjukkan batas regangan 0,2.

(6) Kekuatan tarik, $\sigma_B = \frac{P}{S_o} = \frac{11576}{7,85} = 1475 \text{ kgf/mm}^2$

(7) Batas ulur, $\sigma_v = \frac{Q}{S_o} = \frac{7250}{7,85} = 923,57 \text{ kgf/mm}^2$ untuk baja lunak

(8) Regangan, $\delta = \frac{L_u - L_o}{L_o} \times 100 = \frac{75 - 50}{50} \times 100 = 50\%$

(9) Kontraksi, $\psi = \frac{S_o - S_u}{S_o} \times 100 = \frac{7,85 - 6,45}{7,85} \times 100 = 17,83\%$

Jadi Kekuatan tarik adalah 1475 kgf/mm^2 dan Kekuatan tarik pada batas ulur adalah $923,57 \text{ kgf/mm}^2$

Tabel 49. Pemeriksaan Kekuatan Tarik Baja Tulangan

No	∇ (mm)	Beban (Kgf)	No	∇ (mm)	Beban (Kgf)
1	0,25		16	4,00	
2	0,50		17	4,25	
3	0,75		18	4,50	
4	1,00		19	4,75	
5	1,25		20	5,00	

6	1,50		21	5,25	
7	1,75		22	5,50	
8	2,00		23	5,75	
9	2,25		24	6,00	
10	2,50		25	6,25	
11	2,75		26	6,50	
12	3,00		27	6,75	
13	3,25		28	7,00	
14	3,50		29	7,25	
15	3,75		dst	dst	

c. Rangkuman

- 1) Tujuan pemeriksaan mekanik suatu logam, untuk mendapatkan data-data yang dapat menunjukkan sifat-sifat mekanik logam tersebut. Pemeriksaan tarik bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dan perubahan-perubahannya dari suatu logam terhadap pembebanan tarik. Pemeriksaan ini umumnya diperuntukan bagi pemeriksaan beban-beban statik. Beban tarik tersebut dimulai dari nol dan berhenti pada beban atau tegangan patah tarik (*Ultimate Strength*) dari logam yang bersangkutan.
- 2) Apabila tegangan sudah mencapai titik *Yields Stress* maka benda uji sudah mulai nampak adanya pengecilan penampang. Retakan-retakan yang sudah mulai timbul pada titik *Ultimate Stress* akan semakin bertambah besar dan akhirnya benda uji akan patah pada titik *Fracture Stress*. Tetapi pada umumnya banyak logam yang tidak memiliki titik atau batas lumer yang jelas, terutama pada logam-logam yang rapuh. Pada diagram Tegangan-Regangan dari jenis logam tersebut titik lumer ditentukan dari harga tegangan dimana benda uji dari logam tersebut memperoleh perpanjangan (pertambahan panjang) permanen sebesar 0,2% dari panjang mula-mula. Tegangan ini biasanya dinamakan "Tegangan Net 0,2" dan merupakan dasar untuk menentukan *Yield Stress*

d. Tugas

Soal

- 1) Jelaskan perbedaan luas penampang pada perhitungan tegangan sebenarnya (true stress) dengan tegangan engineering pada baja.
- 2) Jelaskan apa yang dimaksud dengan patah getas (brittle fracture) dan patah ulet (ductile fracture) pada pemeriksaan kekuatan tarik baja
- 3) Hitunglah panjang ukur semula (L_0) bila luas penampang semula (S_0) = 21,5 mm²) dengan batang percobaan proporsional (dp 10 dan dp 5)
- 4) Dari hasil pemeriksaan diketahui : beban (P) = 5421 Kgf, dengan luas penampang 26,45 mm² hitunglah kekuatan tarik baja
- 5) Pada pemeriksaan kuat tarik baja, bila luas penampang benda uji melebihi kapasitas mesin tarik, apa yang harus anda lakukan, dan berapa kecepatan pembebanan tarik pada pemeriksaan tersebut ?.

Benar Salah

- 1) Batang percobaan proporsional adalah batang percobaan dengan perbandingan yang sama antara panjang ukur L_0 dan luas penampang S_0 , dimana panjang ukur L_0 dinyatakan dengan rumus; $L_0 = k \sqrt{S_0}$, dimana; L_0 = panjang ukur semula (mm), k = nilai konstanta, S_0 = luas penampang terkecil semula (mm²).
- 2) Mesin uji tarik untuk pemeriksaan kekuatan tarik baja tulangan harus dapat menarik batang percobaan dengan kecepatan merata dan dapat diatur, sehingga kecepatan naiknya dengan tidak melebihi 1 kgf/mm² tiap detik
- 3) Untuk batang percobaan proporsional dp 10, nilai $k = 5,65$ sehingga panjang ukur $L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$ atau $L_0 = 10 d$, hal ini sesuai dengan ketentuan untuk kekuatan tarik baja keras.
- 4) Untuk pemeriksaan kekuatan tarik dengan batang percobaan proporsional dp5, diketahui, $\emptyset = 12$ mm, maka $L_0 = 60$ mm, sedangkan untuk dp10 dengan diameter yang sama L_0 adalah 120 mm
- 5) Apabila luas penampang benda uji melebihi kapasitas mesin tarik, benda uji dapat langsung diuji tanpa merubah bentuk serta ukuran asalnya, dengan catatan ambil beban yang paling maksimum.

- 6) Berdasarkan hasil pemeriksaan kekuatan tarik baja tulangan diperoleh data sebagai berikut; beban ulur = 5672 kgf, dan beban putus adalah 7856 kgf, $L_0 = 40$ mm dimana diameter benda uji adalah 8 mm, maka tegangan tarik adalah 982 kgf/mm^2 .
- 7) Diketahui luas penampang benda uji semula sebelum pengujian adalah $11,65 \text{ mm}^2$ dan luas penampang terkecil dari benda uji setelah pengujian (putus) adalah $8,75 \text{ mm}^2$ dengan batang percobaan dp 10, maka kontraksi adalah $24,89 \%$
- 8) Patah getas adalah : tidak ada reduksi luas penampang patahan, patahan tampak lebih mengkilap dan bidang patahan relatif tegak lurus terhadap tegangan tarik, dan pembebanan dinamis.
- 9) Tegangan leleh 167 sd 564 MPa adalah baja tersebut mempunyai kekuatan tarik lebih besar dari 167 sd 564 MPa, kemudian terjadi leleh atau ulur (tidak mempunyai kekuatan lagi)
- 10) Perbedaan logam non ferro dengan logam ferro adalah; logam ferro mempunyai kekerasan yang lebih tinggi, dan kadar carbon yang lebih besar dibandingkan logam non ferro. Logam ferro adalah baja dan besi, sedangkan logam non ferro adalah timah, kuningan, tembaga, bouksit, nikel dll.

Kunci Jawaban Tugas

Soal

- 1) Untuk perhitungan tegangan sebenarnya adalah ; nilai Luas penampang yang dipakai adalah luas penampang saat itu (aktual), sehingga ketika terjadi *Necking* (pengecilan penampang), nilai Tegangan tariknya justru tetap naik, dan untuk tegangan engineering adalah ; nilai luas penampang yang dipakai adalah luas penampang mula-mula.
- 2) Patah Getas dan Patah Ulet:
 - Patah getas adalah : tidak ada reduksi luas penampang patahan, patahan tampak lebih mengkilap dan bidang patahan relatif tegak lurus terhadap tegangan tarik, dan pembebanan dinamis.
 - Sedangkan patah ulet adalah : ada reduksi luas penampang patahan, tempo patah lebih lama, dan daerah patahan lebih halus dan berserabut

- 3) Untuk dp 5 : $L_0 = 5,65 \sqrt{21,5} = 26,19$ mm dan untuk dp 10 : $L_0 = 11,3 \sqrt{21,5} = 52,39$ mm
- 4) $\sigma = \frac{5421}{26,45} = 204,95$ kgf/mm²
- 5) Bila luas penampang baja melebihi kapasitas tarik mesin, maka benda uji harus dirubah bentuk serta ukurannya dengan mesin bubut sampai memenuhi kapasitas mesin, dan pemeriksaan dilakukan dengan kecepatan tarik 1 kgf/mm²

Benar Salah

- 1) B
- 2) B
- 3) S
- 4) B
- 5) S
- 6) S
- 7) B
- 8) B
- 9) S
- 10) B

e. Tes Formatif

Petunjuk:

Bacalah soal-soal di bawah ini dengan cermat dan teliti, kemudian jawablah pertanyaan tersebut pada lembar jawaban yang telah disediakan. Untuk pilihan ganda anda diminta untuk memilih jawaban yang paling tepat dari alternatif jawaban yang tersedia dengan cara memberi tanda silang (X).

Soal.

- 1) Sebutkan urutan prosedur desain struktur baja dan apa yang dimaksud dengan redesain.
- 2) Apa yang dimaksud dengan sifat elastis pada baja

- 3) Sebutkan perbedaan logam non ferro dan logam ferro serta sebutkan masing-masing logam
- 4) Jelaskan apa yang dimaksud dengan tegangan leleh 167 sd 564 MPa dalam struktur baja
- 5) Jelaskan keuntungan rangka atap baja ringan pada struktur bangunan
- 6) Jelaskan apa yang dimaksud dengan patah getas (brittle fracture) dan patah ulet (ductile fracture) pada pemeriksaan kekuatan tarik baja
- 7) Pada pemeriksaan kuat tarik baja, bila luas penampang benda uji melebihi kapasitas mesin tarik, apa yang harus anda lakukan, dan berapa kecepatan pembebanan tarik pada pemeriksaan tersebut ?.
- 8) Jelaskan perbedaan luas penampang pada perhitungan tegangan sebenarnya (true stress) dengan tegangan engineering pada baja.
- 9) Hitunglah panjang ukur semula (L_0) bila luas penampang semula (S_0) = 21,5 mm²) dengan batang percobaan proporsional (dp 10 dan dp 5)
- 10) Dari hasil pemeriksaan diketahui : beban (P) = 5421 Kgf, dengan luas penampang 26,45 mm² hitunglah kekuatan tarik baja

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

- 1) Urutan prosedur desain adalah:
 - Perencanaan
 - Konfigurasi struktur pendahuluan
 - Penentuan beban-beban
 - Pemilihan batang pendahuluan
 - Analisis
 - Evaluasi, dan
 - Redisain
 - Redisain adalah pemeriksaan ulang (kontrol) bagian mana saja dari urutan perencanaan sampai evaluasi yang perlu diperbaiki
- 2) Yang dimaksud dengan sifat elastis pada baja adalah sampai batas tertentu bahan baja mengalami pembebanan dan akibat pembebanan tersebut, akan mengalami perubahan bentuk, tetapi setelah pembebanan dihentikan maka bahan baja akan kembali pada bentuk semula.
- 3) Perbedaan logam non ferro dengan logam ferro adalah; logam ferro mempunyai kekerasan yang lebih tinggi, dan kadar carbon yang lebih besar

dibandingkan logam non ferro. Logam ferro adalah baja dan besi, sedangkan logam non ferro adalah timah, kuningan, tembaga, bouksit, nikel dll.

- 4) Tegangan leleh 167 sd 564 MPa adalah baja tersebut mempunyai kekuatan tarik sebesar 167 sd 564 MPa, kemudian terjadi leleh atau ulur (tidak mempunyai kekuatan lagi)
- 5) Keunggulan menggunakan Rangka [Atap](#) Baja Ringan
 - Lebih mengutamakan struktur dengan sistem plat Buhul di setiap tumpuan sendi (seperti jembatan) lebih kokoh dari kuda-kuda baja lainnya.
 - Konstruksi atap baja stabil dan aman
 - Menggunakan tumpuan sendi dan roll
 - Prefabrikasi perkomponen
 - [Atap](#)baja Tahan terhadap karat, rayap dan perubahan cuaca dan kelembaban
 - Atap baja Bisa dipakai dengan genteng metal maupun keramik atau beton yang berat
 - Atap baja Dirancang stabil terhadap tekuk, puntir serta muai/mulur
 - Pemasangan yang profesional dan terlatih hingga cepat pengerjaannya
 - Terdapat banyak pilihan jenis kuda-kuda
 - Pemilihan bentang: 6 m - 8 m (bentang kecil), 8 m - 10 m (bentang menengah), 10 m - 12 m (bentang besar)
- 6) Patah getas adalah : tidak ada reduksi luas penampang patahan, patahan tampak lebih mengkilap dan bidang patahan relatif tegak lurus terhadap tegangan tarik, dan pembebanan dinamis.
Sedangkan patah ulet adalah : ada reduksi luas penampang patahan, tempo patah lebih lama, dan daerah patahan lebih halus dan berserabut
- 7) Bila luas penampang baja melebihi kapasitas tarik mesin, maka benda uji harus dirubah bentuk serta ukurannya dengan mesin bubut sampai memnuhi kapasitas mesin. Pemeriksaan dilakukan dengan kecepatan tarik 1 kgf/mm²
- 8) Untuk perhitungan tegangan sebenarnya adalah ; nilai Luas penampang yang dipakai adalah luas penampang saat itu (aktual), sehingga ketika terjadi *Necking* (pengecilan penampang), nilai Tegangan tariknya justru tetap naik, dan untuk tegangan engineering adalah ; nilai luas penampang yang dipakai adalah luas penampang mula-mula.

9) Untuk dp 5 : $Lo = 5,65 \sqrt{21,5} = 26,19$ mm dan untuk dp 10 : $Lo = 11,3 \sqrt{21,5} = 52,39$ mm

10) $\sigma = \frac{5421}{26,45} = 204,95$ kg/mm²

5. Kegiatan Belajar 6. Balok persegi dan Plat Lantai Bertulangan Tarik Saja

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari unit ini, peserta didik/siswa diharapkan dapat :

Menentukan/menghitung karakteristik mutu beton berdasarkan hasil pengujian dari kubus/silinder beton sesuai dengan SNI

Menjelaskan peraturan dan standar perencanaan struktur beton bertulang sesuai dengan SK SNI

Menjelaskan kekuatan beton terhadap gaya tekan dan gaya tarik

Menjelaskan Perhitungan balok terlentur dengan menggunakan prinsip keseimbangan statika

Menjelaskan perhitungan balok persegi dan plat bertulangan tarik saja pada suatu gelagar balok bentang sederhana

b. Uraian Materi

1) Kuat Tekan Karakteristik Beton

Untuk menentukan kuat tekan karakteristik beton adalah dengan melakukan pengujian kuat tekan beton dengan jumlah benda uji sebanyak 60 buah atau 30 pasang (kubus/silinder beton) dengan mempergunakan rumus sebagai berikut :

$$f_c' = f_{c'r} - k S_d$$

dimana :

f_c' = kuat tekan karakteristik beton (MPa)

$f_{c'r}$ = kuat tekan rata-rata dari hasil pengujian (MPa)

k = nilai konstanta dengan tingkat kegagalan 5 % $\rightarrow 1,64$

S_d = standar deviasi dari hasil pengujian (MPa)

$$f_{c'r} = \frac{\sum_{i=1}^n f'_{ck}}{N}$$

f'_{ck} = kuat tekan sepasang benda uji (MPa)

N = jumlah pasangan benda uji (sebanyak 30 pasang)

$$S_d = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (f'_{ck} - f'_{cr})^2}}{N - 1} \quad (\text{MPa})$$

Tabel 50. Kuat Tekan Hasil Perhitungan:

No	Kuat Tekan (fc'k) MPa	No	Kuat Tekan (fc'k) MPa	No	Kuat Tekan (fc'k) MPa
1	21,7	11	22,8	21	23,7
2	20,4	12	20,9	22	20,8
3	22,8	13	24,7	23	24,8
4	23,4	14	22,5	24	25,8
5	26,9	15	24,9	25	22,0
6	22,6	16	19,6	26	24,1
7	20,5	17	20,8	27	21,5
8	22,0	18	25,6	28	22,3
9	25,3	19	24,1	29	24,6
10	21,9	20	21,8	30	21,9

$$f'_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^n f'_{ck}}{N} = \frac{686,7}{30} = 22,89 \text{ MPa}$$

$$S_d = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (f'_{ck} - f'_{cr})^2}}{N - 1}$$

$$= \frac{\sqrt{(21,7 - 22,89)^2 + (20,4 - 22,89)^2 + \dots + (21,9 - 22,89)^2}}{30 - 1}$$

$$= 1,85 \text{ MPa}$$

$$\text{Maka : } f_c' = f'_{cr} - k S_d$$

$$= 22,89 - (1,64) (1,85) = 19,85 \text{ MPa}$$

Modulus Elastisitas Beton dan Baja Tulangan

Untuk beton yang mempunyai unit massa (W_c) diantara 1500 dan 2500 kg/m^3

$$\text{Bukuus Elastisitas Beton } (E_c) = 0,043 (W_c)^{1,5} \sqrt{f'_c} \text{ (MPa)}$$

Dimana :

W_c : unit massa dari beton (kg/m^3)

f'_c : kuat tekan beton untuk benda uji silinder ukuran $\varnothing 150 \text{ mm}$ x 300 mm dengan nilai 0,83 dikalikan karakteristik beton ($0,83 \times \sigma'_{bk}$)

σ'_{bk} adalah tegangan karakteristik benda uji kubus 150 mm x 150 mm x 150 mm dengan tingkat kegagalan 5 % (PBI 1971)

Contoh Perhitungan

Hitunglah besarnya modulus elastisitas beton (E_c) untuk beton mutu K-180 ($\sigma'_{bk} = 180 \text{ kgf/cm}^2$) dengan $W_c = 2100 \text{ kg/m}^3$

Penyelesaian:

$$\sigma'_{bk} = 180 \text{ kgf/cm}^2 = 18 \text{ MPa} \rightarrow 1 \text{ MPa} = 10 \text{ kgf/cm}^2$$

$$f_c' = 0,83 (18) = 14,94 \text{ MPa}$$

$$\text{maka } E_c = 0,043 (W_c)^{1,5} \sqrt{f_c'} = 0,043 (2100)^{1,5} \sqrt{14,94} = 15994,57 \text{ Mpa}$$

Untuk beton normal ($W_c = 2300 \text{ kg/m}^3$)

$$\text{Modulus Elastisitas Beton } (E_c) = 4700 \sqrt{f_c'} \text{ (MPa)}$$

Contoh perhitungan.

