



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian
Teknik Konstruksi Baja

Pedagogik : Pengembangan Kegiatan Ekstrakurikuler
Profesional : Gambar dan Rencana Struktur Konstruksi Baja

**KELOMPOK
KOMPETENSI**

F



MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Konstruksi Baja

Penyusun :

Dr. Bakri, M.Sc
UNP Padang
bakriamir@gmail.com
081363910519

Reviewer :

Ir. Torang Sitorus, MT
USU Medan
torangs02@gmail.com
081370688181

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
PUSAT PENGEMBANGAN DAN PEMBERDAYAAN
PENDIDIK DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
BIDANG BANGUNAN DAN LISTRIK
MEDAN
2016



Dilindungi Undang-Undang

Milik Negara
Tidak Diperdagangkan

Kontributor : Drs. Bakhri, M.Sc.

Penyunting Materi : Torang Sitorus

Penyunting Bahasa : Badan Bahasa

Penyelia Penerbitan : Politeknik Media Kreatif, Jakarta

Disklaimer: *Modul ini merupakan bahan untuk Pengembangan Kompetensi Berkelanjutan Guru pasca UKG. Dan merupakan “dokumen hidup” yang senantiasa diperbaiki, diperbarui, dan dimutakhirkan sesuai dengan dinamika kebutuhan dan perubahan zaman. Masukan dari berbagai kalangan diharapkan dapat meningkatkan kualitas modul ini.*

750.014

BAS

k

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Cetakan ke-1, 2016

Disusun dengan huruf Arial 11

KATA PENGANTAR

Profesi guru dan tenaga kependidikan harus dihargai dan dikembangkan sebagai profesi yang bermartabat sebagaimana diamanatkan Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen. Hal ini dikarenakan guru dan tenaga kependidikan merupakan tenaga profesional yang mempunyai fungsi, peran, dan kedudukan yang sangat penting dalam mencapai visi pendidikan 2025 yaitu "Menciptakan Insan Indonesia Cerdas dan Kompetitif". Untuk itu guru dan tenaga kependidikan yang profesional wajib melakukan pengembangan keprofesian berkelanjutan.

Pedoman Penyusunan Modul Diklat Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan Bagi Guru dan Tenaga Kependidikan merupakan petunjuk bagi penyelenggara pelatihan di dalam melaksakan pengembangan modul. Pedoman ini disajikan untuk memberikan informasi tentang penyusunan modul sebagai salah satu bentuk bahan dalam kegiatan pengembangan keprofesian berkelanjutan bagi guru dan tenaga kependidikan.

Pada kesempatan ini disampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi secara maksimal dalam mewujudkan pedoman ini, mudah-mudahan pedoman ini dapat menjadi acuan dan sumber informasi bagi penyusun modul, pelaksanaan penyusunan modul, dan semua pihak yang terlibat dalam penyusunan modul diklat PKB.

Jakarta, Maret 2016
Direktur Jenderal Guru dan
Tenaga Kependidikan,

Sumarna Surapranata, Ph.D,
NIP 19590801 198503 1002

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I PENDAHULUAN

- A. LATARBELAKANG
- B. TUJUAN
- C. PETA KOMPETENSI
- D. RUANG LINGKUP
- E. PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

BAB II PEDAGOGIK

KEGIATAN PEMBELAJARAN

- A. PENDEKATAN PEMBELAJARAN SAINTIFIK
- B. BERBAGAI STRATEGI PEMBELAJARAN
- C. METODA DAN TEKNIK PEMBELAJARAN
- D. LATIHAN/TUGAS-TUGAS
- E. AKTIVITAS PEMBELAJARAN
- F. RANGKUMAN
- G. KUNCI JAWABAN

BAB III PROFESIONAL

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

- A. MENGEVALUASI HASIL PENGUJIAN MUTU BAJA PADA PEKERJAAN KONSTRUKSI BAJA
- B. LATIHAN/TUGAS-TUGAS
- C. AKTIVITAS PEMBELAJARAN

- D. RANGKUMAN
- E. KUNCI JAWABAN

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

- A. MERANCANG DIMENSI KONSTRUKSI BAJA.
- B. LATIHAN/TUGAS-TUGAS
- C. AKTIVITAS PEMBELAJARAN
- D. RANGKUMAN
- E. KUNCI JAWABAN

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3

- A. MENENTUKAN BEBAN DAN PEMBEBANAN PADA KONSTRUKSI BAJA
- B. LATIHAN/TUGAS-TUGAS
- C. AKTIVITAS PEMBELAJARAN
- D. RANGKUMAN
- E. KUNCI JAWABAN

KEGIATAN PEMBELAJARAN 4

- A. MERENCANAKAN GAMBAR KERJA (SHOP DRAWING) KONSTRUKSI BAJA DARI TERJEMAHAN GAMBAR ARSITEKTUR SECARA MANUAL.
- B. LATIHAN/TUGAS-TUGAS
- C. AKTIVITAS PEMBELAJARAN
- D. RANGKUMAN
- E. KUNCI JAWABAN

KEGIATAN PEMBELAJARAN 5

- A. MERENCANAKAN PENGAWASAN PENGADAAN MATERIAL, PERALATAN DAN TENAGA KERJA.
- B. LATIHAN/TUGAS-TUGAS
- C. AKTIVITAS PEMBELAJARAN
- D. RANGKUMAN
- E. KUNCI JAWABAN

KEGIATAN PEMBELAJARAN 6

- A. MERENCANAKAN PENGECATAN ULANG BANGUNAN**
- B. LATIHAN/TUGAS-TUGAS**
- C. AKTIVITAS PEMBELAJARAN**
- D. RANGKUMAN**
- E. KUNCI JAWABAN**

BAB IV PENUTUP

BAB V EVALUASI

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 3.1 Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan Beberapa material konstruksi
- Gambar 3.2 Bagian Benda Uji Baja
- Gambar 3.3 Sistem Jepitan pada berbagai benda uji tarik
- Gambar 3.4 *Universal Testing Machine* dan bagian-bagiannya
- Gambar 3.5 Contoh grafik Tegangan dan Regangan Tarik Material Baja
- Gambar 3.6 Deformasi elastis dan plastis pada kawat klip
- Gambar 3.7 Metode *Offset* pada kurva tegangan dan regangan
- Gambar 3.8 Titik leleh pada kurva tegangan dan regangan
- Gambar 3.9 Berbagai kondisi leleh baja
- Gambar 3.10 Tipikal diagram tegangan dan regangan baja struktur
- Gambar 3.11 Tipikal diagram tegangan dan regangan baja getas
- Gambar 3.12 Contoh benda uji yang baik dan tidak baik
- Gambar 3.13 Kondisi penjepitan benda uji yang baik
- Gambar 3.14 Kondisi penjepitan benda uji yang tidak baik dan membahayakan
- Gambar 3.15 Contoh posisi benda uji yang baik dan buruk
- Gambar 4.1 Pelat baja
- Gambar 4.2 Elemen tarik kondisi leleh
- Gambar 4.3 Elemen tarik kondisi fraktur
- Gambar 4.4 Elemen tarik dengan lubang
- Gambar 4.5 Potongan penampang pelat elemen tarik
- Gambar 4.6 Tegangan residual pada profil IWF
- Gambar 4.7 Tipe profil batang tekan
- Gambar 4.8 Perilaku elemen lentur
- Gambar 4.9 Diagram momen dan geser elemen lentur
- Gambar 4.10 Balok sederhana dengan beban merata dan terpusat
- Gambar 5.1 Konsep perancangan struktur baja
- Gambar 5.2 Grafik Reabilitas Struktur