Tentukanlah besarnya modulus elastisitas beton (E_c) untuk mutu beton \rightarrow K- 250 ($f_c' = 25 \text{ MPa}$)

Penyelesaian:

$$\sigma'_{bk} = 250 \text{ kgf/cm}^2 = 25 \text{ MPa}$$

$$f_c' = 0,83 \times 25 = 20,75 \text{ MPa}$$

$$\text{maka } E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{20,75} = 21409,52 \text{ MPa}$$

Untuk baja tulangan

$$\text{Modulus Elastisitas Baja } (E_s) = 200.000 \text{ MPa} = 2 \cdot 10^6 \text{ kgf/cm}^2$$

Catatan :

Konversi Satuan

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N / mm}^2$$

$$1 \text{ Kgf} = 10 \text{ N}$$

$$1 \text{ Tonf} = 10 \text{ kN}$$

$$1 \text{ kgf / cm}^2 = 0,1 \text{ N / mm}^2$$

$$1 \text{ MPa} = 10 \text{ kgf / cm}^2$$

dimana :

$$\text{MPa} = \text{mega pascal}$$

$$\text{N} = \text{Newton}$$

Satuan beban = kN / m

Satuan gaya = N atau kN

Satuan Momen= kNm atau Nmm

2) Peraturan dan Standar Perencanaan Struktur beton bertulang

Peraturan dan standar persyaratan struktur bangunan pada hakekatnya ditujukan untuk kesejahteraan umat manusia, untuk mencegah korban manusia. Oleh karena itu, peraturan struktur bangunan harus menetapkan syarat minimum yang berhubungan dengan segi keamanan. Di Indonesia, peraturan atau pedoman standar yang mengatur perencanaan dan pelaksanaan bangunan beton bertulang telah beberapa kali mengalami perkembangan atau perubahan, sejak Peraturan Beton Indonesia 1955 (PBI 1955) kemudian Peraturan Beton bertulang Indonesia (PBI 1971) dan yang terakhir adalah Standar tata Cara Perhitungan Struktur Beton yang dikenal dengan SK SNI T-15-1991-03.

Pembaharuan tersebut bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam dan perkembangan teknologi dalam bidang teknik sipil khususnya struktur beton bertulang. PBI 1955 memberikan ketentuan perencanaan dengan cara perencanaan menggunakan metode elastisitas atau cara "n" dengan menggunakan nilai banding modulus elastisitas baja dan beton yang bernilai tetap untuk segala keadaan bahan dan pembebanan. Sedangkan PBI 1971, memberikan beberapa pembaharuan yaitu; perhitungan menggunakan metode elastik atau disebut juga dengan cara "n" atau metode tegangan kerja. Metode ini menggunakan nilai n yang variabel tergantung pada mutu beton dan pembebanan. Kemudian memperkenalkan perhitungan metode kekuatan batas (ultimate strength) serta dasar-dasar perhitungan bangunan tahan gempa.

SK SNI T-15-1991-03 memberikan ketentuan ketentuan baru, antara lain yang terpenting untuk diperhatikan adalah:

- Perhitungan perencanaan lebih diutamakan serta diarahkan untuk menggunakan metode kekuatan batas (ultimet),

sedangkan metode elastik masih tercantum sebagai alternatif dan diberikan dibagian belakang

- Konsep perhitungan keamanan dan beban yang lebih realistik dihubungkan dengan tingkat daktilitas struktur
- Tata cara perhitungan geser dan puntir pada kekuatan batas
- Menggunakan satuan SI dan notasi disesuaikan dengan yang dipakai dikalangan internasional
- Ketentuan-ketentuan detail penulangan yang lebih rinci untuk beberapa komponen struktur
- Mengetengahkan beberapa ketentuan yang belum tersedia pada peraturan sebelumnya, misalnya mengenai struktur bangunan tahan gempa, beton pra tegangan, pracetak, komposit, cangkang, plat lipat, dan lain-lain.

a) Persyaratan Kekuatan

Faktor keamanan dalam struktur bangunan bertujuan untuk mengendalikan kemungkinan terjadinya runtuh yang membahayakan bagi penghuni dan memperhitungkan faktor ekonomisnya bangunan. Untuk mendapatkan faktor keamanan yang sesuai, perlu ditetapkan kebutuhan relatif yang ingin dicapai sebagai dasar konsep faktor keamanan tersebut. Struktur bangunan dan komponen-komponennya harus direncanakan untuk mampu memikul beban yang lebih besar dari beban yang bekerja. Kapasitas lebih tersebut disediakan untuk memperhitungkan dua keadaan, yaitu kemungkinan terdapatnya beban kerja yang lebih besar dari yang ditetapkan dan terjadinya penyimpangan kekuatan komponen struktur akibat bahan dasar ataupun pengerjaan yang tidak sesuai dengan standar yang ditetapkan.

Pada prinsipnya kuat rencana adalah kekuatan yang tersedia harus lebih besar atau sama dengan kekuatan yang dibutuhkan. Kekuatan setiap penampang harus diperhitungkan dengan menggunakan prinsip tersebut. Kekuatan yang dibutuhkan atau disebut kuat perlu sesuai SK SNI, disebut sebagai beban rencana ataupun momen, gaya

geser, dan gaya-gaya lain yang berhubungan dengan beban rencana. Beban rencana diperoleh dari mengalikan beban kerja dengan faktor beban

b) Kuat Perlu

Agar struktur dan komponen struktur memenuhi syarat kekuatan maka beban untuk perhitungan harus memenuhi ketentuan berikut :

- Struktur memikul beban mati ($D = \text{"dead load"}$) dan beban hidup ($L = \text{"live load"}$) maka beban untuk perencanaan U adalah :

$$U = 1,2 D + 1,6 L$$

- Jika struktur memikul beban angin W ("wind load"), beban mati D dan beban hidup L maka : $U = 0,75 (1,2 D + 1,6 L + 1,6 W)$

dibandingkan dengan kondisi beban hidupnya yang kosong :

$$U = 0,9 D + 1,3 W \quad \text{diambil nilai terbesar tetapi tidak boleh lebih kecil dari } (1,2 D + 1,6 L)$$

- Struktur memikul beban gempa E ("earthquake load") disamping beban mati D dan beban hidup L maka nilai U adalah :

$$U = 1,05 (D + L_R \pm E) \text{ atau}$$

$$U = 0,9 (D \pm E) \rightarrow \text{diambil nilai terbesar}$$

L_R adalah beban hidup yang telah direduksi

c) Kuat Rencana

Dalam menentukan kuat rencana suatu komponen struktur, maka kuat nominalnya harus direduksikan dengan faktor reduksi kekuatan yang disesuaikan dengan sifat beban. Kuat rencana yang tersedia pada suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lainnya, dan penampangnya, dalam kriteria lentur, beban normal geser dan torsi, harus diambil sebagai kekuatan nominal yang

dihitung berdasarkan ketentuan dan asumsi, dikalikan dengan suatu faktor reduksi kekuatan ϕ .

Faktor reduksi ϕ . Menurut SK SNI T – 15 – 1991 ps 3.2.3 adalah sebagai berikut:

- (1) Untuk lentur tanpa beban aksial (= gaya normal) :0,80
 - (2) Untuk beban aksial dan beban aksial + lentur
 - (3) Aksial tarik dan aksial tarik + lentur : 0,80
 - (4) Aksial tekan dan aksial tekan + lentur :
 - tulangan spiral + sengkang 0,70
 - sengkang biasa 0,65
- Geser dan torsi: 0,60
- Untuk tumpuan (perletakan): 0,70

Catatan :

Untuk lentur + aksial

Nilai ϕ tergantung pada besarnya ϕP_n dimana jika nilai $\phi P_n = 0,1 f_c' \cdot A_g$ maka besarnya ϕ adalah 0,65 untuk sengkang biasa dan 0,70 untuk spiral, tetapi pada $\phi P_n = 0 \rightarrow$ nilai ϕ adalah 0,8

Kuat Rencana Tulangan

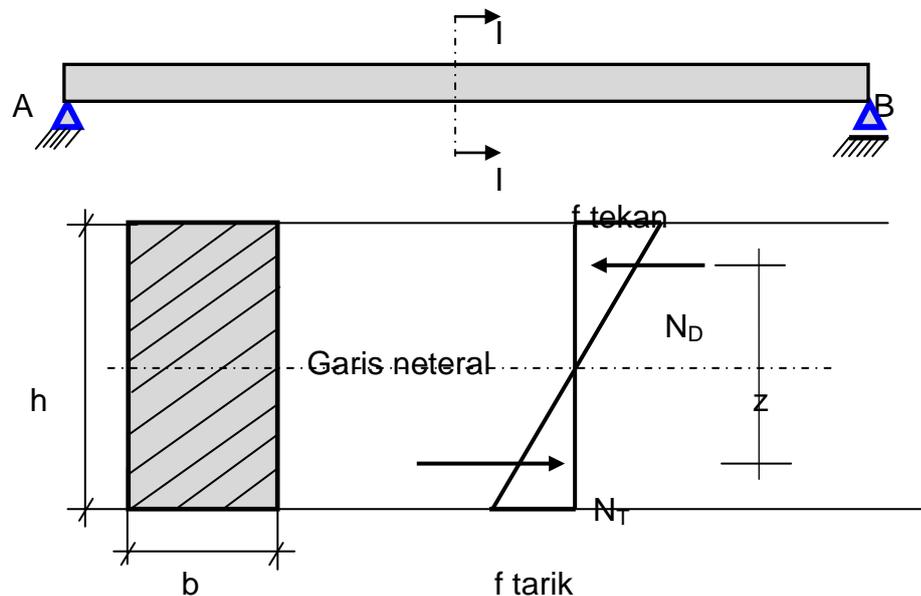
Perencanaan tidak boleh didasarkan pada kuat leleh tulangan f_y yang melebihi 550 MPa, kecuali untuk tendon pratekan.

Kontrol Terhadap Lendutan

Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekuatan yang cukup untuk membatasi lendutan atau deformasi apapun yang mungkin memperlemah kekuatan struktur pada beban kerja. Berikut ini merupakan tebal minimum pelat satu arah dan tinggi balok non pratekan, yang dipersyaratkan agar lendutan tidak perlu diperhitungkan.

3) Balok Terlentur

Amatilah gambar di bawah ini secara seksama, dimana balok AB terletak pada tumpuan AB, tumpuan A adalah sendi dan tumpuan B adalah rol (hal ini sudah anda pelajari pada mata pelajaran statika di kelas X). Perhatikan penampang balok dengan diagram tegangan tekan dan tegangan tarik, selanjutnya peristiwa apa yang terjadi pada tumpuan A dan B serta berapakah momen maksimum yang terjadi pada balok tersebut.



Gambar 52. Penampang Balok dan Diagram Tegangan

Berdasarkan konsep dan prinsip keseimbangan statika dapat ditentukan besar momen dan geser yang terjadi pada setiap penampang balok yang bekerja menahan beban. Untuk menentukan kekuatan balok menahan beban dengan cara memperhitungkan tegangan-tegangan yang timbul di dalamnya. Distribusi tegangan-tegangan pada penampang balok dapat diperoleh berdasarkan teori elastisitas, dengan asumsi-asumsi dan penyederhanaan tertentu dapat dikembangkan hubungan matematik cukup tepat untuk tegangan-tegangan lentur dan geser. Untuk balok dari sembarang bahan yang homogen dan elastik dapat digunakan rumus lenturan sebagai berikut:

$$f = \frac{Mc}{I}$$

Dimana,

f = tegangan lentur

M = momen yang bekerja pada balok

c = jarak serat terluar terhadap garis netral, baik di daerah tekan, maupun tarik

I = momen inersia penampang balok terhadap garis netral

Sedangkan momen tahanan (M_r) adalah;

$$M_r = \frac{fb I}{c}$$

Dimana,

M_r = momen tahanan

fb = tegangan lentur ijin

Prinsip tersebut dapat dilakukan secara langsung untuk balok dari sembarang bahan yang homogen dengan bentuk dan ukuran penampang tertentu dimana momen inersia dapat dihitung dengan mudah. Lin halnya dengan balok beton bertulang, penggunaan rumus lentur tersebut akan menghadapi masalah terutama sehubungan sifat bahan beton bertulang yang tidak homogen dan tidak berperilaku elasti pada seluruh jentang kekuatannya.

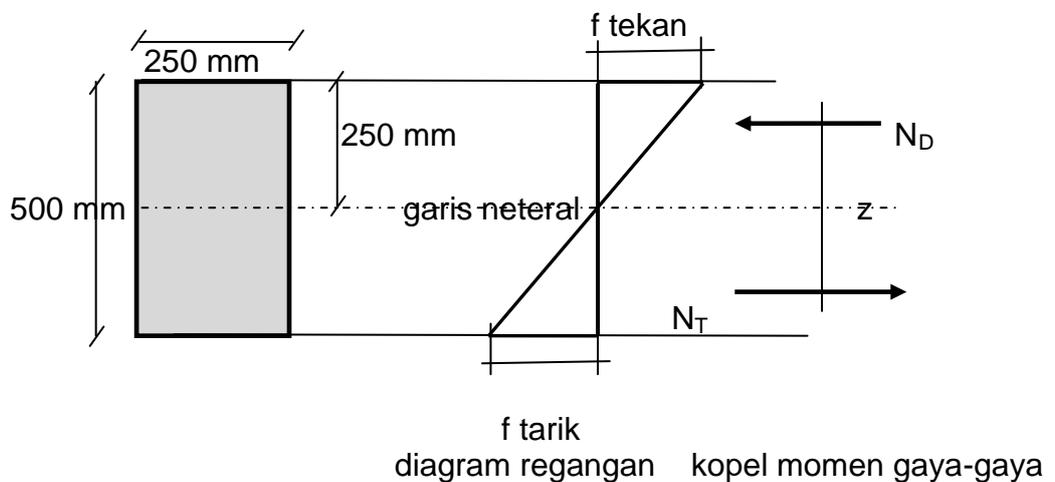
Konsep lain ialah konsep kopel momen dalam, yang jika digunakan untuk menganalisis kuat balok akan bersifat lebih umum dan dapat digunakan baik untuk bahan balok homogen ataupun tidak, juga untuk balok yang mempunyai distribusi tegangan linier maupun nonlinier. Konsep tersebut akan memudahkan bila digunakan untuk menggambarkan pola tahanan dasar yang terjadi.

Untuk dapat mengenal lebih jauh kedua konsep, yaitu metode kopel momen dalam dan rumus lenturan, berikut ini dijelaskan tiga macam balok kayu homogen yang berbeda, agar dapat dibandingkan, contoh penyelesaian permasalahan menggunakan kedua macam pendekatan tersebut.

Contoh perhitungan

Suatu balok kayu dengan potongan seperti gambar di bawah (gambar 2) digunakan pada jarak bentangan 7,0 m diantara dua perletakan sendi dan rol serta menahan beban total (termasuk berat sendiri) 18,6 kNm. Dengan ukuran (250 x 500) mm. Diminta untuk menghitung; tegangan lentur maksimum menggunakan cara kopel momen dalam dan memeriksa hasilnya dengan menggunakan rumus lenturan.

Penyelesaian:



Gambar 53. Diagram regangan dan kopel momen

Berdasarkan gambar diagram pembebanan di atas, momen maksimum dapat dihitung sebagai berikut;

$$M_{maks} = \frac{1}{8} q l^2 = \frac{1}{8} (18,6)(7)^2 = 113,93 \text{ kNm}$$

Untuk menghitung tegangan lentur maksimum diperoleh sbagai berikut; perhatikan gambar di atas, letak garis neteral berada di tengah-tengah balok. Nilai tegangan dan regangan pada penampang terdistribusi mengikuti garis lurus dari titik bernilai nol di garis neteral, yang merupakan sumbu titik berat ke nilai maksimum di serat tepi terluar. Pada bagian atas garis neteral adaalah tempat bekerjanya gaya tekan, sedangkan bagian bawah dari garis neteral adalah gaya tarik.

Resultante gaya tekan dalam disebut N_D (merupakan jumlah seluruh satuan gaya tekan) dan resultante gaya tarik dalam disebut N_T (merupakan jumlah seluruh satuan gaya tarik)

N_D dan N_T masing-masing bekerja pada titik berat segi tiga distribusi tegangan, baik untuk tegangan tekan ataupun tarik. Lengan momen (jarak antara N_D dan N_T) adalah z dengan nilai: $(500 - 2/3 (250)) = 333,33 \text{ mm}$

Kalian masih ingat, syarat keseimbangan $\sum(H)=0$ Maka N_D harus sama dengan D_T , kedua gaya tersebut bekerja bersamaan menimbulkan kopel momen dalam (momen tahanan dalam) masing-masing sebesar $(N_D) z$ dan $(N_T) z$.

Untuk setiap penampang, momen tahanan dalam harus dapat mengimbangi momen lentur yang ditimbulkan oleh beban luar yang bekerja.

Maka, $M_{maks} = N_D (z)$ atau $N_T (z)$

$$113,93 (10)^3 = N_D (333,33)$$

Dengan demikian,

$$N_D = N_T = 341,79 \text{ kN}$$

$N_D = (\text{luas segi tiga tegangan}) \times (\text{lebar balok})$ atau

$$N_D = 341,79 (10)^3 = \frac{1}{2} (250) f_{tekan} (250)$$

Karena letak garis netral di tengah-tengah, maka:

$$f_{tekan} = f_{tarik} = 10,93 \text{ N/mm}^2$$

Dengan demikian, balok kayu mampu menahan beban sebesar 18,6 kNm apabila tegangan lentur ijin kayu yang digunakan lebih besar dari 10,93 N/mm²

Memeriksa hasilnya dengan menggunakan rumus lenturan:

$$f = \frac{Mc}{I}$$

$$\text{dimana : } I = \frac{1}{12} b h^3 = \frac{1}{12} (250)(500)^3 = 2604166668 \text{ mm}^4$$

$$f = \frac{113,93(10)^6 (250)}{2604166668} = 10,93 \text{ N/mm}^2$$

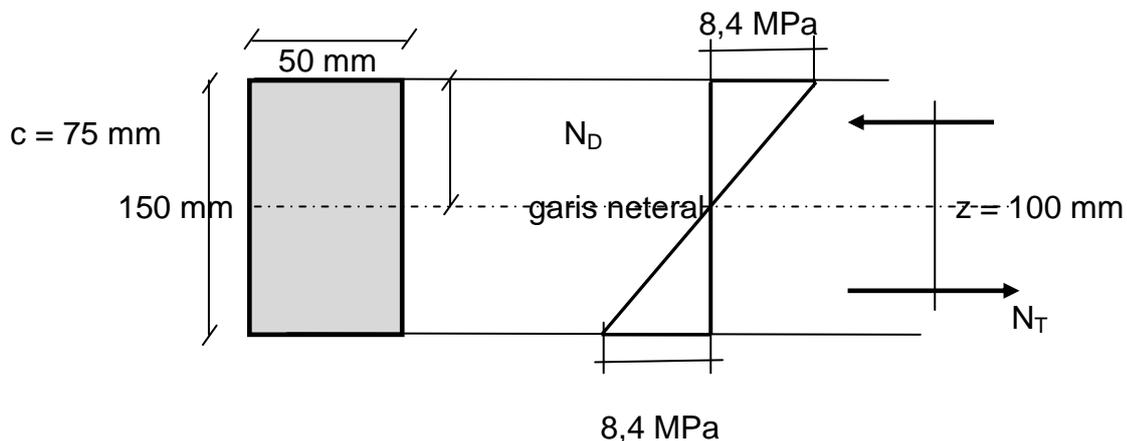
Penyelesaian di atas berdasarkan pada teori elastik dan menggunakan anggapan-anggapan sebagai berikut:

- Bidang potongan tampang rata sebelum terlentur akan tetap rata sesudah lenturan terjadi, berarti nilai regangan akibat lentur terdistribusi linier dengan nilai nol pada garis neteral dan nilai maksimum pada serat tepi terluar,
- Bahan bersifat serba sama, nilai bukuus elastis tidak bervariasi atau bernilai tetap, sehingga regangan berbanding lurus dengan tegangan didalam batas proporsional dan distribusi tegangan bervariasi linier, dengan nilai nol pada sumbe neteral dan nilai maksimum pada serat tepi terluar.

Cara pendekatan kopel momen dalam juga dapat digunakan untuk mendapatkan nilai kuat momen (momen tahanan/ M_r) suatu balok seperti contoh berikut.

Contoh Perhitungan

Diketahui seperti gambar di bawah, yaitu suatu balok kayu berpenampang empat persegi panjang, dimana tegangan ijin bahan kayu adalah 8,4 MPa. Tentukan besarnya momen tahanan (M_r)



Gambar 54. Sketsa Contoh

Penyelesaian:

Resultante gaya tarik dan gaya tekan adalah:

$$N_D = N_T = \frac{1}{2} (8,4) (75) (50) = 15,75 \text{ kN}$$

$$\frac{1}{2} (z) = \frac{2}{3} (75) = 50 \text{ mm}$$

$$M_r = N_D (z) = N_T (z) = 15,75 (100) (10)^{-3} = 1,575 \text{ kNm}$$

Pemeriksaan momen tahanan dengan menggunakan rumus lenturan;

$$f = \frac{Mc}{I} \quad \text{dan} \quad Mr = \frac{fb I}{c}$$

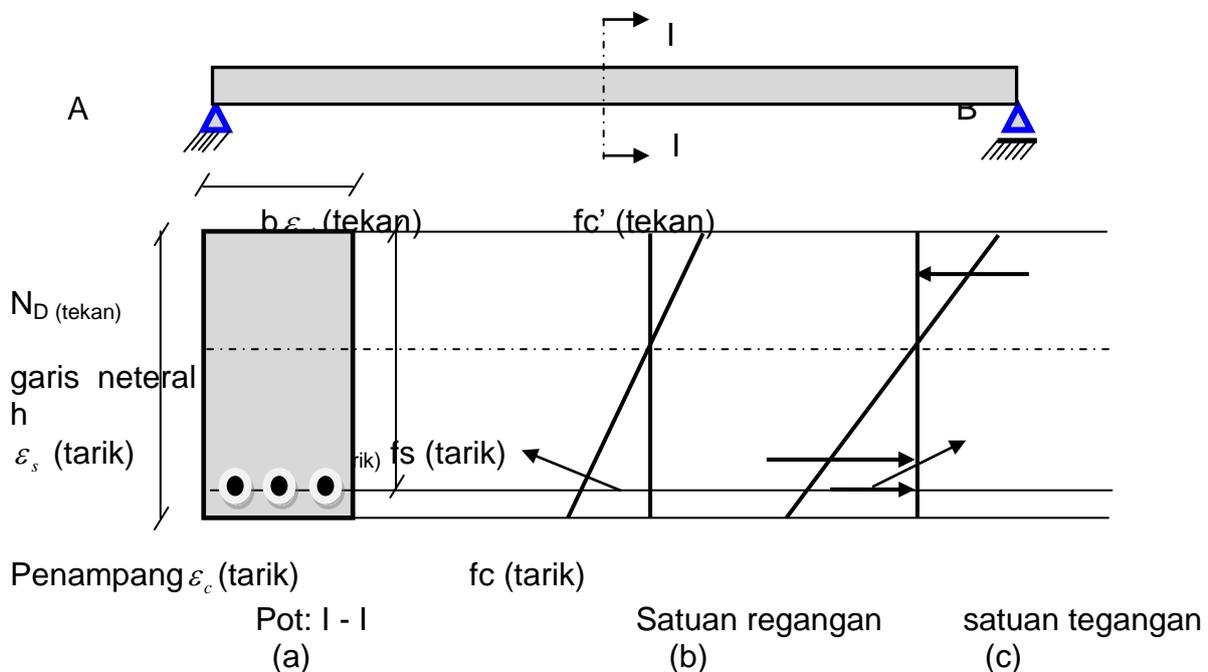
$$I = \frac{1}{12}(b h^3) = \frac{1}{12}(50)(150)^3 = 14062500 \text{ mm}^4 \quad \text{dan} \quad c = 75 \text{ mm}$$

$$Mr = \frac{8,4(14062500)10^3}{75} = 1,575 \text{ kNm}$$

4) Balok Persegi dan Plat bertulangan Tunggal atau Tarik Saja

Amatilah gambar di bawah ini dengan cermat, pada balok AB diberikan beban kerja yang masih kecil, dimana penampang yang mengalami tegangan tarik akibat beban kerja dipasang tulangan baja tarik saja, dan tampak diagram tegangan dan regangan juga tegangan tarik dan tekan.

Masih ingatkah anda statika pada kelas IX, balok AB ditumpu pada dua tumpuan yaitu; tumpuan A adalah sendi sedangkan tumpuan B adalah Rol. Apakah yang terjadi pada tumpuan A dan tumpuan B yang disebabkan oleh balok tersebut. Selanjutnya berapakah momen pada titik A dan B, serta berapakah momen maksimum yang terjadi ?.



Gambar 55. Lentur pada beban kecil

Suatu gelagar balok bentang sederhana beban yang mengakibatkan timbulnya momen lentur, akan terjadi deformasi (regangan) lentur di dalam balok tersebut. Pada kejadian momen lentur positif, regangan

akan terjadi di bagian atas dan regangan tarik di bagian bawah dari penampang. Regangan-regangan tersebut mengakibatkan timbulnya tegangan-tegangan yang harus ditahan oleh balok, tegangan tekan di sebelah atas dan tegangan tarik di bagian bawah. Agar stabilitasnya terjamin, batang balok sebagai bagian dari sistem yang menahan lentur harus kuat untuk menahan tegangan tekan dan tarik tersebut. Untuk memperhitungkan kemampuan dan kapasitas dukung komponen struktur beton terlentur (balok, plat, dinding, dan sebagainya), sifat utama bahwa bahan beton kurang mampu menahan tegangan tarik akan menjadi dasar pertimbangan. Dengan cara memperkuat dengan batang tulangan baja pada daerah dimana tegangan tarik bekerja akan didapat apa yang dinamakan struktur beton bertulang. Apabila dirancang dan dilaksanakan dengan cara yang seksama struktur beton bertulang dengan susunan bahan seperti tersebut di atas akan memberikan kemampuan yang dapat diandalkan untuk melawan lenturan.

Karena tulangan baja dipasang di daerah tegangan tarik bekerja, di dekat serat terbawah, maka secara teoritis balok disebut sebagai bertulangan tarik saja. Harap diingat bahwa di bagian tekan suatu penampang umumnya juga dipasang perkuatan tulangan, akan tetapi dengan pengertian mekanisme yang berbeda seperti yang akan dibahas lebih lanjut di belakang. Kecuali itu, agar penulangan membentuk suatu kerangka kokoh yang stabil umumnya pada masing-masing sudut komponen perlu dipasang tulangan baja.

a) Metode Analisis dan Perencanaan

Perencanaan komponen struktur beton dilakukan sedemikian rupa sehingga tidak timbul retak berlebihan pada penampang sewaktu mendukung beban kerja, dan masih mempunyai cukup keamanan serta cadangan kekuatan untuk menahan beban dan tegangan lebih lanjut tanpa mengalami runtuh. Timbulnya tegangan-tegangan lentur akibat terjadinya momen karena beban luar, dan tegangan tersebut merupakan faktor yang menentukan dalam menetapkan dimensi geometris penampang komponen struktur. Proses perencanaan atau analisis umumnya dimulai dengan memenuhi persyaratan terhadap lentur, kemudian baru segi-segi lainnya, seperti kapasitas geser, defleksi, retak,

dan panjang penyaluran, dianalisis sehingga keseluruhannya memenuhi syarat.

Seperti diketahui, untuk bahan yang bersifat serba-sama dan elastis, distribusi regangan maupun tegangannya linier berupa garis lurus dari garis netral kenilai maksimum di tepi serat terluar. Dengan demikian nilai tegangannya berbanding lurus dengan nilai regangan dan hal tersebut berlaku sampai dengan dicapainya batas sebanding. Untuk bahan baja dengan mutu yang umumnya digunakan sebagai komponen struktural, nilai batas sebanding dan nilai tegangan leleh letaknya berdekatan hampir berimpit, dan nilai tegangan lentur ijin didapat dengan cara lebih langsung dengan menggunakan faktor aman pembagi terhadap tegangan lentur patah. Dengan menggunakan cara penetapan tegangan lentur ijin seperti tersebut, yang didasarkan pada anggapan hubungan linier antara tegangan dengan regangan sesuai dengan prinsip teori elastisitas.

Walaupun disadari bahwa pada kenyataannya bahan beton bersifat tidak serba sama dan tidak sepenuhnya elastik, selama ini cara pendekatan linier seperti tersebut di atas juga digunakan dan dianggap benar bagi bahan beton. Selama kurun waktu cukup lama perencanaan serta analisis didasarkan pada pemahaman tersebut dan dinamakan sebagai metode elastik, cara "n" atau metode tegangan kerja.

Beberapa puluh tahun belakang ini telah di dikembangkan metode perencanaan kekuatan batas atau ultimate strength yaitu bahwa hubungan sebanding antara tegangan dan regangan dalam beton terdesak hanya berlaku sampai pada suatu batas keadaan pembebanan tertentu, yaitu pada tingkat beban sedang. Pendekatan ini dinamakan metode perencanaan kekuatan atau metode perencanaan kuat ultimit.

Anggapan-anggapan yang dipakai sebagai dasar untuk metode kekuatan (ultimit) pada dasarnya mirip dengan yang digunakan untuk metode tegangan kerja. Perbedaannya terletak pada kenyataan yang didapat dari berbagai hasil penelitian yang menunjukkan bahwa tegangan beton tekan kira-kira sebanding dengan regangannya hanya pada sampai pada tingkat pembebanan tertentu. Pada tingkat pembebanan ini, apabila beban ditambah terus, keadaan sebanding akan lenyap dan diagram

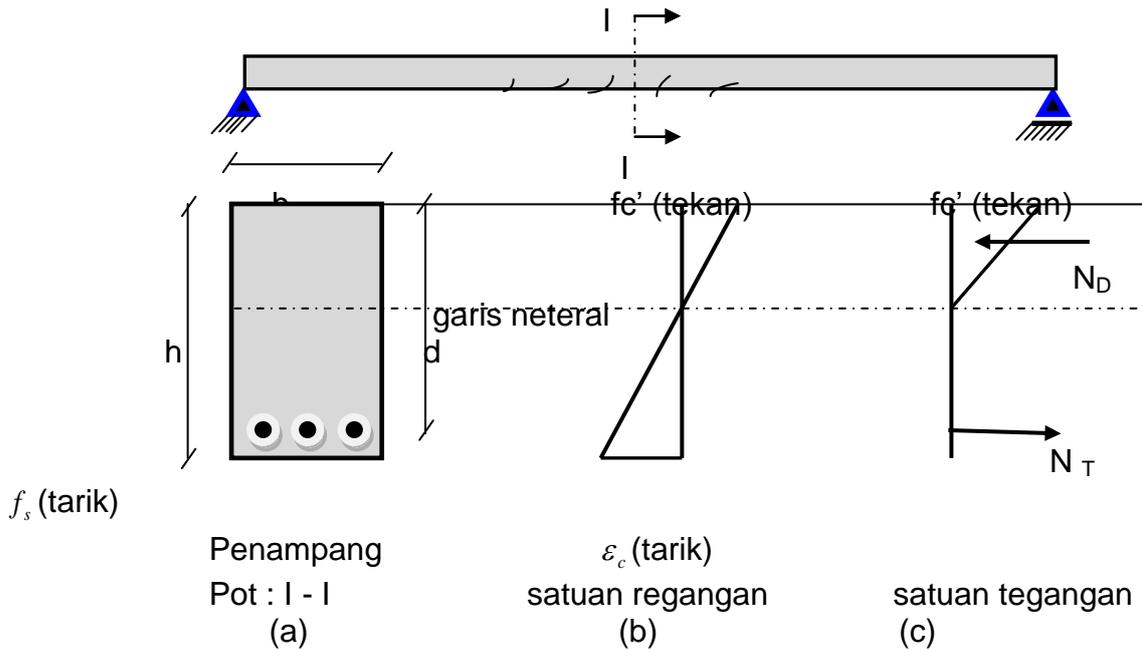
tegangan tekan pada penampang balok beton akan berbentuk setara dengan kurva tegangan-regangan beton tekan seperti gambar di bawah. Pada metode tegangan kerja, beban yang diperhitungkan adalah beban kerja, sedangkan penampang komponen struktur direncana atau dianalisis berdasarkan pada nilai tegangan tekan lentur ijin yang umumnya ditentukan sebesar $0,45 f_c'$, dimana pola distribusi tegangan tekan linier atau sebanding lurus dengan jarak terhadap garis netral.

Sedangkan pada metode kekuatan ultimit, beban kerja diperbesar, dikalikan suatu faktor beban dengan maksud untuk memperhitungkan terjadinya beban pada saat keruntuhan telah diambang pintu. Kemudian dengan menggunakan beban kerja yang sudah diperbesar tersebut, struktur direncana sedemikian sehingga didapat nilai kuat guna pada saat runtuh yang besarnya kira-kira lebih kecil sedikit dari kuat batas runtuh sesungguhnya. Kekuatan pada saat runtuh tersebut dinamakan kuat ultimit dan beban yang bekerja pada atau dekat dengan saat runtuh dinamakan beban ultimit. Kuat rencana penampang komponen struktur didapatkan melalui perkalian kuat teoritis atau kuat nominal dengan faktor kapasitas yang dimaksudkan untuk memperhitungkan kemungkinan buruk yang berkaitan dengan faktor-faktor, tenaga kerja, ukuran-ukuran, dan pengendalian mutu pekerjaan pada umumnya. Kuat teoritis atau kuat nominal diperoleh berdasarkan pada keseimbangan statis dan kesesuaian regangan-tegangan yang tidak linier didalam komponen tertentu.

Untuk membahas metode kekuatan lebih lanjut, berikut ini diberikan tinjauan ulang perilaku balok beton bertulang bentangan sederhana untuk memikul beban yang berangsur-angsur meningkat dari mula-mula kecil sampai pada suatu tingkat pembebanan yang menyebabkan hancurnya struktur.

Pada beban kecil, dengan menganggap belum terjadi retak beton, secara bersama-sama beton dan baja tulangan bekerja menahan gaya-gaya dimana gaya tekan ditahan oleh beton saja. Distribusi tegangan akan tampak seperti gambar 1 di atas, dimana distribusi tegangannya linier, bernilai nol pada garis netral dan sebanding dengan regangan yang terjadi. Kasus demikian ditemui bila tegangan maksimum yang timbul pada serat tarik masih cukup rendah, nilai masih di bawah

modulus of reapture. Pada beban sedang, kuat tarik beton dilampaui dan beton mengalami retak rambut seperti tampak pada gambar di bawah. Karena beton tidak dapat meneruskan gaya tarik melintasi daerah retak, karena terputus-putus, baja tulangan akan mengambil alih memikul seluruh gaya tarik yang timbul.

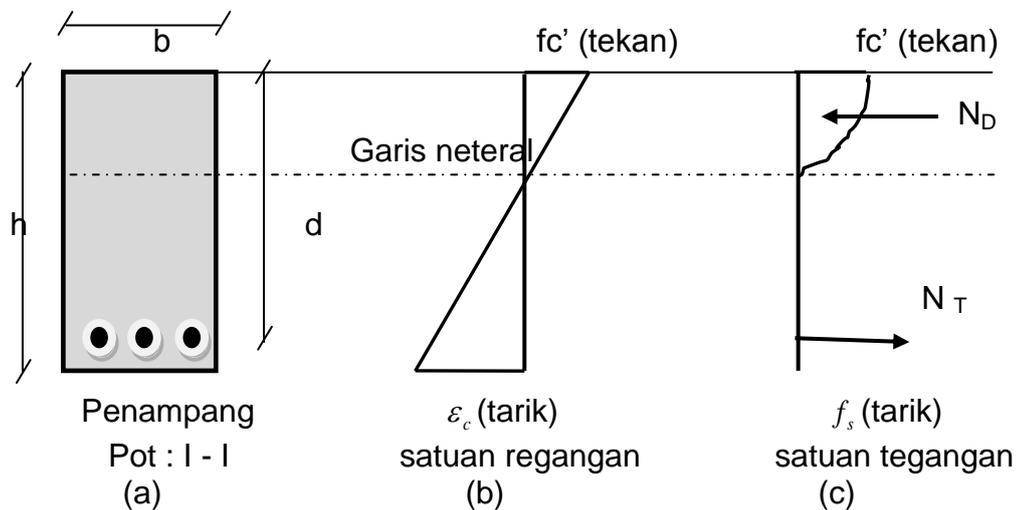


Gambar 56. Lentur pada beban sedang

Distribusi tegangan untuk penampang pada atau dekat bagian yang retak tampak seperti gambar di atas, dan hal yang demikian diperkirakan akan terjadi pada nilai tegangan beton sampai dengan $\frac{1}{2} f_c'$. Pada keadaan tersebut tegangan beton tekan masih dianggap bernilai sebanding dengan nilai regangannya. Pada beban yang lebih besar lagi, nilai regangan serta tegangan tekan akan meningkat dan cenderung untuk tidak lagi sebanding antara keduanya, dimana tegangan beton tekan akan membentuk kurva nonlinier. Kurva tegangan di atas garis netral (daerah tekan) berbentuk sama dengan kurva tegangan-regangan beton seperti yang tergambar pada gambar di bawah ini.