- Gambar 6.1 Alur pembuatan shop drawing
- Gambar 6.2 Contoh gambar shop drawing
- Gambar 6.3 Bagian dari gambar detail
- Gambar 6.4 Bagian dari gambar pelaksanaan memperlihatkan letak setiap elemen
- Gambar 7.1 Alur pemeriksaan kualitas konstruksi baja
- Gambar 8.1 Profil baja yang didatangkan dari pabrik
- Gambar 8.2 Profil baja dengan cat primer/awal
- Gambar 8.3 Proses perlindungan lingkungan saat pengecatan
- Gambar 8.4 Pengecatan dengan kuas
- Gambar 8.5 Pengecatan dengan penyemprotan

DAFTAR TABEL

- Tabel 3.1 Daftar Properti Mekanik Berbagai Bahan
- Tabel 3.2 Mutu Baja
- Tabel 4.1 Batas Lendutan Maksimum Arah Vertikal
- Tabel 5.1 Faktor Reduksi untuk keadaan kekuatan batas

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar belakang

Pengembangan keprofesian berkelanjutan adalah pengembangan kompetensi guru dan tenaga kependidikan yang dilaksanakan sesuai dengan kebutuhan, bertahap, berkelanjutan untuk meningkatkan profesionalitasnya. Dengan demikian pengembangan keprofesian berkelanjutan adalah suatu kegiatan bagi guru dan tenaga kependidikan untuk memelihara dan meningkatkan kompetensinya secara keseluruhan, berurutan dan terencana, mencakup bidang-bidang yang berkaitan dengan profesiya didasarkan pada kebutuhan individu guru dan tenaga kependidikan.

Kegiatan ini dilaksanakan berdasarkan hasil pemetaan guru SMK bidang teknologi setelah dilakukan ujikompetensi guru, sebagai bagian dari pengembangan diri dalam rangka menciptakan guru yang professional. Agar kegiatan pengembangan diri guru tercapai secara optimal diperlukan modul-modul yang digunakan sebagai salah satu sumber belajar pada kegiatan diklat fungsional dan kegiatan kolektif guru dan tenaga kependidikan lainnya. Modul Diklat PKB pada intinya merupakan model bahan belajar (*learning material*) yang menuntut peserta pelatihan untuk belajar lebih mandiri dan aktif. Modul diklat merupakan substansi materi pelatihan yang dikemas dalam suatu unit program pembelajaran yang terencana guna membantu pencapaian peningkatan kompetensi yang didesain dalam bentuk *printed materials* (bahan tercetak)

Modul diklat PKB ini dikembangkan untuk memenuhi kegiatan PKB bagi guru dan tenaga kependidikan paket keahlian Konstruksi Baja pada grade/level 6 yang terfokus dalam pemenuhan peningkatan kompetensi pedagogik dan

professional yang memenuhi prinsip: berpusat pada kompetensi (*competencies oriented*), pembelajaran mandiri (*self-instruction*), maju berkelanjutan (*continuous progress*), penataan materi yang utuh dan lengkap (*whole-contained*), rujuk-silang antar isi mata diklat (*cross referencing*), dan penilaian mandiri (*self-evaluation*)

B. Tujuan

Secara umum tujuan penulisan modul ini adalah untuk meningkatkan kualitas layanan dan mutu pendidikan paket keahlian Konstruksi Baja serta mendorong guru untuk senantiasa memelihara dan meningkatkan kompetensinya secara terus-menerus secara profesional.

Secara khusus tujuannya adalah untuk:

- a. Meningkatkan kompetensi guru paket keahlian Konstruksi baja untuk mencapai standar kompetensi yang ditetapkan.
- b. Memenuhi kebutuhan guru paket keahlian Konstruksi baja dalam peningkatan kompetensi sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan seni.
- c. Meningkatkan komitmen guru paket keahlian Konstruksi baja dalam melaksanakan tugas pokok dan fungsinya sebagai tenaga profesional.
- d. Menumbuhkembangkan rasa cinta dan bangga sebagai penyandang profesi guru.

C. Peta kompetensi

Peta kompetensi untuk Penelitian Tindakan Kelas ini menfacu kepada Permendiknas Nomor 16 Tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru. Di dalam Permendiknas ini dinyatakan bahwa Kompetensi

Guru dibagi menjadi 4 aspek yaitu: Kompetensi Pedagogik, Kompetensi Kepribadian, Kompetensi Profesional, dan Kompetensi Sosial.

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup modul meliputi:

- a. Pedagogik
 - Konsep dan hakikat pembelajaran melalui program ekstra kurikuler
 - Penyusunan rencana pembelajaran melalui program ekstra kurikuler
 - Disain pembelajaran melalui program ekstra kurikuler
 - Analisis data pembelajaran melalui program ekstra kurikuler
 - Hasil penelitian dan pembahasan
 - Proposal ptk
- b. Profesional
 - Mengevaluasi hasil pengujian mutu baja pada pekerjaan konstruksi baja.
 - Merancang dimensi kontsruksi baja
 - Menentukan beban dan pembebanan pada konstruksi baja
 - Merencanakan gambar kerja (*shop drawing*) konstruksi baja dari terjemahan gambar arsitektur secara manual.
 - Merencanakan pengawasan pengadaan material, peralatan dan tenaga kerja
 - Merencanakan pengecatan ulang bangunan

E. Petunjuk Penggunaan Modul

Ikutilah petunjuk ini selama anda mengikuti kegiatan belajar

- a. Sebelum melakukan kegiatan belajar mulailah dengan doa, sebagai ucapan syukur bahwa anda masih memiliki kesempatan belajar dan memohon kepada Tuhan agar di dalam kegiatan belajar Konstruksi baja Bagunan selalu dalam bimbinganNya.
- b. Pelajari dan pahami lebih dahulu Pembelajaran melalui program ekstra kurikuler, membaca mengenai metode pengujian baja dan evaluasi hasil uji tarik baja serta melaksanakan pengujian di laboratorium secara terstruktur mengikuti petunjuk instruktur dan teknisi. Selanjutnya membaca mengenai perencanaan elemen struktur baja, pembebanan pembuatan gambar kerja, mengontrol kualitas konstruksi baja dan pengecatan ulang berdasarkan peraturan perencanaan dan

pengawasan kostruksi baja yang dapat dilihat pada daftar pustaka. Bertanyalah kepada instruktur bila mengalami kesulitan dalam memahami materi pelajaran.

- c. Dapat juga menggunakan buku referensi yang menunjang bila dalam modul ini terdapat hal-hal yang kurang jelas.
- d. Kerjakan tugas-tugas yang diberikan dalam lembar kerja dengan baik
- e. Dalam mengerjakan tugas menggambar utamakan ketelitian, kebenaran, dan kerapian gambar. Jangan membuang-buang waktu saat mengerjakan tugas dan juga jangan terburu-buru yang menyebabkan kurangnya ketelitian dan menimbulkan kesalahan.
- f. Setelah tugas selesai, sebelum dikumpul kepada fasilitator sebaiknya periksa sendiri terlebih dahulu secara cermat, dan perbaikilah bila ada kesalahan, serta lengkapilah terlebih dahulu bila ada kekurangan.