Pada gambar 3 di bawah dapat dilihat distribusi tegangan dan regangan yang timbul pada atau dekat keadaan pembebanan ultimit, dimana apabila kapasitas batas kekuatann beton terlampaui dan tulangan baja mencapai leleh, balok mengalami hancur. Sampai dengan tahap ini,

bahwa tercapainya kapasitas ultimit merupakan proses yang tidak dapat berulang. Komponen struktur lebih telah retak dan tulangan baja meleleh, mulur, terjadi lendutan besar, dan tidak akan dapat kembali ke panjang semula.



Gambar 57. Lentur dekat beban ultimit

Bila komponen lain dari sistem mengalami hal yang sama, mencapai kapasitas ultimitnya, struktur secara keseluruhan akan runtuh dalam strata runtuh atau setengah runtuh meskipun belum hancur secara keseluruhan, namun dengan menggunakan beberapa faktor aman maka tercapainya keadaan ultimit dapat diperhitungkan serta dikendalikan.

b) Anggapan-Anggapan

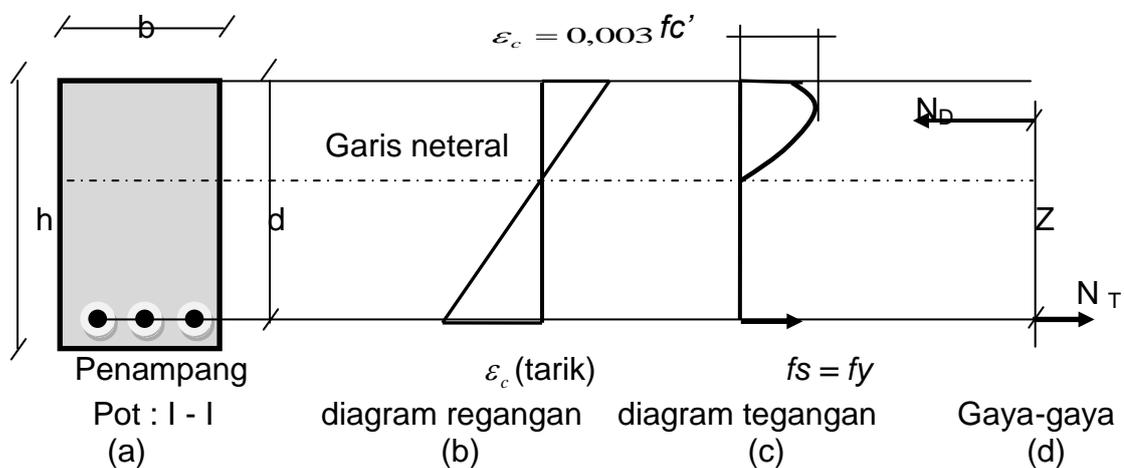
Pendekatan dan pengembangan metode perencanaan kekuatan didasarkan atas anggapan-anggapan sebagai berikut:

- (1) Bidang penampang merata sebelum terjadi lenturan, tetap rata setelah terjadi lenturan dan tetap berkedudukan tegak lurus pada sumbu bujur balok (azas Bernoulli). Oleh karena itu, nilai regangan dalam penampang komponen struktur terdistribusi linier atau sebanding lurus terhadap jarak ke garis netral (azas Navier)
- (2) Tegangan sebanding dengan regangan hanya sampai pada kira-kira beban sedang, dimana tegangan beton tekan tidak melampaui $\pm \frac{1}{2} f_c'$. Apabila beban meningkat sampai beban ultimit, tegangan yang timbul tidak sebanding lagi dengan regangannya berarti distribusi tegangan tidak lagi linier. Bnetuk blok tegangan beton tekan pada

penampangnya berupa garis lengkung dimulai dari garis netral dan berakhir pada serat tepi tekan terluar. Tegangan tekan maksimum sebagai kuat tekan lentur beton pada umumnya tidak terjadi pada serat tepi tekan terluar, tetapi agak masuk ke dalam.

- (3) Dalam mempertimbangkan kapasitas momen ultimit komponen struktur, kuat tarik beton diabaikan (tidak diperhitungkan) dan seluruh gaya tarik dilimpahkan kepada tulangan baja tarik.

Kemudian untuk memperhitungkan letak resultante gaya tarik yang bekerja pada tulangan baja, baja tulangan dianggap teregang secara serempak dengan nilai regangan diukur pada pusat beratnya. Apabila regangan baja tulangan (ϵ_s) belum mencapai leleh (ϵ_y), nilai tegangan baja tulangan adalah $E_s f_s$. Hal yang demikian menganggap bahwa untuk tegangan baja tulangan yang belum mencapai f_y , maka tegangan sebanding dengan regangannya sesuai hukum Hooke. Sedangkan untuk regangan yang sama atau lebih besar dari ϵ_y , maka tegangan baja tidak lagi sebanding dengan regangannya dan digunakan nilai f_y .



Gambar 58. Balok menahan momen ultimit

Sehubungan dengan anggapan nomor 3), bentuk penampang di daerah tarik dan besarnya selimut beton tidaklah mempengaruhi kekuatan lentur. Tinggi penampang yang menentukan adalah tinggi efektif d , yaitu jarak dari serat tepi tekan terluar terhadap titik berat tulangan tarik. Regangan beton tekan maksimum pada serat tepi tekan terluar ($\epsilon_{b'}$) sebagai regangan ultimit ditetapkan sebesar 0,003. Penetapan nilai tersebut didasarkan atas

hasil-hasil pengujian yang menunjukkan bahwa umumnya regangan lentur beton hancur berada di antara nilai 0,003 dan 0,004. Untuk semua keadaan dianggap bahwa lekatan antara baja tulangan dengan beton berlangsung sempurna, tanpa terjadi gelinciran.

c) Kuat Lentur Balok Persegi

Distribusi tegangan beton tekan pada penampang bentuknya setara dengan kurva tegangan-regangan beton tekan, seperti pada gambar di atas (gambar 58), distribusi tegangan tersebut berupa garis lengkung dengan nilai nol pada garis netral, dan untuk mutu beton yang berbeda akan lain pula bentuk kurva dan lengkungannya. Tampak bahwa tegangan tekan f_c' , yang merupakan tegangan maksimum, posisinya bukan pada serat tepi tekan terluar tetapi agak masuk ke dalam.

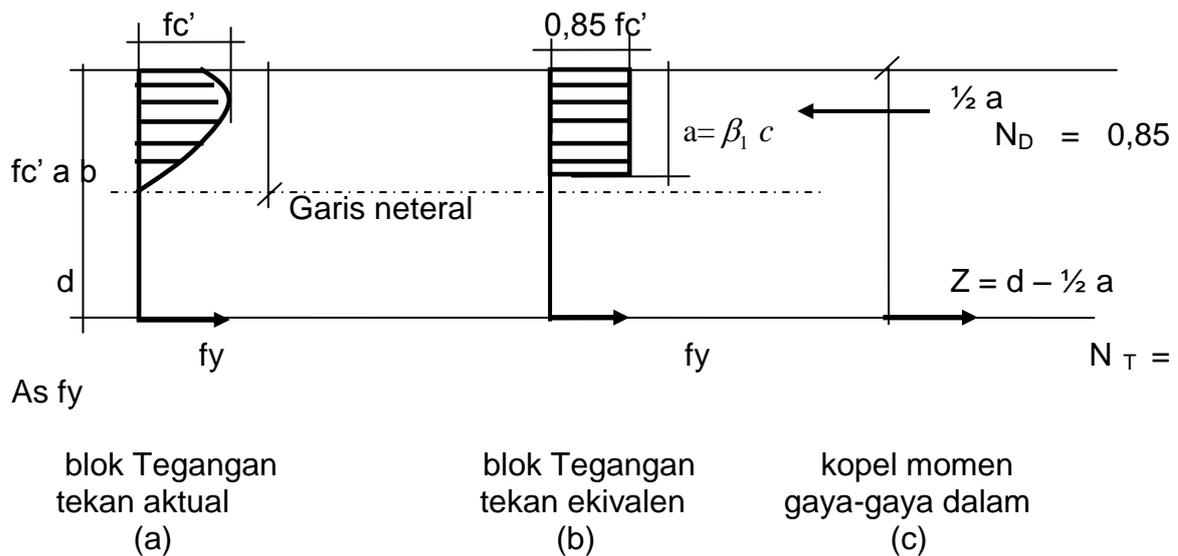
Pada suatu komposisi tertentu balok menahan beban sedemikian sehingga regangan tekan luar beton maksimum ($\varepsilon'_{b maks}$) mencapai 0,003 sedangkan tegangan tarik baja tegangan mencapai tegangan leleh f_y , Apabila hal demikian terjadi, penampang dinamakan mencapai keseimbangan regangan, atau disebut penampang bertulangan seimbang, merupakan suatu kondisi khusus yang akan dibahas selanjutnya. Dengan demikian berarti bahwa untuk suatu komposisi beton dengan jumlah baja tertentu akan memberikan keadaan hancur tertentu pula.

Berdasarkan anggapan-anggapan seperti yang telah dikemukakan di atas, dapat dilakukan pengujian regangan, tegangan, dan gaya-gaya yang timbul pada penampang balok yang bekerja menahan momen batas, yaitu momen akibat beban luar yang timbul tepat pada saat terjadi hancur. Momen ini mencerminkan kekuatan dan dimasa lalu disebut sebagai kuat lentur ultimit balok. Kuat lentur suatu balok beton tersedia karena berlangsungnya mekanisme tegangan-tegangan yang timbul didalam balok yang pada keadaan tertentu dapat diwakili oleh gaya-gaya dalam. Seperti pada gambar 4, N_D resultante gaya tekan dalam, merupakan resultante semua gaya tekan pada daerah di atas garis netral. Sedangkan N_T adalah resultante gaya tarik dalam, merupakan jumlah seluruh gaya tarik yang diperhitungkan untuk daerah di bawah garis netral. Kedua gaya ini, arah garis kerjanya sejajar, sama besar, tetapi berlawanan arah dan dipisahkan dengan jarak Z sehingga membentuk kopel momen tahanan dalam, dimana

nilai maksimumnya disebut sebagai kuat lentur atau momen tahanan penampang komponen struktur terlentur.

Momen tahanan dalam tersebut yang akan menahan atau memikul momen lentur rencana aktual yang ditimbulkan oleh beban luar. Untuk itu dalam merencanakan balok pada kondisi pembebanan tertentu harus disusun komposisi dimensi balok beton dan jumlah serta besar (luas) baja tulangannya sedemikian rupa sehingga dapat menimbulkan momen tahan dalam paling tidak sama dengan momen lentur maksimum yang ditimbulkan oleh beban. Menentukan momen tahan dalam merupakan hal yang kompleks sehubungan dengan bentuk diagram tegangan tekan di atas garis netral yang berbentuk garis lengkung. Kesulitan timbul bukan hanya pada waktu menghitung besarnya N_D , tetapi juga penentuan letak garis kerja gaya relatif terhadap pusat berat tulangan baja tarik. Tetapi karena momen tahanan dalam pada dasarnya merupakan fungsi dari N_D dan Z , tidaklah sangat penting benar untuk mengetahui bentuk tepat distribusi tegangan tekan di atas garis netral. Untuk menentukan momen tahanan dalam, yang penting adalah mengetahui terlebih dahulu resultante total gaya beton tekan N_D , dan letak garis kerja gaya dihitung terhadap serat tepi tekan terluar, sehingga jarak Z dapat dihitung. Kedua nilai tersebut dapat ditentukan melalui penyederhanaan bentuk distribusi tegangan lengkung digantikan dengan bentuk ekuivalen yang lebih sederhana.

Untuk tujuan penyederhanaan, Whitney telah mengusulkan bentuk persegi panjang sebagai distribusi tegangan beton tekan ekuivalen. Standar SK-SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.2 ayat 7 juga menetapkan bentuk tersebut sebagai ketentuan, meskipun pada ayat 6 tidak menutup kemungkinan untuk menggunakan bentuk-bentuk yang lain sepanjang hal tersebut merupakan hasil-hasil pengujian. Pada kenyataannya usulan Whitney telah digunakan secara luas karena bentuknya berupa empat persegi panjang yang memudahkan kita dalam penggunaannya, baik untuk perencanaan maupun analisis.



Gambar 59. Tegangan ekivalen Whitney

Berdasarkan bentuk empat persegi panjang, serti tampak pada gambar 5 di bawah ini, intensitas tegangan beton tekan rata-rata ditentukan sebesar $0,85 f_c'$ dan dianggap bekerja pada daerah tekan dari penampang balok selebar b dan sedalam a , yang mana besarnya ditentukan dengan rumus:

$$a = \beta_1 c$$

dimana:

c = jarak serat tekan terluar ke garis netral

β_1 = konstanta yang merupakan fungsi dari kelas kuat tekan

Standar SK SNI T-15-1991-03 menetapkan nilai β_1 diambil $0,85$ untuk $f_c' \leq 30$ MPa, berkurang $0,008$ untuk setiap kenaikan 1 MPa kuat beton, dan nilai tersebut tidak boleh kurang dari $0,65$.

jadi untuk $f_c' = 35$ MPa $\rightarrow \beta_1 = 0,85 - 0,008 (5) = 0,81$

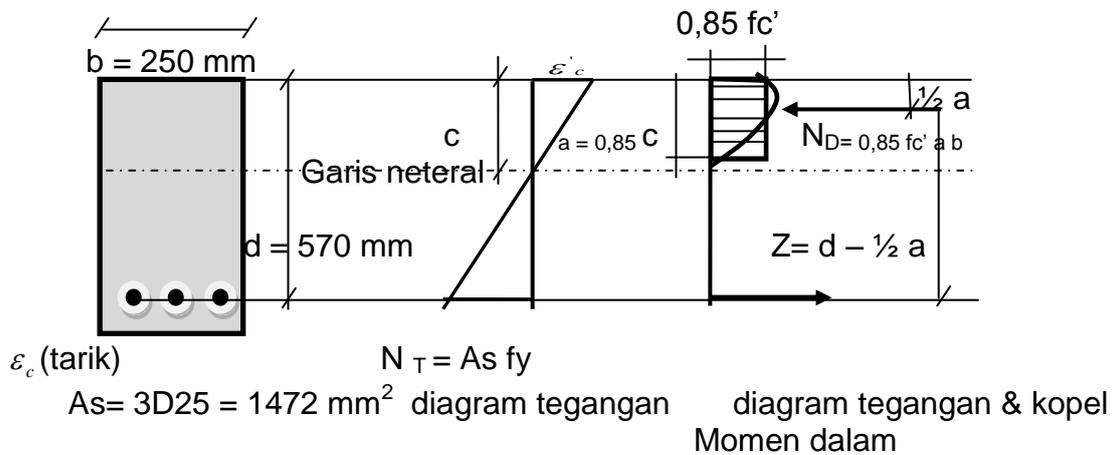
dan harga β_1 minimum $0,65$

Dari berbagai hasil penelitian dan pengujian telah terbukti bahwa hasil perhitungan dengan menggunakan distribusi tegangan persegi empat ekivalen tersebut memberikan hasil yang mendekati terhadap tegangan aktual.

Contoh perhitungan

Diketahui seperti gambar 6 di bawah, Suatu balok dengan ukuran lebar (b) = 250 mm, tinggi efektif (d) = 570 mm dengan tulangan baja tarik saja

(tulangan tunggal), $f_c' = 30 \text{ MPa}$, $f_y = 400 \text{ MPa}$. Diminta untuk menentukan besarnya momen (M_n)



Gambar 60. Contoh perhitungan

Penyelesaian:

Untuk perhitungan dianggap bahwa tulangan baja tarik telah mencapai tegangan leleh (f_y) kemudian diperiksa sebagai berikut:

$$\sum H = 0$$

$$N_D = N_T$$

$$(0,85 f_c') a b = A_s f_y$$

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{1472,6(400)}{0,85(300)(250)} = 92,40 \text{ mm}$$

Nilai a adalah kedalaman blok tegangan yang harus terjadi bila dikehendaki keseimbangan gaya-gaya arah horizontal.

Menghitung M_n berdasarkan pada gaya beton tekan;

$$M_n = N_D (d - \frac{1}{2} a) = 0,85 f_c' (a b) (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 0,85 (30) (92,40) (250) (570 - \frac{92,40}{2}) (10)^{-6} = 308,54 \text{ kNm}$$

Menghitung M_n berdasarkan gaya tarik tulangan beton:

$$M_n = N_T (d - \frac{1}{2} a) = A_s f_y (d - \frac{1}{2} a) = 1472,6 (400) (523,8) (10)^{-6} = 308,54 \text{ kNm}$$

Perhitungan di atas didasarkan pada asumsi bahwa tulangan baja telah mencapai regangan leleh (berarti juga tegangan lelehnya) sebelum beton

mencapai regangan batas maksimum 0,003. Asumsi tersebut kemudian diperiksa kebenarannya.