BAB II

PEDAGOGIK

KEGIATAN BELAJAR 1

PEMBELAJARAN MELALUI PROGRAM EKSTRA KURIKULER

A. Tujuan

Setelah mempelajari materi ini peserta diklat mampu:

1. Menjelaskan pengertian pembelajaran melalui program ekstra kurikuler
2. Mengidentifikasi karakteristik pembelajaran melalui program ekstra kurikuler.
3. Menjelaskan tujuan pembelajaran melalui program ekstra kurikuler
4. Menjelaskan manfaat pembelajaran melalui program ekstra kurikuler
5. Mengidentifikasi ruang lingkup materi penelitian tindakan

B. Indikator Pencapaian Kompetensi:

Peserta pelatihan mampu menjelaskan konsep dan hakikat Pembelajaran melalui program ekstra kurikuler dengan benar

C. Uraian Materi

PEMBELAJARAN MELALUI PROGRAM EKSTRA KURIKULER

Manusia sebagai subjek dan objek pendidikan memiliki alat yang dapat digunakan untuk mencapai kebaikan dan keburukan. Alat yang dapat digunakan untuk mencapai kebaikan adalah hati nurani, akal dan ruh, sedangkan alat yang dapat digunakan untuk mencapai keburukan adalah hawa nafsu syahwat yang berpusat di perut dan haaawa nafsu amarah yang berpusat di dada.

Dalam konteks ini, pendidikan harus berupaya mengarahkan manusia agar memiliki ketrampilan untuk dapat mempergunakan alat yang dapat membawa kepada kebaikan, yaitu akal dan menjauhkan dari mempergunakan alat yang dapat membawa kepada keburukan, yaitu hawa nafsu. (Sulhan, Najib. 2006. Pembangunan Karakter Pada Anak). Oleh karena itu Pendidikan karakter saat ini menjadi fokus program Kementerian Pendidikan Nasional. Disetiap kesempatan Menteri Pendidikan yang selalu mengemukakan, agar pendidikan karakter diberikan sejak usia dini. Karena saat ini banyak kasus yang melibatkan anak negeri ke arah perpecahan bangsa, mulai dari korupsi, tidak menghargai nyawa orang lain, tidak menghargai orang tua, tidak disiplin, makelar kasus, video porno serta kasus lainnya yang sudah keluar dari karakter Bangsa Indonesia, yang dikenal ramah tamah, gotong royong, menghargai orang lain. Tentu ada yang belum sesuai dengan proses Pendidikan selama ini, di sisi lain untuk membangun karakter bangsa yang beradab jalan yang efektif adalah melalui proses pendidikan.

1 Pengertian Pendidikan Karakter

Pendidikan adalah proses pewarisan budaya dan karakter bangsa bagi generasi muda untuk peningkatan kualitas kehidupan masyarakat dan bangsa di masa mendatang. Sedangkan karakter yaitu watak, tabiat, akhlak atau kepribadian seseorang yang terbentuk dari hasil internalisasi berbagai kebijakan yang diyakini dan digunakan sebagai landasan untuk cara pandang, berpikir, bersikap dan bertindak. Maka Pendidikan karakter yaitu proses pewarisan budaya pada generasi muda untuk membentuk kepribadian sebagai landasan untuk cara pandang, berpikir, bersikap dan bertindak.

Pendidikan karakter tertuang dalam Undang-Undang No.20 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional pasal 3 menyebutkan Pendidikan Nasional berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab. Sehingga pendidikan karakter sudah menjadi kewajiban yang harus diberikan pada peserta didik dalam segala satuan pendidikan.

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses pendidikan karakter siswa Sekolah Menengah Kejuruan, antara lain:

1. Pelaksanaan Pendidikan Budaya dan Karakter Bangsa

Karakter bangsa Indonesia adalah karakter yang dimiliki warga negara bangsa Indonesia berdasarkan tindakan-tindakan yang dinilai sebagai suatu kebajikan, berdasarkan nilai yang berlaku di masyarakat dan bangsa Indonesia. Oleh karena itu, Pendidikan Budaya dan Karakter Bangsa diarahkan pada upaya mengembangkan nilai-nilai yang mendasari suatu kebajikan sehingga menjadi suatu kepribadian diri yang baik. Pengembangan materi Pendidikan Budaya dan Karakter Bangsa seperti: sikap empati, rasa toleransi, dijadikan sebagai dasar bagi tindakan dalam perilaku kehidupan peserta didik sehari-hari dan merupakan persyaratan awal yang mutlak untuk keberhasilan Pendidikan Budaya dan Karakter Bangsa.

Proses pembelajaran Pendidikan Budaya dan Karakter Bangsa dilaksanakan melalui proses belajar aktif. Sesuai dengan prinsip pengembangan nilai harus dilakukan secara aktif oleh peserta didik (dirinya sebagai subyek yang akan menerima kemudian menjadikan nilai sebagai miliknya dan menjadikan nilai-nilai yang sudah dipelajarinya sebagai dasar dalam setiap tindakan). Pepatah mengatakan, “Satu teladan lebih bijaksana dibanding seribu nasehat yang hendaknya kita tulis di depan meja kerja masing-masing sebagai ingatan dan peringatan kita untuk bertindak”, sehingga kata-kata bijak itu tidak hanya berfungsi sebagai pajangan indah di tempat-tempat umum yang strategis. Artinya, pengembangan budaya dan karakter bangsa hanya dapat dilakukan dalam suatu proses pendidikan yang tidak melepaskan peserta didik dari lingkungan sosial, budaya masyarakat, dan budaya bangsa. Pendidikan juga memiliki fungsi untuk mengembangkan nilai-nilai budaya dan prestasi masa lalu menjadi nilai-nilai budaya bangsa yang sesuai dengan kehidupan masa kini dan masa yang akan datang, serta mengembangkan prestasi baru yang menjadi karakter baru bangsa. Oleh karena itu, pendidikan budaya dan karakter bangsa merupakan inti dari suatu proses pendidikan.

Pelaksanaan pendidikan budaya dan karakter bangsa dilakukan melalui pengintegrasian ke dalam kegiatan sehari-hari sekolah yaitu melalui hal-hal berikut, contohnya upacara pada hari Senin, beribadah/sholat bersama, berdoa waktu mulai dan selesai pelajaran, mengucap salam bila bertemu guru, tenaga kependidikan atau

teman. Sedangkan contoh kegiatan yang harus ditinggalkan seperti: membuang sampah tidak pada tempatnya, berteriak-teriak sehingga mengganggu pihak lain, berkelahi, memalak, berlaku tidak sopan, mencuri, berpakaian tidak senonoh, dan lain-lain. Sedangkan sikap peserta didik yang baik perlu dipuji, misalnya memperoleh nilai tinggi, menolong orang lain, memperoleh prestasi dalam olah raga atau kesenian, berani menentang atau mengoreksi perilaku teman yang tidak terpuji, berpakaian rapi, datang tepat pada waktunya, bekerja keras, bertutur kata sopan, penuh kasih sayang, perhatian terhadap peserta didik, jujur, menjaga kebersihan dan lain-lain.

2. Tujuan Pendidikan karakter

Kita sudah berada pada jaman yang memiliki pendidikan dan teknologi yang relatif maju. Sudah sewajarnya bila negara Indonesia dan negara lain pada umumnya ingin menjadi negara yang maju. Namun, semua hal yang baik tidak selalu diiringi hal yang baik pula. Era pendidikan dan teknologi yang semakin maju sekarang ini menimbulkan dampak negatif pula khususnya bagi masyarakat. Masyarakat tengah mengalami degadasi moral, krisis karakter, dan memudarnya rasa cinta tanah air.

Upaya-upaya dilakukan guna mengatasi degradasi moral dan krisis karakter khususnya yang dialami oleh peserta didik sebagai calon pemimpin bangsa, salah satunya melalui pendidikan karakter. Karakter menjadi poin utama dalam mengatasi krisis yang terjadi pada bangsa ini.