Menentukan letak garis netral penampang adalah sebagai berikut;

$$A = \beta_1 C \quad (\text{SK SNI})$$

$$\beta_1 = 0,85 \text{ untuk } f_c' = 30 \text{ MPa}$$

$$\text{Maka } C = \frac{a}{0,85} = \frac{92,40}{0,85} = 108,7 \text{ mm}$$

Dengan menggunakan segitiga sebangun pada diagram, dicari regangan yang terjadi dalam tulangan baja tarik bila regangan beton mencapai 0,003.

$$\frac{0,003}{C} = \frac{\varepsilon_s}{(d - C)}$$

$$\text{Jadi } \varepsilon_s = \left(\frac{d - C}{C} \right) (0,003) = \left(\frac{570 - 108,7}{108,7} \right) (0,003) = 0,0127 \text{ mm/mm.}$$

Regangan leleh tulangan baja (ε_y) dapat ditentukan berdasarkan Hukum Hooke,

$$E_s = \frac{f_y}{\varepsilon_y}$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,0020 \text{ mm/mm}$$

Hasil tersebut menunjukkan nilai regangan tulangan baja pada saat tegangan baja f_y mencapai nilai 400 MPa. Karena regangan yang timbul pada baja tulangan leleh sebelum beton mencapai regangan maksimum 0,003 dan berarti asumsi yang digunakan pada awal analisis benar, bahwa tegangan yang terjadi pada baja tulangan tarik sama dengan tegangan leleh baja.

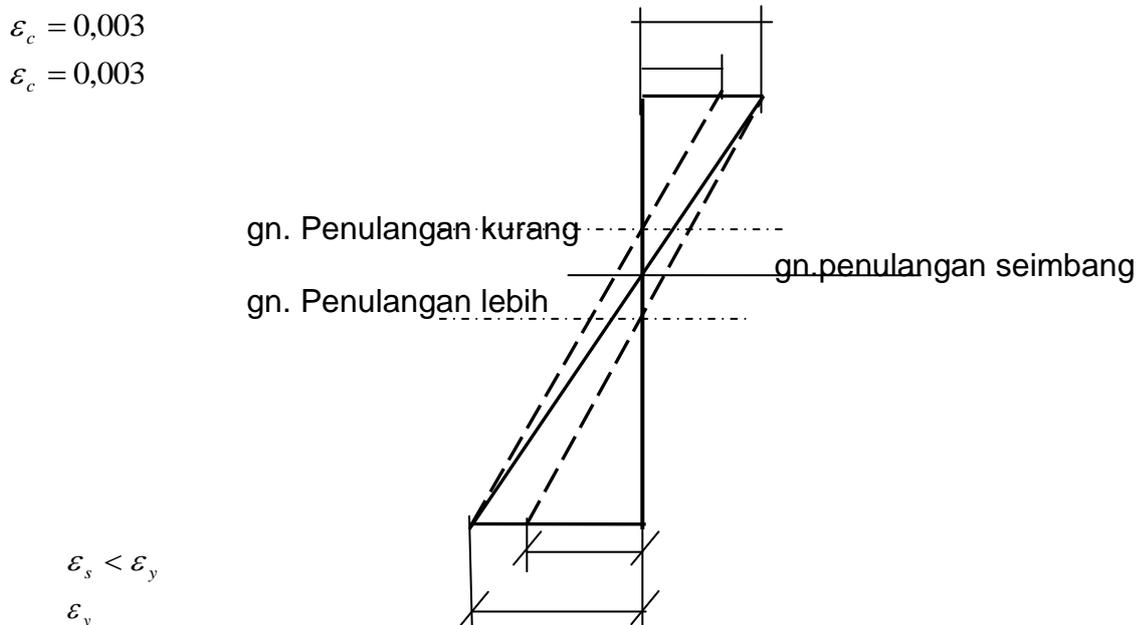
5) Penampang Balok Bertulangan Seimbang, Kurang, dan Lebih

Metode perencanaan kekuatan dengan prinsip-prinsip dasar teori lentur untuk menganalisis penampang. Untuk garis netral tertentu perbandingan antara regangan baja dengan regangan beton maksimum dapat ditetapkan berdasarkan distribusi regangan linier. Sedangkan letak garis netral bergantung pada jumlah tulangan baja

tarik yang dipasang dalam suatu penampang sedemikian sehingga blok tegangan tekan beton mempunyai kedalaman cukup agar dapat tercapai keseimbangan gaya-gaya, dimana resultante tegangan tekan seimbang (Balanced) dengan resultante tegangan tarik ($\sum H = 0$). Apabila pada penampang tersebut luas tulangan baja tariknya ditambah, kedalaman blok tegangan tekan beton akan bertambah pula, dan oleh karenanya letak garis netral akan bergeser ke bawah lagi. Apabila jumlah tulangan baja tarik sedemikian sehingga letak garis netral pada posisi dimana akan terjadi secara bersamaan legangan leleh pada baja tarik dan regangan beton tekan maksimum 0,003, maka penampang disebut bertulangan seimbang. Kondisi keseimbangan regangan menempati posisi penting karena merupakan pembatas antara dua keadaan penampang balok beton bertulang yang berbeda cara hancurnya.

Apabila penampang balok beton bertulang mengandung jumlah tulangan baja tarik lebih banyak dari yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan regangan, penampang balok demikian disebut bertulangan lebih (Over reinforced). Berlebihnya tulangan baja tarik mengakibatkan garis netral bergeser ke bawah (gambar 7). Hal yang demikian pada gilirannya akan berakibat beton mendahului mencapai regangan maksimum 0,003 sebelum tulangan baja tariknya leleh. Apabila penampang balok tersebut dibebani momen lebih besar lagi, yang berarti regangannya semakin besar sehingga kemampuan regangan beton terlampaui, maka akan berlangsung keruntuhan dengan beton hancur secara mendadak tanpa diawali dengan gejala-gejala peringatan terlebih dahulu. Sedangkan apabila penampang balok beton bertulang mengandung jumlah tulangan baja tarik kurang dari yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan regangan, penampang demikian disebut bertulangan kurang (Under reinforced). Letak garis netral akan lebih naik sedikit daripada keadaan seimbang (lihat gambar), dan tulangan baja tarik akan mendahului mencapai regangan lelehnya (tegangan lelehnya) sebelum beton mencapai regangan maksimum 0,003. Pada tingkat keadaan ini, bertambahnya beban akan mengakibatkan tulangan baja mulur (memanjang) cukup banyak sesuai dengan perilaku bahan baja, dan berarti bahwa baik regangan beton maupun baja terus bertambah tetapi gaya tarik yang bekerja pada tulangan baja tidak bertambah besar. Dengan demikian, berdasarkan keseimbangan gaya-

gaya horizontal $\sum H = 0$, gaya beton tekan tidak mungkin bertambah sedangkan tegangan tekannya terus meningkat berusaha mengimbangi beban, sehingga mengakibatkan luas daerah tekan beton pada penampang menyusut (berkurang) yang berarti posisi garis netral akan berubah bergerak naik. Proses tersebut di atas terus berlanjut sampai suatu saat daerah beton tekan yang terus berkurang tidak mampu lagi menahan gaya tekan dan hancur sebagai efek sekunder. Cara hancur demikian, yang sangat dipengaruhi oleh peristiwa melelehnya tulangan baja tarik berlangsung meningkat secara bertahap. Segera setelah baja mencapai titik leleh, lendutan balok meningkat tajam sehingga dapat merupakan tanda awal dari kehancuran. Meskipun tulangan baja berperilaku liat, tidak akan tertarik lepas dari beton sekalipun pada waktu terjadi kehancuran.



Gambar 61. Variasi garis netral

6) Pembatasan Penulangan Tarik

Berdasarkan penjelasan di atas, ada dua macam cara hancurnya penampang balok, yang pertama kehancuran diawali melelehnya tulangan baja tarik langsung secara perlahan dan bertahap sehingga sempat memberikan tanda-tanda keruntuhan, sedangkan bentuk kehancuran dengan diawali hancurnya beton tekan terjadi secara mendadak tanpa sempat memberikan peringatan. Dari dua cara tersebut, cara hancur pertama lebih baik dari yang kedua, karena yang

pertama adanya tanda peringatan sehingga resiko dapat diperkecil. Untuk itu, Standar SK SNI menetapkan pembatasan penulangan yang perlu diperhatikan. Dalam SK SNI ditetapkan bahwa jumlah tulangan baja tarik tidak boleh melebihi 0,75 dari jumlah tulangan baja tarik yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan regangan, $A_s \leq 0,75 A_{sb}$.

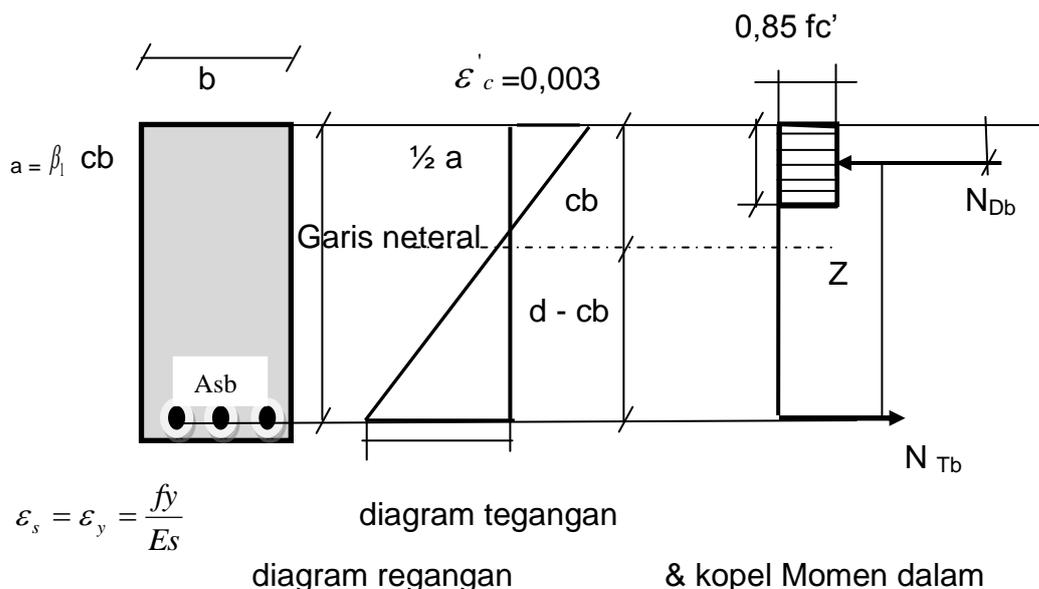
Apabila jumlah batas penulangan tersebut dapat dipenuhi, akan memberikan jaminan bahwa kehancuran daktail dapat berlangsung dengan diawali melelehnya tulangan baja tarik terlebih dahulu dan tidak akan terjadi kehancuran getas yang lebih bersifat mendadak. Istilah pembatasan jumlah tulangan tersebut dapat pula dihubungkan dalam kaitannya dengan rasio penulangan (ρ) atau kadang-kadang disebut rasio baja, perbandingan antara jumlah luas penampang tulangan baja tarik (A_s) terhadap luas efektif penampang (lebar b x tinggi efektif d),

$$\rho_b = \frac{A_s}{(bd)}$$

Apabila pembatasan diberlakukan, dimana rasio penulangan maksimum yang diijinkan dibatasi dengan 0,75 kali rasio penulangan keadaan seimbang (ρ_b) dapat diuraikan berdasarkan gambar di bawah (gambar 8.

Keadaan seimbang regangan) sebagai berikut;

Letak garis netral pada keadaan seimbang dapat ditentukan dengan menggunakan segi tiga sebanding dari diagram regangan.



Gambar 62. Keadaan seimbang regangan

$$\frac{Cb}{0,003} = \frac{d}{\left(0,003 + \frac{fy}{Es}\right)}$$

Dengan memasukkan nilai $Es = 200.000$ MPa. Maka:

$$Cb = \frac{0,003(d)}{\left(0,003 + \frac{fy}{200.000}\right)} = \frac{600(d)}{600 + fy} \quad (1)$$

dan, karena $\sum H = 0$ dan $N_{Db} = N_{Tb}$, Maka $(0,85 f'c) \beta_1 C_b b = A_s b f_y$

$$Cb = \frac{A_s b f_y}{600 + fy} \rightarrow A_s b = \rho_b b d$$

$$Cb = \frac{\rho_b b d f_y}{(0,85 f'c) \beta_1 b}$$

$$Cb = \frac{\rho_b d f_y}{(0,85 f'c) \beta_1} \quad (2)$$

Dengan menggunakan pers (1) dan (2) dapat dicari nilai ρ_b

$$\rho_b = \frac{(0,85 f'c \beta_1)}{fy} \frac{600}{600 + fy} \quad (3)$$

Dari persamaan terakhir (3) di atas untuk mendapatkan nilai ρ_b dapat digunakan daftar yang dibuat berdasarkan berbagai kombinasi nilai $f'c$ dan f_y .

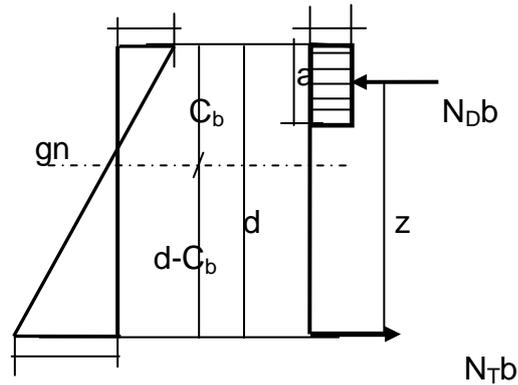
Contoh Perhitungan

Diketahui suatu balok dengan ukuran lebar (b) = 250 mm, tinggi efektif (d) = 570 mm dengan tulangan baja tarik saja (tulangan tunggal), $f'c = 30$ MPa, $f_y = 400$ MPa $\varepsilon_y = 0,002$

Tentukan jumlah tulangan baja tarik yang diperlukan untuk mencapai keadaan seimbang, dengan mengacu kepada definisi keadaan seimbang, dimana diagram regangan seperti gambar di bawah.

$$\varepsilon_c = 0,003$$

$$0,85 f_c$$



$$\varepsilon_y = 0,002$$

diagram teg & diagram

regangan kop momen

Gambar 63. Sketsa Contoh

Penyelesaian:

$$\frac{C_b}{0,003} = \frac{(d - C_b)}{0,002}$$

$$0,002 C_b = 0,003 (570 - C_b) \rightarrow 0,002 C_b + 0,003 C_b = 1,71$$

$$C_b = \frac{1,71}{0,005} = 342 \text{ mm}$$

$$a_b = \beta_1 C_b = 0,85 (342) = 290,7 \text{ mm}$$

$$N_{Db} = (0,85 f_c') a_b b = 0,85 (30) (290,7)(250) 10^{-3} = 1853,2 \text{ kNm}$$

$$N_{Tb} = A_{sb} f_y$$

$$N_{Tb} = N_{Db}$$

Maka tulangan yang diperlukan adalah;

$$A_{sb} = \frac{N_{Tb}}{f_y} = \frac{N_{Db}}{f_y} = \frac{1853,2(10)^3}{400} = 4633 \text{ mm}^2$$

Dengan membandingkan luas tulangan baja yang diperlukan untuk mencapai keadaan seimbang dengan luas tulangan pada penampang balok ($3\emptyset 25 = 1473 \text{ mm}^2$) dapat disimpulkan penampang tersebut bertulangan kurang, dimana hacurnya diawali dengan melelehnya tulangan baja tarik.

Pemeriksaan apakah balok tipe daktail terpenuhi, dilakukan sebagai berikut:

$$0,75 A_{sb} = 0,75 (4633) \text{ mm}^2 = 3475 \text{ mm}^2 > 1473 \text{ mm}^2.$$

Perlu diperhatikan bahwa untuk balok yang sama, penulangan ringan ternyata lebih efisien dibandingkan dengan penulangan berat. Hal tersebut dapat dijelaskan bahwa untuk balok dengan dimensi tertentu, penambahan As akan disertai dengan berkurangnya panjang lengan momen pada kopel momen dalam ($z - d - \frac{1}{2} a$).

Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas, kita tinjau ulang permasalahan pada contoh di atas dengan As digandakan dua kali dan kemudian dihitung nilai Mn untuk dibandingkan hasilnya, sebagai berikut:

$$A_s = 2 (1473) = 2946 \text{ mm}^2 \text{ (naik 100 \%)}$$

$$a = \frac{A_s (f_y)}{0,85(f'c)(b)} = \frac{2946(400)}{0,85(30)(250)} = 184,8 \text{ mm}$$

$$M_n = N_D (d - \frac{1}{2} a)$$

$$= 0,85 f_c' (a b) (d - \frac{1}{2} a) = 0,85 (30) (184,8) (250)$$

$$\left(570 - \frac{184,8}{2} \right) (10)^2 = 562,7 \text{ kNm}$$

Sedangkan hasil sebelumnya adalah

$$M_n = 308,54 \text{ kNm, terjadi kenaikan sebesar:}$$

$$\frac{(562,7 - 308,54)}{(308,54)} \times 100\% = 82\%$$

Contoh Perhitungan

Diketahui Suatu balok dengan ukuran lebar (b) = 250 mm, tinggi efektif (d) = 570 mm dengan tulangan baja tarik saja (tulangan tunggal), $f_c' = 30$ MPa, $f_y = 400$ MPa. Diminta untuk memeriksa ulang daktilitas dengan menggunakan $0,75 \rho_b$ sebagai pembatas dan menggunakan tabel Konstanta Perencanaan.

Penyelesaian:

$$\rho = \frac{A_s}{b d} = \frac{1473}{250(570)} = 0,0103$$

Dari tabel konstantan perencanaan

Untuk $f_y = 400$ MPa, dan $f_c' = 30$ MPa diperoleh:

$$\rho_{maks} = 0,75 \rho_b = 0,0244 > 0,0103$$

Persyaratan peraturan dapat juga diungkapkan dalam persamaan

$A_s(\text{maks}) = 0,75 A_{sb}$ dimana A_{sb} sudah dihitung pada contoh sebelumnya yaitu;

$$A_s(\text{maks}) = 0,75 (4633) = 3466 \text{ mm}^2 > 1473 \text{ mm}^2$$

Tabel konstanta perencanaan memberikan nilai $0,75 \rho_b$ dan ρ yang disarankan untuk berbagai kombinasi tegangan leleh baja dan kuat beton, untuk komponen balok dan pelat. Tabel tersebut digunakan sebagai acuan praktis untuk menentukan agar balok memenuhi persyaratan daktilitas yang ditetapkan. Dengan demikian konsep dan kriteria penampang seimbang berguna sebagai acuan atau patokan, baik untuk perencanaan ataupun analisis dalam menentukan cara hancur yang sesuai dengan peraturan. Apabila jumlah tulangan baja tarik melebihi tulangan baja tarik yang diperlukan untuk mencapai keadaan seimbang, akan terjadi hancur getas, sedangkan dilain pihak bila jumlah luas tulangan baja tarik kurang dari tulangan baja tarik yang diperlukan untuk mencapai keadaan seimbang, terjadi hancur daktail.

SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.3.5 persamaan (3.3.3) juga memberikan batas minimum rasio penulangan sebagai berikut:

$$\rho_{\text{minimum}} = \frac{1,4}{f_y}$$

Batas minimum penulangan tersebut diperlukan untuk lebih menjamin tidak terjadinya hancur secara tiba-tiba seperti yang terjadi pada balok tanpa tulangan. Karena bagaimanapun, balok beton dengan penulangan tarik yang sedikit sekalipun harus mempunyai kuat momen yang lebih besar dari balok tanpa tulangan, dimana yang terakhir tersebut diperhitungkan berdasarkan bukuus pecahnya. Pembatasan minimum seperti di atas tidak berlaku untuk pelat tipis dengan ketebalan tetap dan pelat dari balok T yang tertarik. Penulangan minimum pelat harus memperhitungkan kebutuhan memenuhi persyaratan tulangan susut dan suhu seperti yang telah diatur dalam SK SNI.

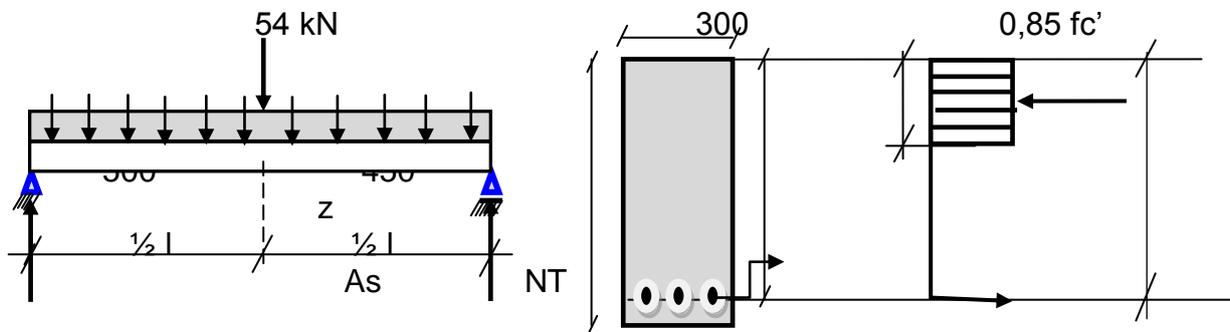
7) Analisis Balok terlentur Bertulangan Tarik Saja (Tulangan Tunggal)

Untuk menganalisis penampang balok terlentur dimana dimensi unsur-unsur penampang tersebut telah diketahui seperti; jumlah dan ukuran tulangan (A_s), lebar balok (b), tinggi efektif (d), tinggi total (h), f_c' dan f_y .

Kemudian dihitung kekuatan balok seperti; momen (M_n) atau memeriksa dimensi penampang balok tertentu terhadap beban yang bekerja, atau menghitung jumlah beban yang dapat dipikul oleh balok, berikut ini merupakan contoh menganalisis balok terlentur bertulangan tarik saja.

Contoh Perhitungan;

Diketahui seperti gambar di bawah dimana beban mati merata = 12 kN/m (di luar berat sendiri), beban hidup merata = 12 kN/m, beban hidup terpusat = 54 kN (di tengah bentang). Mutu bahan beton (f'_c) = 30 MPa, baja tulangan (f_y) = 400 MPa dan $A_s = 2600 \text{ mm}^2$. Buktikan bahwa balok tersebut telah memenuhi persyaratan SK SNI.



Gambar 64. Sketsa Contoh Perhitungan

Penyelesaian:

Menentukan nilai Momen tahan dalam (M_n):

$$A_s = 2600 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{b d} = \frac{2600}{300(450)} = 0,0193$$

Dari tabel konstantan perencanaan diperoleh : $0,75\rho_b = 0,0244$

Karena $0,0193 < 0,0244$, dapat dipastikan tulangan baja tarik sudah leleh.

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035 < 0,0193$$

$$a = \frac{A_s f_y}{(0,85 f'_c)b} = \frac{(2600)400}{0,85(30)(300)} = 135,9 \text{ mm}$$

$$Z = d - \frac{1}{2} a = 450 - \frac{1}{2} (135,9) = 382,1 \text{ mm}$$

Berdasarkan pada tulangan baja:

$$M_n = A_s f_y z = 2600 (400) (382,1) 10^{-6} = 397,38 \text{ kNm}$$

$$M_r = \phi M_n = 0,8 (397,38) = 317,91 \text{ kNm}$$

Menghitung M_u :

$$\text{Berat isi beton} = 2400 \text{ kgf/m}^3 = 23 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,50 (0,30) (0,23) = 3,45 \text{ kNm}$$

$$\text{Beban mati} = 12 \text{ kN/m}$$

$$\text{Total beban mati merata} = 15,45 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban mati merata terfaktor} = 15,45 (1,2) = 18,54 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban hidup merata terfaktor} = 12 (1,6) = 19,20 \text{ kN/m}$$

$$\text{Beban hidup terpusat terfaktor} = 54 (1,6) = 86,4 \text{ kN}$$

$$W_u = 18,54 + 19,20 = 37,74 \text{ kN/m}$$

$$P_u = 86,4 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_u &= \frac{1}{8} w_u l^2 + \frac{1}{4} P_u l = \frac{1}{8} (37,74) (6)^2 + \frac{1}{4} (86,4) (6) \\ &= 299,43 \text{ kNm} < 317,91 \text{ kNm} \quad \text{Memenuhi Syarat} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil di atas berarti balok tersebut memenuhi syarat SK SNI.

Contoh perhitungan

Hitunglah momen tahanan (M_r) dari balok dengan ukuran $d = 500 \text{ mm}$, $b = 300 \text{ mm}$, $A_s = 6D32$ (dua lapis) dan mutu bahan; Kuat beton 20 MPa , tulangan baja $f_y = 300 \text{ MPa}$

Penyelesaian:

$$A_s = 6D32 = 6 (1/4 \pi d^2) = 6 \left(\frac{1}{4} \pi (32)^2 \right) = 6(804,25) = 4825 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{b d} = \frac{4825}{(300)(500)} = 0,03$$

$0,75 \rho_b = 0,0241 = \rho_{maks}$ diambil dari tabel konstanta perencanaan untuk $f_c' = 20 \text{ MPa}$ dan $f_y = 300 \text{ MPa}$

Karena $\rho > 0,75 \rho_b$ digunakan $\rho = 0,0241$ sebagai maksimum, maka nilai A_s efektif $= \rho b d = 0,0241 (300) (500) = 3615 \text{ mm}^2$

$$a = \frac{A_s f_y}{0,85 f_c' b} = \frac{3615 (300)}{0,85 (20) (300)} = 212,6 \text{ mm}$$

$$z = d - \frac{1}{2} a = 500 - \frac{1}{2} (212,6) = 393,7 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s f_y z = 3615 (300) (393,7) 10^{-6} = 426,97 \text{ kNm}$$

$$M_r = \phi M_n = (0,8) (426,97) = 341,58 \text{ kNm}$$

Dengan demikian dapat diberikan ringkasan analisis untuk balok persegi terlentur bertulangan tarik saja, dengan urutan sebagai berikut:

- a) Buat daftar hal-hal yang diketahui
- b) Tentukan apa yang harus dicari (M_r , M_n , beban hidup atau mati yang dapat didukung)
- c) Hitung rasio penulangan: $\rho = \frac{A_s}{b d}$
- d) Bandingkan hasilnya dengan $0,75 \rho$ atau ρ_{maks} juga terhadap ρ_{min} untuk menentukan apakah penampang memenuhi syarat
- e) Hitung kedalaman blok tegangan beton tekan: $a = \frac{A_s f_y}{(0,85 f'_c) b}$
- f) Hitung panjang lengan kopel momen adalah: $z = d - \frac{1}{2} a$
- g) Hitung momen tahanan (momen dalam) ideal M_n
 - a. $M_n = N_T z = A_s f_y z$ atau
 - b. $M_n = N_D z = 0,85 f'_c a b z$
- h) $M_r = \phi M_n$

8) Plat terlentur

Struktur bangunan gedung umumnya tersusun atas komponen plat lantai, balok anak, balok induk, dan kolom, yang umumnya dapat merupakan satu kesatuan monolit atau terangkai seperti halnya pada system pracetak. Plat juga dipakai untuk atap, dinding, dan lantai tangga, jembatan, atau pelabuhan. Petak plat dibatasi oleh balok anak pada kedua sisi panjang dan oleh balok induk pada kedua sisi pendek. Apabila plat didukung sepanjang keempat sisinya seperti tersebut di atas, dinamakan sebagai plat dua arah di mana lenturan akan timbul pada dua arah yang saling tegak lurus. Namun, apabila perbandingan sisi panjang terhadap sisi pendek yang saling tegak lurus lebih besar dari dua, plat dapat dianggap hanya bekerja sebagai pelat satu arah dengan lenturan utama pada arah sisi yang lebih pendek. Sehingga struktur plat satu arah dapat didefinisikan sebagai plat yang didukung pada dua tepi yang berhadapan sedemikian sehingga lenturan timbul

hanya dalam satu arah saja, yaitu pada arah yang tegak lurus terhadap arah dukungan tepi.

SK SNI T-15-1991-03 juga mengenal jenis plat lain, yaitu plat yang diberi penulangan baja pada dua arah atau lebih yang tidak menggunakan balok-balok untuk media pelimpahan beban tetapi menumpu langsung pada kolom sebagai komponen struktur penopang. Dalam hal demikian, plat dianggap didukung oleh system grid, terdiri dari balok-balok yang tingginya sama dengan plat dan menyatu menjadi satu kesatuan dengan dengan plat itu sendiri. Kolom-kolom penyangga memberikan tekanan pons yang hendak menembus plat ke atas. Sistem kerja demikian berakibatkan timbulnya tegangan geser cukup besar yang dinamakan geser pons, dan apabila plat tidak kuat akan retak atau bahkan pecah tertembus. Untuk menanggulangi tekan pons tersebut pada umumnya di tempat kolom penumpu plat diberi penebalan berupa drop panel, atau memperbesar ukuran kolom di ujung atas tempat tumpuan yang biasanya disebut sebagai kapital kolom atau kepala kolom.

9) Analisis Plat Terlentur Satu Arah

Karena beban yang bekerja pada plat semuanya dilimpahkan menurut arah sisi pendek, maka suatu plat terlentur satu arah yang menerus di atas beberapa perletakan dapat diperlakukan sebagaimana layaknya sebuah balok persegi dengan tingginya setebal plat dan lebarnya adalah satu satuan panjang, umumnya satu meter. Apabila diberikan beban merata plat melendut membentuk kelengkungan satu arah, dan oleh karenanya timbul momen lentur pada arah tersebut. Beban merata untuk plat biasanya menggunakan satuan kN/m^2 (kPa), karena diperhitungkan untuk setiap satuan lebar maka dalam perencanaan dan analisis diubah satuannya menjadi beban persatuan panjang (kN/m). Apabila bentangan dan beban yang bekerja memenuhi kriteria SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.1.3 ayat 3, maka peraturan memperbolehkan menggunakan koefisien momen dan gaya geser standar.

Tulangan pokok lentur plat satu arah dipasang pada arah tegak lurus terhadap dukungan. Karena analisis dan perencanaan dilakukan untuk setiap satuan lebar plat maka jumlah penulangan juga dihitung untuk setiap satuan lebar

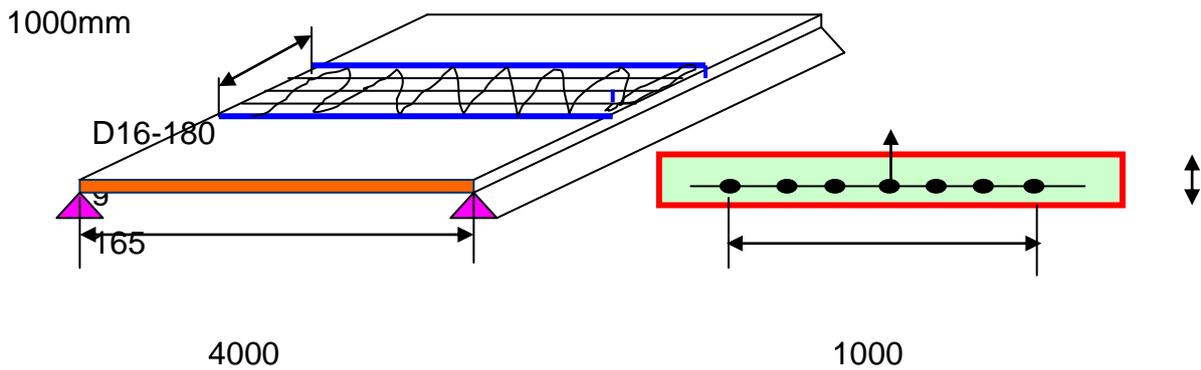
tersebut, dan merupakan jumlah rata-rata. Dengan demikian, cara menyebut jumlah tulangan baja untuk plat berbeda dengan yang digunakan untuk komponen struktur lainnya. Kecuali diameter tulangan juga disebutkan jarak spasi pusat ke pusat (p.k.p) batang tulangan.

Tabel A-5 memberikan kemudahan untuk penetapan tulangan pokok baja tarik untuk plat. Sebagai contoh, apabila plat diberi penulangan baja D22 ($A_s = 380 \text{ mm}^2$) dengan jarak pusat ke pusat (p.k.p) 400 mm, maka setiap pias satu meter lebar plat, luas tulangan rata-rata : $2,50 \times 380 = 950,3 \text{ mm}^2$, dan penulangan disebut : D22 – 400 atau $A_s = 950,3 \text{ mm}^2/\text{m}'$.

Standar SK SNI T-15-1991-03 pasal 3.16.12 menetapkan bahwa untuk plat lantai serta atap structural yang hanya menggunakan tulangan pokok lentur satu arah, selain penulangan pokok harus dipasang juga tulangan susut dan suhu dengan arah tegak lurus terhadap tulangan pokoknya. Peraturan lebih jauh menetapkan bahwa apabila digunakan tulangan baja deformasian (BJTD) mutu 30 untuk tulangan susut berlaku syarat minimum $A_s = 0,0020 bh$, sedangkan untuk mutu 40 berlaku syarat minimum $A_s = 0,0018 bh$, dimana b dan h adalah lebar satuan dan tebal plat. Disamping itu juga berlaku ketentuan bahwa plat structural dengan tebal tetap, jumlah luas tulangan baja searah dengan bentangan (tulangan pokok) tidak boleh kurang dari tulangan susut dan suhu yang diperlukan. Jarak dari pusat ke pusat tulangan pokok tidak boleh lebih dari tiga kali tebal plat atau 500 mm, sedangkan jarak tulangan susut dan suhu tidak lebih dari lima kali tebal atau 500 mm.

Contoh Perhitungan

Suatu plat penulangan satu arah untuk struktur interior, penampangnya seperti tampak pada gambar di bawah (Gambar sketsa contoh) bentangnya 4 m. Digunakan tulangan baja dengan $f_y = 300 \text{ MPa}$, sedangkan kuat beton 20 MPa, selimut beton pelindung tulangan baja 20 mm. Tentukan beban hidup yang dapat didukung oleh plat tersebut Dari gambar sketsa contoh tulangan baja D16 dengan p.k.p 180 mm dengan arah tegak lurus terhadap dukungan.



Gambar 65. Sketsa Contoh

Penyelesaian :

$$A_s = 1117 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

$$D = 165 - 20 - (60/2)$$

$$\rho = \frac{A_s}{b d} = \frac{1117}{1000 (137)} = 0,0085$$

$$\text{dari tabel A-6, } \rho_{maks} = 0,75 \quad \rho_b = 0,0241$$

Nilai minimum A_s untuk plat adalah yang diperlukan untuk tulangan susut dan suhu, untuk itu perlu dilakukan pemeriksaan nilai minimum dengan memeriksa

A_{smin} .

$$A_{s \text{ minimum}} = 0,0020 bh = 0,0020 (1000) (165) = 330 \text{ mm}^2/\text{m}' < A_s = 1117 \text{ mm}^2/\text{m}'$$

$$a = \frac{A_s f_y}{(0,85 f_c') b} = \frac{1117(300)}{0,85(20)(1000)} = 19,7 \text{ mm}$$

$$z = d - (a/2) = 137 - (19,7/2) = 127,15 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s f_y z = 1117 (300) (127,15) 10^{-6} = 42,61 \text{ kNm (per meter lebar)}$$

$$M_R = 0,8 M_n = 0,8 (42,61) = 34,1 \text{ kNm}$$

Selanjutnya menghitung beban hidup yang masih dapat didukung oleh plat. Perlu diingat bahwa beban yang harus didukung oleh plat adalah beban mati (berat sendiri) dan beban hidup (yang akan dihitung), notasi M_u digunakan untuk momen yang dihasilkan dari beban terfaktor yang diperhitungkan.

$$M_{u(DL)} = \frac{1}{8} (1,2 W_{DL} l^2)$$

$$W_{DL} = \text{berat plat} = 16,5 (100) (23) (10)^{-4} = 3,80 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{u(DL)} = \frac{1}{8} \{1,2 (3,80)(4)^2\} = 9,12 \text{ kNm}$$

M_R yang tersedia untuk menahan beban hidup : $32,1 - 9,12 = 22,98 \text{ kNm}$

$$M_{u(LL)} = \frac{1}{8} (1,6 W_{LL} l^2) = 22,98 \text{ kNm}$$

$$W_{LL} = \frac{8(22,98)}{1,6(4)^2} = 7,18 \text{ kN/m}$$

Sehingga dapat disimpulkan, prosedur menghitung M_R plat terlentur satu arah menggunakan cara yang sama dengan balok persegi.