Karakter bangsa merupakan pilar penting dalam kehidupan berbangsa dan bernegara. Ibarat kemudi dalam wahana berbangsa dan bernegara. Bagi bangsa Indonesia, jelas bahwa kemudinya adalah Pancasila yang merupakan falsafah bangsa.

Tujuan dari pendidikan karakter adalah untuk mengembangkan karakter bangsa agar mampu mewujudkan nilai-nilai luhur Pancasila. Pembangunan karakter ini berfungsi untuk mengembangkan potensi dasar agar berbaik hati, berpikiran baik, dan berperilaku baik (memperbaiki perilaku yang kurang baik dan menguatkan perilaku yang sudah baik) serta menyaring budaya yang kurang sesuai dengan nilai-nilai luhur Pancasila.

Pendidikan karakter diwujudkan dalam berbagai strategi seperti pendidikan karakter yang disisipkan dalam pendidikan formal. Hal tersebut tentu dirasa masih sangat kurang untuk mewujudkan karakter bangsa seperti yang diharapkan.

2.1. Pentingnya Pendidikan Karakter bagi Siswa Sekolah Menengah Kejuruan

Karakter merupakan nilai-nilai perilaku manusia yang berhubungan dengan Tuhan Yang Maha Esa, diri sendiri, sesama manusia, lingkungan, dan kebangsaan yang terwujud dalam pikiran, sikap, perasaan, perkataan, dan perbuatan berdasarkan norma-norma agama, hukum, tata krama, budaya, dan adat istiadat.

Karakter adalah sifat pribadi yang relatif stabil pada diri individu yang menjadi landasan bagi penampilan perilaku dalam standar nilai dan norma yang tinggi. Karakter berbasis pada nilai dan norma (Prayitno dan Belferik Manullang, 2010). Ada tujuh nilai-nilai standard yang memandu perilaku seseorang, dalam hal :

- (1) isu sosial,
- (2) kecenderungan arah ideologi religius atau politis,
- (3) memandu diri sendiri,
- (4) sebagai standar untuk evaluasi diri dan orang lain,
- (5) sebagai dasar perbandingan kemampuan dan kesusilaan,
- (6) sebagai standar untuk membujuk dan mempengaruhi orang lain, dan
- (7) sebagai standar merasionalkan sesuatu hal (dapat diterima atau tak dapat diterima), sikap dan tindakan melindungi, memelihara, dan tentang mengagumi sesuatu/seseorang atau diri sendiri (Josephson Institute of Ethics, 2008).

Pendidikan karakter adalah suatu sistem penanaman nilai-nilai karakter kepada warga sekolah yang meliputi komponen pengetahuan, kesadaran atau kemauan, dan tindakan untuk melaksanakan nilai-nilai tersebut, baik terhadap Tuhan Yang Maha Esa (YME), diri sendiri, sesama, lingkungan, maupun kebangsaan sehingga menjadi manusia insan kamil. Dalam pendidikan karakter di sekolah, semua komponen (stakeholders) harus dilibatkan, termasuk komponen-komponen pendidikan itu sendiri, yaitu isi kurikulum, proses pembelajaran dan penilaian, kualitas hubungan,

penanganan atau pengelolaan mata pelajaran, pengelolaan sekolah, pelaksanaan aktivitas atau kegiatan kurikuler, pemberdayaan sarana prasarana, pembiayaan, dan etos kerja seluruh warga dan lingkungan sekolah.

Terlepas dari berbagai kekurangan dalam praktik pendidikan di Indonesia, apabila dilihat dari standar nasional pendidikan yang menjadi acuan pengembangan kurikulum (KTSP), dan implementasi pembelajaran dan penilaian di sekolah, tujuan pendidikan di SMK sebenarnya dapat dicapai dengan baik. Pembinaan karakter juga termasuk dalam materi yang harus diajarkan dan dikuasai serta direalisasikan oleh peserta didik dalam kehidupan sehari-hari.

Permasalahannya, pendidikan karakter di sekolah selama ini baru menyentuh pada tingkatan pengenalan norma atau nilai-nilai, dan belum pada tingkatan internalisasi dan tindakan nyata dalam kehidupan sehari-hari.

Menurut UU No 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional pada Pasal 13 Ayat 1 menyebutkan bahwa Jalur pendidikan terdiri atas pendidikan formal, nonformal, dan informal yang dapat saling melengkapi dan memperkaya. Pendidikan informal adalah jalur pendidikan keluarga dan lingkungan. Pendidikan informal sesungguhnya memiliki peran dan kontribusi yang sangat besar dalam keberhasilan pendidikan. Peserta didik mengikuti pendidikan di sekolah hanya sekitar 7 jam per hari, atau kurang dari 30%. Selebihnya (70%), peserta didik berada dalam keluarga dan lingkungan sekitarnya. Jika dilihat dari aspek kuantitas waktu, pendidikan di sekolah berkontribusi hanya sebesar 30% terhadap hasil pendidikan peserta didik.

Selama ini, pendidikan informal terutama dalam lingkungan keluarga belum memberikan kontribusi berarti dalam mendukung pencapaian kompetensi dan pembentukan karakter peserta didik. Kesibukan dan aktivitas kerja orang tua yang relatif tinggi, kurangnya pemahaman orang tua dalam mendidik anak di lingkungan keluarga, pengaruh pergaulan di lingkungan sekitar, dan pengaruh media elektronik ditengarai bisa berpengaruh negatif terhadap perkembangan dan pencapaian hasil belajar peserta didik. Salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah melalui pendidikan karakter terpadu, yaitu memadukan dan mengoptimalkan kegiatan pendidikan informal lingkungan keluarga dengan pendidikan formal di sekolah. Dalam hal ini, waktu belajar peserta didik disekolah perlu dioptimalkan agar

peningkatan mutu hasil belajar dapat dicapai, terutama dalam pembentukan karakter peserta didik.

Pendidikan karakter dapat diintegrasikan dalam pembelajaran pada setiap mata pelajaran. Materi pembelajaran yang berkaitan dengan norma atau nilai-nilai pada setiap mata pelajaran perlu dikembangkan, dieksplisitkan, dikaitkan dengan konteks kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, pembelajaran nilai-nilai karakter tidak hanya pada tataran kognitif, tetapi menyentuh pada internalisasi, dan pengamalan nyata dalam kehidupan peserta didik sehari-hari di masyarakat.

Oleh karena itu, pendidikan karakter siswa SMK sangat penting, diantaranya dengan mengadakan kegiatan ekstrakurikuler dan bimbingan konseling (selain dari pendidikan agama), yang selama ini memang sudah diselenggarakan sekolah. Kegiatan ekstrakurikuler ini merupakan salah satu media yang potensial untuk pembinaan karakter, kemampuan, rasa tanggung jawab sosial, bekerja sama, menghargai orang lain, serta mengembangkan potensi dan prestasi peserta didik. Peningkatan mutu akademik peserta didik dengan kegiatan ekstrakurikuler merupakan kegiatan pendidikan di luar mata pelajaran untuk membantu pengembangan peserta didik sesuai dengan kebutuhan, potensi, bakat, dan minat mereka melalui kegiatan yang secara khusus diselenggarakan oleh pendidik atau tenaga kependidikan yang berkemampuan dan berkewenangan di sekolah.