10) Perencanaan Balok terlentur Bertulangan Tunggal (Tarik Saja)

Untuk perencanaan balok penampang persegi terlentur untuk f_y dan f_c' tertentu, yang harus ditetapkan lebih lanjut adalah dimensi lebar balok, tinggi balok, dan luas penampang tulangan. Perlu diketahui bahwa untuk tiga besaran perencanaan tersebut didapatkan banyak kemungkinan kombinasi antarketiganya yang dapat memenuhi kebutuhan kuat momen untuk penggunaan tertentu. Secara teoritik dapat dikatakan bahwa balok lebar tetapi pendek kemungkinan mempunyai M_r yang sama dengan balok sempit tetapi tinggi. Untuk menentukan nilai-nilai tersebut akan sangat dipengaruhi oleh batas ketentuan-ketentuan peraturan disamping juga pertimbangan teknis pelaksanaannya. Dengan demikian untuk menentukan bentuk dan dimensi penampang balok tidak hanya ditentukan oleh rendahnya volume beton maupun jumlah tulangan baja yang harus dipasang di dalam balok, tetapi masih ada faktor lain yang harus dipertimbangkan misalnya saja dari teknis pelaksanaannya.

Dalam pembahasan analisis balok, yaitu kekuatan balok beton bertulang penampang persegi bertulangan tarik saja telah dikenal dengan persamaan;

$$M_r = \emptyset N D z = \emptyset N T z \text{ dan } M_r = \emptyset (0,85 f_c') b a (d - \frac{1}{2} a)$$

dimana,
$$a = \frac{A_s f_y}{(0,85 f_c') b}$$

dengan menggunakan rumus-rumus tersebut dapat dilakukan usaha penyederhanaan dengan cara mengembangkan besaran sehingga dapat disusun dalam bentuk daftar.

$$\rho = \frac{A_s}{b d} \quad \text{atau} \quad A_s = \rho b d$$

$$a = \frac{A_s f_y}{(0,85 f'c)b} = \frac{\rho b d f_y}{(0,85 f'c)b} = \frac{\rho b f_y}{(0,85 f'c)}$$

Kemudian ditetapkan nilai $\omega = \frac{\rho f_y}{f'c}$ maka $a = \omega \frac{d}{0,85}$

Masukkan dalam persamaan Mr:

$$Mr = \phi (0,85 f'c) (b) \left(\omega \frac{d}{0,85} \right) \left(d - \omega \left(\frac{d}{2(0,85)} \right) \right)$$

$$Mr = \phi b d^2 f'c \omega (1 - 0,59 \omega)$$

Dari persamaan tersebut didapat nilai k, sebagai berikut:

$$k = f'c \omega (1 - 0,59 \omega)$$

Bilangan k disebut sebagai koefisien tahanan yang nilainya tergantung pada $\rho, f'c,$ dan $f_y \rightarrow$ tabel rasio penulangan (ρ) vs koefisien tahanan (k) memberikan nilai k dalam satuan MPa. Untuk setiap nilai (ρ) dan berbagai pasangan $f'c$ dan f_y , nilai (ρ) yang digunakan dalam tabel adalah nilai maksimum atau $0,75 \rho_b$

Dengan demikian secara umum Mr menjadi:

$$Mr = \phi b d^2 k$$

Sebagai contoh, akan dihitung kembali momen tahanan (Mr) dari contoh terdahulu dengan hasil sebagai berikut:

Berdasarkan pada tulangan baja:

$$M_n = A_s f_y z = 2600 (400) (382,1) 10^{-6} = 397,38 \text{ kNm}$$

$$M_r = \phi M_n = 0,8 (397,38) = 317,91 \text{ kNm} \rightarrow \text{hasil contoh terdahulu}$$

$$a) \quad \rho = \frac{A_s}{b d} = \frac{2600}{300 (450)} = 0,0193$$

Dari tabel rasio penulangan (ρ) vs koefisien tahanan (k) diperoleh $k = 6,579 \text{ MPa}$

$$M_r = \phi b d^2 k = 0,8 (300) (450)^2 (6,5479) (10)^{-3} = 318,23 \text{ kNm}$$

b) Dengan menggunakan cara ini lebih mudah dibandingkan dengan cara pendekatan analisis (contoh terdahulu) dengan hasil yang dapat diterima yaitu : 317,91 kNm dan 318,23 kNm.

Contoh perhitungan:

Diketahui momen beban kerja mati 65 kNm (termasuk berat sendiri) ditambah momen beban guna hidup 135 kNm, lebar balok 250 mm dan tinggi balok total 650 mm. Bahan beton $f_c' = 20$ MPa, baja $f_y = 400$ MPa. Hitunglah luas tulangan balok sehingga dapat menahan momen dengan aman.

Penyelesaian:

Total momen rencana adalah:

$$M_r = 1,2 M_{DL} + 1,6 M_{LL} = 1,2 (65) + 1,6 (135) = 294 \text{ kNm}$$

$$\text{Perkiraan } d = (h - 80) = (650 - 80) = 570 \text{ mm}$$

$M_r = \phi b d^2 k$, dan sebagai batas bawah, $M_r = M_u$, maka dapat ditulis sebagai berikut;

$$M_u = \phi b d^2 k$$

dimana k adalah:

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{294 (10)^6}{0,8 (250) (570)^2} = 4,52 \text{ MPa}$$

Dari tabel rasio penulangan (ρ) vs koefisien tahanan (k) diperoleh $k = 4,5398$ MPa, untuk (ρ) = 0,0135, dan dari tabel konstanta perencanaan

didapatkan $0,75\rho_b = 0,0163 = \rho_{maks}$ sedangkan $\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$

Maka tulangan yang diperlukan adalah:

$$A_s = \rho b d = 0,0135 (250) (570) = 1924 \text{ mm}^2$$

Secara teoritis sembarang batang tulangan atau kombinasi beberapa batang tulangan yang jumlah total luas penampangya sama dengan atau lebih dari 19,24 cm² dapat memenuhi kebutuhan. Tetapi harus diingat bahwa peraturan mengharuskan untuk memasang paling tidak dua batang tulangan baja tarik di sudut-sudut sengkang agar terbentuk kerangka penulangan kokoh. Kemudian agar mudah dalam pelaksanaan pemasangannya batang-batang tulangan baja yang dipilih sebaiknya terdiri

dari batang dengan diameter sama dan sedapat mungkin ditempatkan dalam satu baris yang sama.

SK SNI menetapkan persyaratan jarak bersih minimum tulangan dalam satu baris tidak boleh kurang dari diameter tulangan, atau 25 mm. Persyaratan selimut beton tercantum dalam SK SNI antara lain dapat disebutkan disini, bahwa untuk balok dan kolom yang tidak berhubungan dengan cuaca luar atau tidak kontak langsung dengan tanah, tebal selimut beton untuk segala macam tulangan adalah 40 mm. Untuk mempertimbangkan pemilihan batang tulangan baja dalam rangka memenuhi kebutuhan As (1853 mm²) dapat dipakai kombinasi berikut; 3 batang D29 : As = 1983 mm² atau 4 batang D25 : As = 1964 mm² atau 5 batang D22 : As = 1900 mm².

Sampai dengan tahap ini harus dilakukan pemeriksaan tinggi efektif aktual yang tersedia (d) untuk dibandingkan dengan tinggi yang semula diperkirakan. $D \text{ aktual} = 650 - 40 - 5 - \frac{1}{2} (29) = 590,5 \text{ mm}$. Hasil tersebut agak lebih besar dari nilai d yang semula diperkirakan dan dipakai dalam perhitungan sehingga tampak bahwa hasil d aktual pada kondisi yang lebih aman. Karena perbedaannya kecil tidak perlu revisi hitungan. Pada umumnya untuk memilih dan menetapkan dimensi komponen struktur beton selalu digunakan bilangan bulat dengan tujuan agar memudahkan dan tidak banyak menimbulkan permasalahan dalam pembuatan acuan/bekisting di pelaksanaannya.

Dalam perencanaan dimensi balok, untuk perkiraan kasar, umumnya digunakan hubungan empiris rasio antara lebar dan tinggi balok persegi yang didapat dari pengalaman pratik yang dapat diterima dan cukup ekonomis adalah; $1,0 \leq d/b \leq 3,0$. Berdasarkan pengalaman pula, dari rentang nilai tersebut, rasio d/b yang sering digunakan dan umumnya memenuhi syarat terletak pada nilai 1,5 dan 2,2,

Contoh perhitungan:

Rencanakan suatu balok persegi beton bertulangan tarik saja yang terletak pada dukungan sederhana untuk beban guna mati 13,10 kN/m' (tidak termasuk beban sendiri) dan beban guna hidup 29,2 kN/m'. Panjang bentang balok 6 m. Gunakan tulangan baja D10 untuk sengkangnya, $f_c' = 20 \text{ MPa}$, $f_y = 300 \text{ MPa}$

Penyelesaian:

Hitung momen rencana M_u yang untuk sementara dengan tanpa memperhitungkan berat sendiri, yang tentunya akan dimasukkan juga dalam perhitungan kemudian.

$$W_u = 1,2 W_{DL} + 1,6 W_{LL} = 1,2 (13,1) + 1,6 (29,2) = 62,44 \text{ kN/m'}$$

Harap diingat bahwa yang dihitung adalah beban rencana terfaktor

$$M_u = \frac{1}{8} W_u l^2 = \frac{1}{8} (62,44)(6)^2 = 281 \text{ kNm}$$

Lihat tabel A-6 perkiraan nilai $\rho = 0,0127$ dari tabel A-15 didapatkan $k = 3,3818 \text{ MPa}$.

Sampai tahap ini masih terdapat dua bilangan yang belum diketahui yaitu; b dan d yang dapat diperoleh melalui dua cara pendekatan yang berbeda.

Cara yang pertama adalah dengan memperkirakan nilai b terlebih dahulu untuk kemudian digunakan untuk mencari d .

Taksir nilai $b = 300 \text{ mm}$ dan gunakan rumus: $M_u = \phi b d^2 k$

$$d_{\text{perlu}} = \sqrt{\frac{M_u}{\phi b k}} = \sqrt{\frac{281 (10)^6}{0,8 (300) (3,3818)}} = 588,4 \text{ mm}$$

$$\text{Pemeriksaan rasio } \frac{d}{b} = \frac{588,4}{300} = 1,96 \text{ memenuhi syarat/baik (1,5 sd 2,2)}$$

Berat sendiri balok beton (beban mati) akan mulai diperhitungkan yang dengan demikian berakibat momen rencana berubah dan bertambah, sehingga ukuran balok diperkirakan juga harus diperbesar menjadi $300 \times 700 \text{ mm}^2$.

$$\text{Berat sendiri balok} = 0,30 (0,70) (23) = 4,83 \text{ kN/m'}$$

M_u tambahan karena berat balok:

$$M_u = \frac{1}{8} (1,2) W_u l^2 = \frac{1}{8} (1,2)(4,83)(6)^2 = 26,08 \text{ kNm}$$

Jumlah berat total mengakibatkan $M_u = 281 + 26,08 = 307,08 \text{ kNm}$

Dengan menggunakan nilai ρ, k , dan b yang sama seperti perhitungan terdahulu, diperoleh nilai d baru.

$$d_{\text{perlu}} = \sqrt{\frac{M_u}{\phi b k}} = \sqrt{\frac{307,08 (10)^6}{0,8 (300) (3,3818)}} = 615,1 \text{ mm}$$

Pemeriksaan rasio $\frac{d}{b} = \frac{615,1}{300} = 2,05$ memenuhi syarat/baik (1,5 sd 2,2)

Luas tulangan yang diperlukan : $A_s = \rho b d = 0,0127 (300) (615,1) = 2343$ mm²

Dari table A-4 dipilih 4 batang tulangan D29 → $A_s = 2642$ mm² > 2343 mm²

Dari tabel A-38 diperoleh $b = 303,0$ mm yang masih dalam batas toleransi (berselisih 1% dari nilai b aktual). Selanjutnya menentukan tinggi balok total h

$$h_{perlu} = 615,1 + \frac{1}{2}(29) + 5 + 40 = 674,6 \text{ mm} \rightarrow \text{gunakan } h = 680 \text{ mm}$$

Tinggi balok efektif aktual: $d = 680 - 40 - 5 - \frac{1}{2} (29) = 620,5$ mm > 615,1 mm

Nilai akhir $\rho = \frac{2642}{300 (620,5)} = 0,0142$ dan rasio $\frac{d}{b} = \frac{620,5}{300} = 2,068$ memenuhi

syarat

Perhitungan di atas berdasarkan ukuran penampang balok 300 x 700 mm², sedangkan hasil rencana diperoleh 300 x 680 mm². Kemungkinan masih dapat dilakukan modifikasi proporsi tulangan baja dan beton sedemikian hingga didapat penampang yang lebih efisien.

Cara pendekatan kedua, untuk permasalahan contoh ini adalah dengan menetapkan terlebih dahulu rasio d/b yang diinginkan dan selanjutnya mencari b dan d melalui hubungan matematik. Misalnya ditetapkan rasio $d/b = 2,0$ maka $d = 2 b$, kemudian dengan menggunakan rumus $M_u = \phi b d^2 k$ didapatkan:

$$b d^2 \text{ perlu} = \frac{M_u}{\phi k} = \frac{281 (10)^6}{0,8 (3,3818)} = 103864806 \text{ mm}^3$$

$$\text{Bila } d = 2b, \text{ maka } b(2b)^2 = 103864806 \text{ mm}^3$$

$$b^3 = \frac{103864806}{4} = 25966201 \text{ mm}^3$$

$$b_{perlu} = \sqrt[3]{25966201} = 296,1 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan di atas, tampak bahwa dengan menganggap $b = 300$ mm rupanya telah mendekati hasil rencana. Dengan demikian langkah

selanjutnya menghitung d yang diperlukan dengan menggunakan cara seperti yang dilakukan sebelumnya.

Berikut ini merupakan tahapan perencanaan balok persegi terlentur bertulangan tarik saja sebagai berikut:

a) Ukuran penampang diketahui, menghitung A_s

- (1) Ubahlah beban atau momen yang bekerja menjadi beban atau momen rencana (W_u atau M_u), termasuk berat sendiri
- (2) Berdasarkan h yang diketahui, perkirakan d dengan menggunakan hubungan $d = h - 80$ mm, dan kemudian hitunglah k yang dilakukan memakai persamaan : $k = \frac{M_u}{\phi b d^2}$
- (3) Dari tabel A-8 sampai A-37, dapatkan rasio penulangan
- (4) Hitung A_s yang diperlukan, $A_s \text{ perlu} = \rho b d$
- (5) Tentukan batang tulangan yang akan dipasang, dipilih dari tabel dengan memperhitungkan apakah tulangan dapat dipasang pada satu lapis di dalam balok. Periksa ulang tinggi efektif aktual balok dan bandingkan dengan tinggi efektif yang dipakai untuk perhitungan. Apabila tinggi efektif aktual lebih tinggi berarti hasil rancangan agak konservatif (berada dalam keadaan lebih aman). Sebaliknya, apabila tinggi efektif aktual kurang dari tinggi efektif yang diperhitungkan berarti dalam keadaan tidak aman dan harus dilakukan revisi perhitungan.
- (6) Buatlah sketsa hasil rancangan

b) Ubahlah dimensi penampang dan A_s

- (1) Ubahlah beban atau momen menjadi beban atau momen rencana dan mungkin termasuk menentukan perkiraan berat sendiri balok yang belum diketahui dimensinya untuk diperhitungkan sebagai beban mati. Tinggi dan lebar balok terpilih agar memenuhi syarat dan berupa bilangan bulat. Jangan lupa untuk menggunakan faktor beban di dalam memperhitungkan beban mati tambahan
- (2) Pilih rasio penulangan yang diperlukan dengan menggunakan tabel A-4 untuk keperluan tersebut, kecuali bila dimensi balok terlalu kecil atau memang dikehendaki pengurangan tulangan

$$\rho_{\min} \leq \rho \leq \rho_{\max}$$

- (3) Dari tabel A-8 sampai A-37 dapatkan nilai k
- (4) Perkirakan b dan kemudian hitung d yang diperlukan

$$d_{perlu} = \sqrt{\frac{Mu}{\phi b k}}$$
 Apabila rasio d/b memenuhi syarat (1,5 sd 2,2) dimensi tersebut dapat dipakai untuk balok yang direncanakan
- (5) Perhitungan h kemudian dihitung ulang berat balok, dan bandingkan berat balok tersebut dengan berat balok yang sudah dimasukkan dalam perhitungan
- (6) Lakukan revisi hitungan momen rencana Mu dengan menggunakan hasil hitungan berat sendiri balok yang terakhir
- (7) Dengan menggunakan b,h dan nilai Mu yang baru didapat, hitunglah d perlu, $d_{perlu} = \sqrt{\frac{Mu}{\phi b k}}$ Periksa apakah rasio d/b memenuhi syarat.
- (8) Hitung As yang diperlukan, $As\ perlu = \rho b d$
- (9) Pilihlah batang tulangan yang akan digunakan serta memeriksa apakah batang tulangan dapat dipasang pada balok dalam satu lapis
- (10) Tentukan h, bila perlu dengan pembulatan ke atas (dalam cm) untuk mendapatkan tulangan bulat yang baik. Hal demikian mungkin akan mengakibatkan tinggi efektif aktual lebih besar daripada tinggi efektif rencana dan berarti hasil rancangan akan sedikit konservatif (berada dalam keadaan lebih aman)
- (11) Buatlah sketsa hasil rancangan

11) Perencanaan Plat Terlentur Satu Arah

Penentuan tebal plat satu arah tergantung pada beban atau momen lentur yang bekerja, defleksi yang terjadi, dan kebutuhan kuat geser yang dituntut. Standar SK SNI menentukan kriteria, tinggi balok dan plat dikaitkan dengan bentangnya dalam rangka usaha membatasi lendutan besar yang berakibat mengganggu kemampuan kelayakan atau kinerja struktur pada beban kerja.