Selain itu, Bimbingan dan Konseling (BK) juga merupakan bagian penting dalam pembentukan karakter siswa SMK, dimana BK ini sebagai media pengarah dan pembimbing siswa mempunyai tujuan untuk mendorong: perkembangan karir serta kehidupannya di masa yang akan datang, mengembangkan seluruh potensi dan kekuatan yang dimilikinya seoptimal mungkin, menyesuaikan diri dengan lingkungan pendidikan, lingkungan masyarakat serta lingkungan kerjanya, mengatasi hambatan dan kesulitan yang dihadapi dalam studi, penyesuaian dengan lingkungan pendidikan, masyarakat, maupun lingkungan kerja. Jadi sangat jelas bahwa BK merupakan salah satu komponen yang sangat penting didalam dunia pendidikan sebagai salah satu yang dapat mendorong pembentukan karakter yang baik pada siswa. (Ahmad Juntika Nurihsan, strategi layanan dan bimbingan konseling, 2005.).

Pendidikan karakter di sekolah juga sangat terkait dengan manajemen atau pengelolaan sekolah. Pengelolaan yang dimaksud adalah bagaimana pendidikan karakter direncanakan, dilaksanakan dan dikendalikan dalam kegiatan-kegiatan

pendidikan di sekolah secara memadai. Pengelolaan tersebut antara lain meliputi, nilai-nilai yang perlu ditanamkan, muatan kurikulum, pembelajaran, penilaian, pendidik dan tenaga kependidikan, dan komponen terkait lainnya. Dengan demikian, manajemen sekolah merupakan salah satu media yang efektif dalam pendidikan karakter di sekolah. (Manajemen sekolah, rohiat, 2008)

Menurut Mochtar Buchori (2007), pendidikan karakter seharusnya membawa peserta didik ke pengenalan nilai secara kognitif, penghayatan nilai secara afektif, dan akhirnya ke pengamalan nilai secara nyata. Permasalahan pendidikan karakter yang selama ini ada di SMK perlu segera dikaji, dan dicari alternatif-alternatif solusinya, serta perlu dikembangkannya secara lebih operasional sehingga mudah diimplementasikan di sekolah.

Pendidikan karakter bertujuan untuk meningkatkan mutu penyelenggaraan dan hasil pendidikan di sekolah yang mengarah pada pencapaian pembentukan karakter dan akhlak mulia peserta didik secara utuh, terpadu, dan seimbang, sesuai standar kompetensi lulusan. Melalui pendidikan karakter diharapkan peserta didik SMK mampu secara mandiri meningkatkan dan menggunakan pengetahuannya, mengkaji dan menginternalisasi serta mempersonalisasi nilai-nilai karakter dan akhlak mulia sehingga terwujud dalam perilaku sehari-hari.

Sasaran pendidikan karakter adalah seluruh Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) di Indonesia negeri maupun swasta. Semua warga sekolah, meliputi para peserta didik, guru, karyawan administrasi, dan pimpinan sekolah menjadi sasaran program ini. Sekolah-sekolah yang selama ini telah berhasil melaksanakan pendidikan karakter dengan baik dijadikan sebagai best practices, yang menjadi contoh untuk disebarluaskan ke sekolah-sekolah lainnya.

Melalui program ini diharapkan lulusan SMK memiliki keimanan dan ketaqwaan kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, berkarakter mulia, kompetensi akademik yang utuh dan terpadu, sekaligus memiliki kepribadian yang baik sesuai norma-norma dan budaya Indonesia. Pada tataran yang lebih luas, pendidikan karakter nantinya diharapkan menjadi budaya sekolah.

Keberhasilan program pendidikan karakter dapat diketahui melalui pencapaian indikator oleh peserta didik sebagaimana tercantum dalam Standar Kompetensi Lulusan SMK, yang antara lain meliputi sebagai berikut:

- 1) Mengamalkan ajaran agama yang dianut sesuai dengan tahap perkembangan remaja;
- 2) Menunjukkan sikap percaya diri;
- 3) Mematuhi aturan-aturan sosial yang berlaku dalam lingkungan yang lebih luas;
- 4) Menghargai keberagaman agama, budaya, suku, ras, dan golongan sosial ekonomi dalam lingkup nasional;
- 5) Menunjukkan kemampuan belajar secara mandiri sesuai dengan potensi yang dimilikinya;
- 6) Memanfaatkan lingkungan secara bertanggung jawab;
- 7) Menerapkan nilai-nilai kebersamaan dalam kehidupan bermasyarakat, berbangsa, dan bernegara demi terwujudnya persatuan dalam negara kesatuan Republik Indonesia;
- 8) Menghargai karya seni dan budaya nasional;
- 9) Menghargai tugas pekerjaan dan memiliki kemampuan untuk berkarya;
- 10) Memahami hak dan kewajiban diri dan orang lain dalam pergaulan di masyarakat; Menghargai adanya perbedaan pendapat;
- 11) Dapat menjadi lulusan yang mampu bersaing, dan dapat menjadi pekerja teknologi tingkat menengah;

Karakter siswa SMK berbasis pada dimensi moral, dimensi nilai-nilai dan dimensi kepribadian kejuruan. Karakter siswa dapat dibentuk melalui program-program sekolah. Evaluasi karakter siswa dapat dinilai melalui indikator kejujuran, rasa hormat, tanggung jawab, kewajaran, kepedulian, dan kewarganegaraan. Indikator karakter dapat dikelompokan atas dimensi jenis dan dimensi proaktif.

Dimensi kepribadian kejuruan merupakan basis penentuan kesesuaian karakter siswa dengan karakter lingkungan kerja. Pengembangan program dan instrumen penilaian karakter dikembangkan melalui tahapan-tahapan, dan ada berbagai macam alat evaluasi karakter siswa. Lembaga pendidikan dapat membentuk karakter siswa, baik di kelas oleh guru maupun di sekolah oleh pimpinan dan programnya. Lembaga pendidikan baik di tingkat makro dan mikro bertanggung jawab terhadap pembentukan karakter siswa.

Pendidikan karakter sangat diperlukan untuk mengurangi dan mencegah siswa untuk melakukan hal yang buruk seperti: banyaknya kasus siswa yang tawuran, banyaknya siswa yang tidak siap (mental) menghadapi Ujian Nasional, adanya siswa pecandu Narkoba, ini semua menunjukkan karakter negatif siswa. Kesemua karakter negatif ini dapat dihilangkan atau dikurangi melalui pembentukan karakter siswa.

Semua cara telah dilakukan pemerintah untuk menghilangkan anggapan negatif masyarakat mengenai siswa kejuruan yang diantaranya suka melakukan tawuran dan yang lainnya seperti yang disebutkan diatas. Padahal itu semua merupakan pengaruh atau dampak negatif dari pergaulan, yang sebenarnya disinilah pendidikan pembentukan karakter ini dibutuhkan.

Selain dengan memberikan pelajaran pendidikan agama sebagai salah satu pendidikan pembentuk karakter, ekstrakulikuler (pramuka), dan BK. Juga masih perlu dicari pembelajaran dan media pembelajaran seperti apa yang paling cocok untuk siswa SMK.

Pembentukan karakter siswa SMK salah satunya dengan perlu dipertimbangkannya kepribadian kejuruan. Sebab kesesuaian karakter siswa dengan lingkungan praktik (kerja) siswa akan meningkatkan karakter positif seorang siswa SMK. Pembentukan karakter siswa SMK berbeda dengan sekolah umum (SMA atau MAN), karena faktor lingkungan kerja (praktik) besar perannya dalam pembentukan karakter siswa SMK.

Oleh karena itu, peran pendidikan pembentuk karakter ini sangat perlu guna supaya tercapainya tujuan untuk menghasilkan lulusan siswa SMK yang bermoral, dapat bertanggung jawab, dan bermental kuat, sehingga dapat menghadapi segala sesuatu dengan baik dan tidak mudah terbawa-bawa oleh pengaruh lingkungan yang kurang baik

D. LATIHAN/TUGAS-TUGAS

1. Jelaskan pengertian pendidikan karakter
2. Jelaskan sarana yang dapat digunakan untuk pendidikan karakter

E. RANGKUMAN

pendidikan karakter siswa SMK sangat penting, diantaranya dengan mengadakan kegiatan ekstrakurikuler dan bimbingan konseling (selain dari pendidikan agama), yang selama ini memang sudah diselenggarakan sekolah. Kegiatan ekstrakurikuler ini merupakan salah satu media yang potensial untuk pembinaan karakter, kemampuan, rasa tanggung jawab sosial, bekerja sama, menghargai orang lain, serta mengembangkan potensi dan prestasi peserta didik

F. KUNCI JAWABAN

1. Pendidikan karakter adalah suatu sistem penanaman nilai-nilai karakter kepada warga sekolah yang meliputi komponen pengetahuan, kesadaran atau kemauan, dan tindakan untuk melaksanakan nilai-nilai tersebut, baik terhadap Tuhan Yang Maha Esa (YME), diri sendiri, sesama, lingkungan, maupun kebangsaan sehingga menjadi manusia insan kamil. Dalam pendidikan karakter di sekolah, semua komponen (stakeholders) harus dilibatkan, termasuk komponen-komponen pendidikan itu sendiri, yaitu isi kurikulum, proses pembelajaran dan penilaian, kualitas hubungan, penanganan atau pengelolaan mata pelajaran, pengelolaan sekolah, pelaksanaan aktivitas atau kegiatan kurikuler, pemberdayaan sarana prasarana, pembiayaan, dan etos kerja seluruh warga dan lingkungan sekolah.
2. Sasaran pendidikan karakter adalah seluruh Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) di Indonesia negeri maupun swasta. Semua warga sekolah, meliputi para peserta didik, guru, karyawan administrasi, dan pimpinan sekolah menjadi sasaran program ini. Sekolah-sekolah yang selama ini telah berhasil melaksanakan pendidikan karakter dengan baik dijadikan sebagai best practices, yang menjadi contoh untuk disebarluaskan ke sekolah-sekolah lainnya.

BAB III

PROFESIONAL

KEGIATAN PEMBELAJARAN 1

Hasil Pengujian Mutu Baja Pada Pekerjaan Konstruksi Baja

A. TUJUAN

Melalui modul tentang mengevaluasi hasil pengujian mutu baja pada pekerjaan konstruksi baja ini, guru dapat memahami mengenai karakteristik material baja, pengujian tarik baja , alat dan metode pelaksanaan pengujian tarik, serta mengetahui mengenai metode analisis data pengujian berdasarkan SNI 1729-2015,ASTM 8E internasional dan SNI-2629-1991 mengenai konstruksi baja dan tata cara pengujian material baja.

B. INDIKATOR

1. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang property mekanik material baja (SNI 1729-2015)
2. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang pengertian,tujuan dan syarat-syarat pelaksanaan pengujian baja dengan benar (SNI 2629-1991).
3. Guru dapat mengetahui, dan memahami penggunaan mesin uji tarik dengan benar (SNI 2837-2008).
4. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang pembuatan benda uji tarik dan pemasangannya ke mesinuji yang sesuai dengan spesifikasi teknis dan persyaratan yang berlaku (SNI 2629-1991 dan ASTM E8).
5. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang langkah kerja pengujian yang sesuai dengan spesifikasi teknis dan persyaratan yang berlaku (SNI 2629-1991).

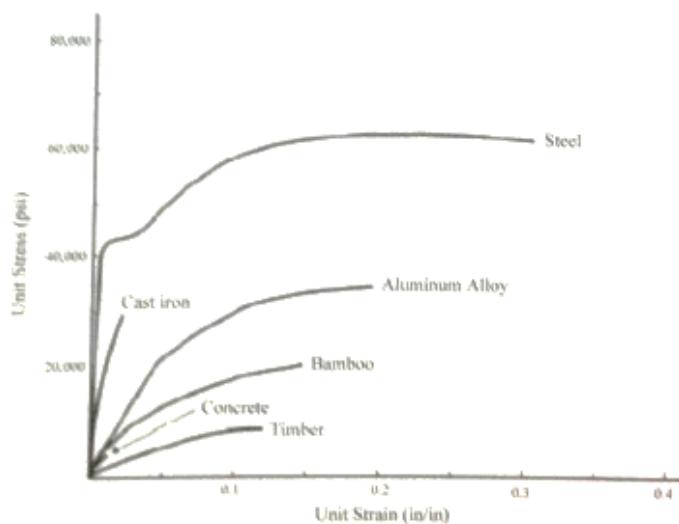
C. URAIAN MATERI

1. Mutu Baja

Material baja memiliki kekuatan dan daktalitas yang lebih baik jika dibandingkan dengan beton, kayu dan 17omput. Dari segi berat per volume, baja juga jauh lebih ringan dibandingkan dengan material beton (table 1). Keunggulan lain dari material baja adalah homogenitas bahan dan standarisasi mutu. Tidak seperti halnya beton yang dapat dibuat di lokasi proyek dan material kayu dan 17omput yang merupakan bahan alami yang diperoleh dari alam, baja merupakan material konstruksi yang dibuat di pabrik pengolahan dan pabrikasi baja. Dengan demikian bja mempunyai 17 oompute produksi yang baik sehingga mutu keluarannya juga terjaga. Hal inilah yang menghasilkan kualitas bahan yang 17omputer (seragam).

**Tabel 3.1. Daftar Properti Mekanik Beberapa Bahan Konstruksi
(Dewobroto, 2015)**

Material	Berat Jenis	Modulus Elastisitas	Tegangan Leleh	Tegangan Ultimit
Baja A36	7850	200,000	-	400-550
Baja A992	7850	200,000	250	450
Aluminium	2723	68,947	345	200
Besi Cor	7000	190,000	180	200
Bambu	400	18,575	-	60
Kayu	640	11,000	-	40
Beton	2200	21,000-33,000	-	20-50



**Gambar 3.1. Grafik Hubungan Tegangan dan Regangan beberapa material konstruksi
(dewobroto,2015)**

Namun demikian, sebagaimana halnya dengan material beton, kayu dan 18omput, material baja juga harus melalui proses pengujian di laboratorium resmi sebelum digunakan dalam konstruksi bangunan sipil. Pengujian pada produk baja konstruksi dibutuhkan untuk memverifikasi kualitas sifat dan kekuatan baja yang akan digunakan. Hal ini dikarenakan kemungkinan terjadinya perubahan mutu baja selama proses pabrikasi meliputi pemanasan, pembengkokan, pembentukan profil baik panas dan dingin. Walaupun sebelum pabrikasi telah dilakukan pengujian kekuatan bahan, namun nilai tersebut tidak bisa mewakili kekuatan baja setelah pabrikasi yang akan digunakan untuk konstruksi baja. (SNI 1729-2012)

Pengujian digunakan untuk mendukung kemampuan kinerja komponen sambungan-sambungan akibat beban harus secara akurat mewakili material, konfigurasi konstruksi intensitas pembebanan, dan kondisi batas yang dintisipasi dalam struktur. Pengujian yang digunakan untuk baja adalah uji kuat tarik.

Tabel 3.2. Mutu berbagai Jenis Baja
(bakhri, dkk, 2014)

Jenis Baja	Tegangan putus Minimum, f_u (Mpa)	Tegangan leleh minimum, f_y (Mpa)	Peregangan minimum (%)
BJ34	340	210	22
BJ37	370	240	20
BJ41	410	250	18
BJ50	500	290	16
BJ55	550	410	13

2. Defenisi Uji Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui besar kuat tarik suatu material dalam hal ini baja hingga mencapai *fracture* (kegagalan).