Tabel 51. Tebal Minimum Balok Non-Pratekan atau Plat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung

Komponen Struktur	Tebal minimum, h			
	Dua Tumpuan	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilever
				
Pelat Arah 1	L/20	L/24	L/28	L/10
Balok	L/16	L/18,5	L/21	L/8

Tabel di atas (SK SNI) memberikan ketebalan minimum balok dan plat satu arah dikaitkan dengan panjang bentangan. Ketentuan tersebut dapat dipakai untuk komponen struktur yang tidak mendukung atau berhubungan dengan struktur lain yang cenderung akan rusak akibat lendutan. Apabila mendukung atau berhubungan dengan struktur tersebut, lendutan harus dihitung secara analitis. Untuk balok atau plat satu arah dengan tebal kurang dari nilai yang tertera dalam tabel, lendutannya harus dihitung dan ukuran tersebut dapat digunakan apabila lendutan memenuhi syarat. Nilai-nilai dalam tabel di atas hanya diperuntukkan bagi balok dan plat beton bertulang satu arah, nonprategangan, berat beton normal ($w_c = 23 \text{ kN/m}^3$) dan baja tulangan BJTD mutu 40. Apabila digunakan mutu tulangan baja yang lain nilai dalam tabel harus

dikalikan dengan faktor berikut; $\left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$ Untuk struktur beton ringan dengan

satuan massa di antara $1500 - 2000 \text{ kgf/m}^3$ nilai dari tabel dikalikan dengan faktor berikut, $(1,65 - 0,005 w_c)$, akan tetapi bagaimanapun nilai yang didapat tidak boleh kurang dari 1,09 sedangkan satuan w_c dalam kgf/m^3 . Sebagai contoh, untuk plat satu arah yang terletak pada dukungan sederhana, beton dengan berat normal dan tulangan baja mutu 40, tebal minimum yang diperlukan adalah $1/20 l$ jika dikehendaki menggunakan dimensi tersebut tanpa menghitung lendutan, dimana l adalah panjang bentang plat.

SK SNI memberikan ketentuan mengenai panjang bentangan untuk perencanaan balok atau plat yang secara integral tidak menyatu dengannya sebagai berikut;

Panjang bentang = bentang bersih + tebal komponen

Ketentuan tersebut dapat digunakan sebagai pedoman tetapi nilai tidak boleh lebih besar dari jarak antar pusat dukungan. Contoh berikut akan memberikan

gambaran mengenai bagaimana cara menggunakan ketentuan SK SNI mengenai persyaratan tebal minimum dan gunakan pembulatan sampai dengan sentimeter untuk tebal plat.

Contoh Perhitungan

Rencanakan suatu plat satu arah yang terletak pada dukungan sederhana dan mendukung beban hidup terbagi rata 16 kPa. Panjang bentang 3 m (pusat ke pusat dukungan), beton $f_c' = 20$ MPa dan Baja $f_y = 300$ MPa. Ikuti ketentuan SK SNI mengenai persyaratan tebal minimum dan gunakan sampai dengan sentimeter untuk tebal plat.

Penyelesaian:

Tentukan h minimum yang diperlukan kemudian perkirakan berat sendiri plat. Dari tabel Tebal Minimum Balok Non-Pratekan atau Plat Satu Arah Bila Lendutan Tidak Dihitung atau SK SNI,

$$h_{\min} = \frac{l}{20} \left(0,4 + \frac{300}{700} \right) = \frac{3000 (0,8286)}{20} = 124,3 \text{ mm}$$

Digunakan $h = 125,0$ mm dan selanjutnya rencanakan plat untuk setiap lebar 1 m.

Tentukan beban mati berat sendiri plat,

$$(0,125) (23) = 2,875 \text{ kN/m}^2$$

Total beban rencana adalah,

$$W_u = 1,2 W_{DL} + 1,6 W_{LL} = 1,2 (2,875) + 1,6 (16) = 29,05 \text{ kN/m}^2$$

Tentukan Momen rencana,

$$M_u = \frac{1}{8} W_u l^2 = \frac{1}{8} 29,05 (3)^2 = 32,68 \text{ kNm}$$

Perkirakan d dengan menggunakan tulangan D19 dan selimut beton minimum 20 mm,

$$D = 125 - 20 - 9,5 = 95,5 \text{ mm}$$

Tentukan k yang diperlukan,

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{32,68 (10)^3}{0,8 (1) (95,5)^2} = 4,479 \text{ MPa}$$

Dari tabel A-15 untuk nilai $k = 4,4782$ didapat $\rho = 0,0177$

Periksa ρ_{maks}

$$\rho_{maks} = 0,0241 > 0,0177 \text{ gunakan } \rho = 0,0177$$

$$A_s = \rho b d = 0,0177 (1000 (95,5)) = 1690 \text{ mm}^2 / \text{m}'$$

Dari tabel A-3 pilihlah batang tulangan pokok, dipilih tulangan pokok D19 dengan jarak pusat ke pusat 150 mm ($A_s = 1890,2 \text{ mm}^2$). Syarat peraturan tentang jarak maksimum antara batang tulangan telah dibahas sebelumnya. Jarak minimum antara batang tulangan untuk plat secara praktis diambil tidak kurang dari 100 mm.

Periksa jarak maksimum antara batang tulangan baja disesuaikan dengan ketentuan SK SNI,

$$\text{Jarak maksimum} = 3h \text{ atau } 500 \text{ mm}$$

$$3h = 3 (125) = 375 \text{ mm} > 150 \text{ mm}$$

Maka, gunakan batang tulangan D19 dengan jarak pusat ke pusat 150 mm, selanjutnya sesuai dengan SK SNI, menentukan penulangan susut dan suhu (temperatur).

$$A_s = 0,0020 b h = 0,0020 (1000) (125) = 250 \text{ mm}^2 / \text{m}'$$

Pilih batang tulangan baja D9 dengan jarak dari pusat ke pusat 250 mm ($A_s = 254 \text{ mm}^2$), atau batang D10 jarak p.k.p 300 mm ($A_s = 262 \text{ mm}^2$). Jarak maksimum = 5 h atau 500 mm. Maka gunakanlah batang tulangan baja D9 dengan jarak p.k.p 250 mm. Sesuai SK SNI luas penampang tulangan pokok harus lebih besar dari tulangan baja untuk susut dan suhu.

$$\text{Tulangan pokok } 1890 \text{ mm}^2 > \text{tulangan susut } 254 \text{ mm}^2.$$

Dengan demikian ringkasan langkah-langkah perencanaan plat terlentur satu arah adalah sebagai berikut;

- a) Hitung h minimum plat sesuai dengan SK SNI
- b) Hitung beban mati berat sendiri plat, dan kemudian hirunglah beban rencana total W_u
- c) Hitung momen rencana M_u
- d) Perkirakan dan hiting tinggi efektif plat d, gunakan batang tulangan baja D19 dan selimut beton pelindung tulangan baja 20 mm, dengan hubungannya sebagai berikut: $d = h - 29,5 \text{ mm}$
- e) Hitung k perlu,

$$k = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

- f) Tentukan rasio penulangan ρ dari tabel A-6 sampai A-10 tidak melampaui ρ_{maks} . Apabila $\rho > \rho_{maks}$ maka plat dibuat lebih tebal lagi
- g) Hitung As yang diperlukan, $As = \rho b d$
- h) Dengan menggunakan tabel A-3 pilihlah tulangan baja pokok yang akan dipasang. Periksalah jarak maksimum antara tulangan dari pusat ke pusat 3 h atau 500 mm. Periksa ulang anggapan yang digunakan pada langkah ke d)
- i) Sesusi SK SNI pilih tulangan untuk susut dan suhu sebagai berikut;
 - $As = 0,0020 b h$ untuk baja mutu 30
 - $As = 0,0018 b h$ untuk baja mutu 40
 - $As = 0,0018 b h \left(\frac{400}{f_y} \right)$ untuk mutu baja lebih tinggi dari 40

Diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 % dan dalam segala hal tidak boleh kurang dari $As = 0,0014 b h$
- j) Jumlah luas penampang tulangan baja pokok tidak boleh kurang dari jumlah luas penulangan susut dan suhu
- k) Buatlah sketsa rancangan.

c. Rangkuman

- 1) Kuat tekan beton karakteristik adalah kekuatan tekan hancur, dimana dari sejumlah besar hasil-hasil benda uji kubus/silinder, kemungkinan adanya kekuatan tekan yang kurang dari itu terbatas sampai 5 % saja
- 2) Beton mempunyai kekuatan tekan pada umur 28 hari berkisar $\pm 10 - 65$ MPa, tetapi nilai kuat tariknya antara 9 - 15 % dari kuat tekannya
- 3) Posisi garis netral pada suatu penampang akan dipengaruhi apakah penampang tersebut bertulangan lebih, seimbang, atau bertulangan kurang. Penulangan seimbang, garis netralnya berada diantara penulangan lebih dan penulangan kurang. Sedangkan penulangan lebih garis netralnya berada di bawah penulangan kurang dan seimbang
- 4) Jumlah tulangan baja tarik tidak boleh melebihi 0,75 dari jumlah tulangan baja tarik yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan regangan ($As \leq 0,75 Asb$) sesuai dengan SK SNI.

BAB III. EVALUASI

SOAL UJIAN PRAKTIK

(1)

1. PENGUJIAN KONSISTENSI NORMAL SEMEN

- a. Jelaskan Maksud dan Tujuan Pengujian
- b. Jelaskan Peralatan yang digunakan
- c. Jelaskan Langkah Kerja Pengujian Secara Lengkap
- d. Jelaskan Hasil Pengujian
- e. Jelaskan Hubungan Pengujian dengan pekerjaan di lapangan

2. PENGUJIAN PENGIKATAN AWAL DAN AKHIR

- a. Jelaskan maksud dan Tujuan Pengujian.
- b. Jelaskan alat – alat yang digunakan.
- c. Jelaskan langkah kerja pengujian secara lengkap.
- d. Jelaskan Hasil Pengujian (kaitan dengan hasil praktik yang lalu).
- e. Apakah hasil pengujian memenuhi Syarat SK SNI.
- f. Jelaskan Hubungan hasil pengujian tersebut di atas dengan pekerjaan di lapangan.

1. PENGUJIAN KEHALUSAN SEMEN DENGAN AYAKAN STANDAR DAN PESAWAT BLAINE (PENGUJIAN 3X)

- Jelaskan maksud dan Tujuan Pengujian.
- Jelaskan alat – alat yang digunakan.
- Jelaskan Cara menara Alat/volume sel.
- Lakukan pengujian berat jenis semen
- Berapa berat Semen Sampel yang dibutuhkan (W)
- Jelaskan Langkah kerja pengujian secara lengkap
- Jelaskan hasil pengujian, dan apakah hasil pengujian memenuhi syarat SK SNI
- Jelaskan Hubungan pengujian tersebut di atas dengan pekerjaan di lapangan.

1. PENGUJIAN BERAT JENIS .SSD. AGREGAT HALUS PASIR (PENGUJIAN 3X)

a. *Jelaskan maksud dan tujuan pengujian*

b. Jelaskan alat-alat yang digunakan untuk :

- pengujian pasir kondisi ssd
- pengujian BJ. Pasir ssd

c. Jelaskan langkah kerja pengujian pasir kondisi ssd

d. Jelaskan langkah kerja pengujian BJ.Pasir ssd

e. Jelaskan hasil Pengujian dan kaitannya dengan Standar SK SNI

f. Jelaskan Hubungan hasil pengujian tersebut di atas dengan pekerjaan di lapangan.

2. PENGUJIAN PENYERAPAN PASIR KONDISI SSD (PENGUJIAN 3X)

- Jelaskan maksud dan tujuan pengujian
- Jelaskan langkah kerjanya
- Jelaskan hasil pengujian (bagaimana kaitannya dengan hasil praktik terdahulu).
- Jelaskan hubungan antara kadar air alami dan kadar air SSD.
- Jelaskan hubungan berat jenis ssd dengan penyerapan dan hubungannya dengan kekuatan beton ?

1. PENGUJIAN ANALISIS AYAK / GRADASI AGREGAT HALUS/PASIR

(PENGUJIAN 2X)

- Jelaskan maksud dan tujuan pengujian
- Jelaskan peralatan yang digunakan untuk menguji pasir kondisi SSD
- Jelaskan langkah kerja Pengujian Gradasi Pasir
- Berapa prosen (%) bahan yang diperkenankan hilang pada saat Pengujian ?
- Bila lebih besar dari persyaratan yang ditentukan, apa tindakan selanjutnya.
- Jelaskan hasil pengujian gradasi pasir dalam bentuk tabel.
- Gambarkan grafik hasil pengujian dan masukkan kedalam standar gradasi berdasarkan SKSNI
- Jelaskan hubungan industri hasil pengujian dengan pekerjaan di lapangan.

2. PENGUJIAN BERAT JENIS SEMEN (PENGUJIAN 3X)

- Jelaskan maksud dan tujuan pengujian Berat Jenis Semen
- Jelaskan langkah kerja pengujian Berat Jenis Semen.
- Berapa kali minimal pengujian Berat Jenis dilaksanakan
- Berapa hasil pengujian Berat Jenis Semen yang anda peroleh
- Apakah BJ.Semen tersebut memenuhi standar SK SNI
- Apa hubungan pengujian BJ. Dengan aplikasi pekerjaan di lapangan .

1. PENGUJIAN BERAT JENIS, PENYERAPAN DAN BOBOT ISI AGREGAT KASAR (PENGUJIAN 3X)

1. Jelaskan maksud dan tujuan pengujian
2. Jelaskan peralatan yang digunakan untuk :
 - pengujian BJ Kerikil
 - penyerapan kerikil kondisi SSD
 - bobot isi kerikil
3. Jelaskan langkah kerja pengujian BJ. SSD , Penyerapan SSD.kerikil dan Bobot Isi kerikil
4. Jelaskan hasil pengujian BJ.SSD, penyerapan SSD. Kerikil dan bobot isi kerikil
5. Jelaskan kaitan antara hasil pengujian dengan standar SK SNI
6. Jelaskan hubungan hasil pengujian :
 - BJ. Kerikil; dengan pekerjaan di lapangan
 - Penyerapan kerikil SSD dengan pekerjaan di lapangan.
 - Bobot Isi kerikil dengan pekerjaan dilapangan
7. Apa perbedaan berat jenis dengan bobot isi dalam pengujian agregat kasar ?
8. Jelaskan hubungan penyerapan dengan berat jenis ssd dan bagaimana dampaknya terhadap kekuatan tekan beton
8. Membuat laporan hasil pengujian

1. PENGUJIAN BERAT JENIS SEMEN (PENGUJIAN 3X)

- Jelaskan maksud dan tujuan pengujian Berat Jenis Semen
- Jelaskan langkah kerja pengujian Berat Jenis Semen.
- Berapa kali minimal pengujian Berat Jenis dilaksanakan
- Berapa hasil pengujian Berat Jenis Semen yang anda peroleh

- Apakah BJ.Semen tersebut memenuhi standar SK SNI
- Apa hubungan pengujian BJ. Dengan aplikasi pekerjaan di lapangan .
- Bagaimana hubungan berat jenis dengan kuat tekan

2. PENGUJIAN KEHALUSAN SEMEN DENGAN AYAKAN STANDAR(PENGUJIAN 3X)

- Jelaskan maksud dan tujuan pengujian kehalusan semen
- Jelaskan langkah kerja pengujian kehalusan Semen.
- Berapa hasil pengujian Berat Jenis Semen yang anda peroleh dan bagaimana kesimpulan / saran anda ?
- Apakah kehalusan Semen tersebut memenuhi standar SK SNI
- Apa hubungan pengujian kehalusan semen Dengan aplikasi pekerjaan di lapangan

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM (1982) : *Standard Specification for Materials and Methods of Sampling and Testing PART I*, published by American Association of Highway and Transportation.
- ASTM (1982) : *Standard Specification for Materials and Methods of Sampling and Testing PART II*, published by American Association of Highway and Transportation.
- E.C. Adams. 1964. *Science in Building 1*. London-England: Hutchinson & Co.
- Dipohusodo, Istimawan. 1999. Struktur beton Bertulang. Berdasarkan SK SNI T – 15-1991-03 Departemen Pekerjaan Umum RI. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hardjisaroso,P. 1976. *Manual Pemeriksaan Bahan Jalan*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Dirjen Bina Marga
- Hansen, T.C. 1970. *Text Book on Concrete Technology*. Bandung : Directorate of Building Research – U.N. Regional Housing Cente.
- Hansen, T.C. 1978. *Manual on Concrete Mix Design and Quality Contol*. Bandung Materials Testing Institute Bandung.
- Hoedajanto, Dradjat, dkk. 1989. *Pedoman Beton 1989*. Bandung : Departemen Pekerjaan Umum.
- Kusnadi, M.1977. *Bahan-bahan Campuran Beton*. Bandung : Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Kusnadi, M. 1977. *Teknologi Beton dan Baja Tulangan*. Bandung : Direktorat Jenderal Bina Marga.
- K. Sumardi. 1982. *Teknologi Beton I*. Bandung : Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Barang dan Barang Teknik.
- Neville, G.B. 1984. ACI 318 -83. USA : Portland Cement Assosiation
- Parka, I.N. 1984. *Semen portland*.Bandung: Departemen Perindustrian Balai Besar Bahan dan Barang Teknik
- Popovics, Sandor. 1979 : „ *Internal Structur of Concrete and its Optimization*”. *Concrete Making Materials*. USA : Hemisphere Publishing Corporation.
- Sinaga, H.R. dan Erfan. 1992. *Perencanaan Campuran Beton* Bandung: Devisi Pengembangan Bahan Belajar PPPG Teknologi Bandung
- Sumardi. 1984. *Agregat Bahan beton*. Bandng: Departemen Perindustrian Balai Besar Bahan dan Barang Teknik

- Taychene, C and Franklin, R.E. 1982. *Design of Normal Concrete Mixes*. London : Her Majesty's Stationery Office.
- Umboh,Willy dan Erfan. 1992. *Teknologi Bahan Beton*. Bandung: Devisi Pengembangan Bahan Belajar PPPG Teknologi Bandung
- Wangsadinata, Wiratman. dkk. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Bandung : Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- 2002. *Metode, Spesifikasi dan Tata Cara bagian 3: Beton, Semen, Perkerasan Beton Semen*. Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Badan penelitian dan Pengembangan.
- 1985. *Annual book of ASTM Standards Section 4 Construction Volume: 04.01 Cement, Lime, Gypsum*.Philadelphia: ASTM
- 2002. *Metode, Spesifikasi dan Tata Cara bagian 3: Beton, Semen, Perkerasan Beton Semen*. Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Badan penelitian dan Pengembangan.