Pengujian material baja di laboratorium bertujuan untuk mengetahui property mekanik baja. Pengujian harus mengikuti standar seperti ASTM E8 di Amerika, atau ISO 6892 di Eropa atau JIS Z2241 di Jepang dan Standar Nasional Indonesia (SNI-07-2529-1991).

3. Tujuan Uji Kuat Tarik

Secara umum Pengujian ditujukan untuk mengetahui sifat dan karakteristik material baja sesuai dengan spesifikasi produk (ASTM A 370-02.1).

Pengujian kuat tarik ditujukan untuk :

1. Memilih material baja yang akan digunakan dan memastikan kualitas baja tersebut
2. Memprediksi perilaku material akibat beban tertentu selain beban tarik uniaksial
3. Sebagai perbandingan/evaluasi dalam pengujian material baru dibandingkan dengan material yang telah ada.
4. Mengetahui tingkat daktalitas material baja. Semakin tinggi daktalitas material baja maka semakin tinggi kemampuannya untuk menahan beban hingga mencapai *fracture*/kegagalan.

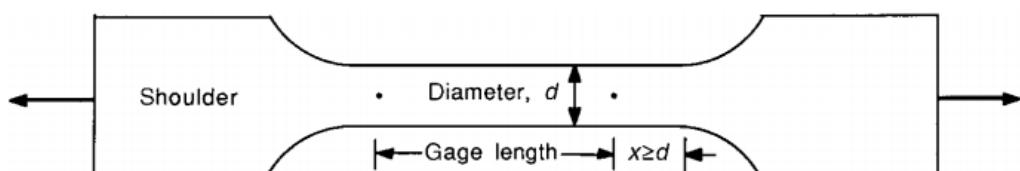
4. Persyaratan Akurasi Pengujian Baja

Bila suatu standar disetujui atau praktik yang mengatur pengujian komponen yang sama tersedia, program pengujian dan penentuan nilai desain dari program uji harus sesuai dengan standar-standar dan praktik. Bila standar-standar tersebut atau praktik tidak ada, specimen harus dibangun untuk skala yang sama dengan aplikasi yang dimaksud kecuali dapat menunjukkan bahwa efek skala tidak signifikan terhadap kinerja yang ditunjukkan.

Evaluasi hasil uji harus dibuat berdasarkan nilai-nilai yang diperoleh dari minimum 3 pengujian, dengan syarat bahwa deviasi dari setiap nilai yang diperoleh dari setiap pengujian tunggal tidak berbeda dari nilai rata-rata untuk semua pengujian. Maksimum deviasi nilai maksimum 15%. Jika deviasi dari nilai rata-rata untuk pengujian apapun melebihi 15% harus dilakukan pengujian tambahan hingga deviasi dari pengujian apapun dari nilai rata-rata tidak melebihi 15% atau minimal 6 pengujian telah dilakukan.

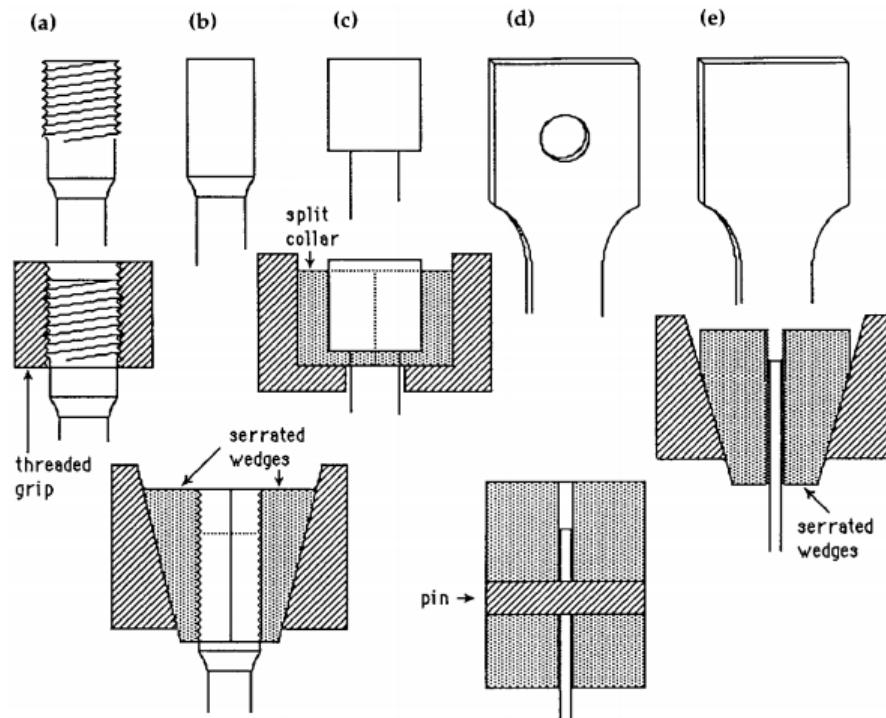
5. Benda Uji Tarik

Gambar 3.1 memperlihatkan benda uji tarik. Benda uji tarik memiliki bagian yang lebih besar pada ujungnya untuk bagian jepitan (*gripping*). Bagian yang penting dari benda uji adalah panjang pengukuran (*gage length*), yaitu bagian tertarik yang diukur dan pusat pengurangan penampang terjadi pada wilayah tersebut. Jarak antara daerah *gage length* (x) harus mencukupi sehingga tidak mempengaruhi deformasi yang terjadi yaitu minimum sebesar d (diameter *gage length*).



Gambar3.2. Bagian benda uji baja
(ASTM E8, 2009)

Ada beberapa tipe jepitan yang digunakan dalam pengujian tarik baja, sebagaimana yang terlihat pada gambar 3.2. di bawah ini. Namun yang terpenting adalah memahami bahwa pemilihan jenis jepitan harus memungkinkan benda uji dapat tertahan dan tidak mengalami kerusakan serta slip hingga mencapai beban maksimum. Selain itu benda uji juga tidak boleh mengalami lenturan.

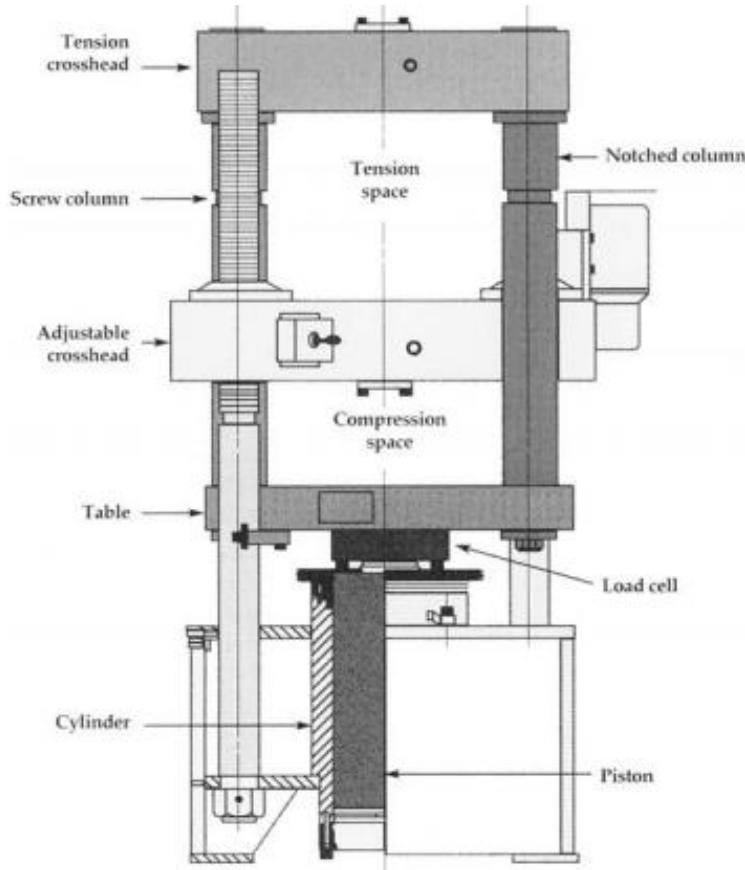


Gambar 3.3. Sistem Jepitan pada berbagai benda uji tarik. Pada benda uji bundar, termasuk jepitan dengan ulir spiral (a), baji bergerigi (b) benda uji dengan ujung kotak (c) benda uji pelat baja(d)
(ASTM E8, 2009)

6. Mesin Uji.

Mesin uji harus dalam kondisi baik dan lengkap karena akan berpengaruh terhadap muncul tidaknya eror pada hasil pengujian. Apabila terjadi kegagalan pada benda uji dikarenakan alasan kerusakan alat uji dan persiapan benda uji yang tidak memadai, maka pengujian dianggap batal dan harus diulang.

Mesin uji tarik yang umum digunakan adalah *Universal Testing Machine* (UTM) yang pada dasarnya adalah alat uji serba guna yang dapat digunakan untuk uji tarik, tekan lentur, geser, torsi dan lainnya. Beberapa merk UTM yang ada antara lain : Shimadzu; Instron; atau Hungta, yang merupakan produk Taiwan dan komputer lebih murah. Fungsi utama mesin ini adalah untuk menghasilkan kurva tegangan-regangan.



**Gambar 3.4.Universal Testing Machine dan bagian-bagiannya
(ASTM International Tensile Testing 2004)**

Terdapat dua jenis mesin UTM yaitu yang bekerja secara elektromekanik atau hidraulik. Perbedaan kedua mesin di atas terletak pada metode pembebahan yang diberikan.

- Mesin elektromekanik bekerja berdasarkan prinsip mesin elektrik yang memberikan beban tarik atau tekan pada berbagai kecepatan. *Micropocessor system* pada mesin ini dapat digunakan untuk mengatur kecepatan pembebahan yang diberikan.

- b. Mesin uji hidraulik bekerja berdasarkan satu atau dua piston yang bergerak ke atas atau ke bawah. Namun kebanyakan mesin hidraulik hanya memiliki 1 (satu) piston. Jika dioperasikan secara manual maka operator mesin mengoperasikan alat ini dengan mengatur katup tekanan untuk mengontrol tingkat pembebahan.

Secara umum elektromekanik mesin dapat digunakan untuk kecepatan pembebahan yang lebih tinggi dan memperoleh perpanjangan yang lebih besar, sedangkan mesin hidraulik lebih efektif untuk memperoleh pembebahan yang lebih besar. Jika memerlukan pengukuran perpanjangan baja (*elongation*) dengan tingkat ketelitian yang tinggi maka perlu ditambahkan alat extensometer.

7. Kurva Tegangan Dan Regangan

Pengujian tarik melibatkan pemasangan benda uji pada mesin uji sebagaimana yang dijelaskan pada bagian sebelumnya dan dibebani dengan gaya tarik. Gaya tarik direkam selama perpanjangan yang terjadi pada bagian *gage length*.

Tegangan dapat didefinisikan sebagai berikut :

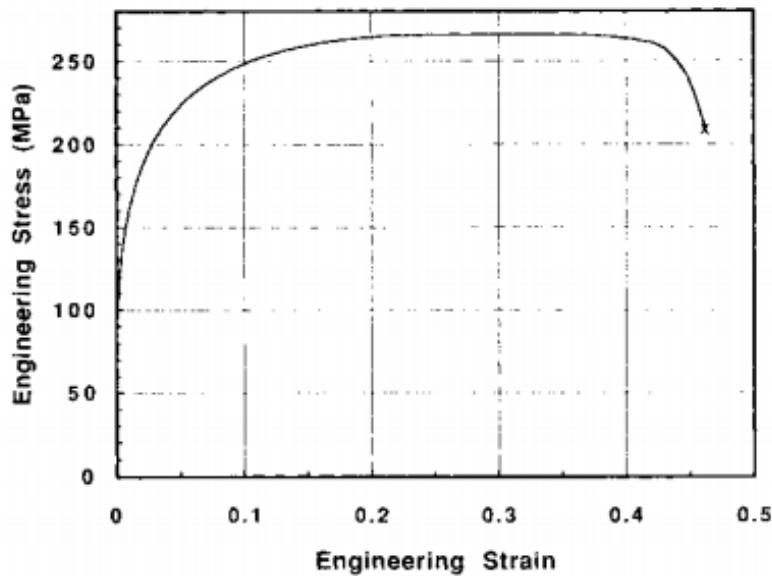
$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

dimana F adalah gaya tarik (beban tarik) dan A_0 adalah luas penampang sebelum pembebahan pada wilayah *gage* .

Tegangan didefinisikan sebagai berikut :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

dimana L_0 adalah panjang awal wilayah *gage* dan ΔL adalah perubahan panjang *gage length* yang diperoleh dari selisih panjang awal dengan panjang pada tahap pembebahan terukur ($L - L_0$). Setelah memperoleh nilai tegangan dan regangan, maka dapat diplotkan untuk memperoleh grafik tegangan dan regangan.



Gambar 3.5. Contoh Grafik Tegangan dan Regangan Tarik Material Baja

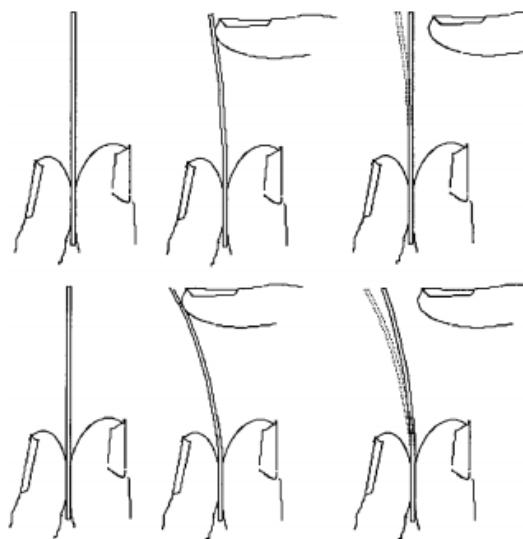
8. Elastik Dan Plastis

Saat suatu benda padat diberi tegangan kecil, ikatan antar-atom menjauh (meregang).

Saat tegangan dihilangkan, maka ikatannya kembali mengendur dan benda akan kembali ke bentuk semula. Deformasi yang bisa kembali ke posisi semula ini disebut dengan deformasi elastis (contoh : perubahan bentuk karet gelang sepenuhnya adalah elastis).

Pada tegangan yang lebih besar, posisi atom-atom benda saling berubah satu dengan yang lainnya. Deformasi ini tidak kembali ke bentuk semula walaupun tegangan dihilangkan. Kondisi ini disebut deformasi plastis. Sebagai catatan, istilah deformasi plastis tidak berarti bahwa material yang material yang telah berubah tersebut adalah jenis komputi seperti *polimer material*.

Sebagai contoh sederhana yang lebih tepat adalah jika suatu kawat (mis: kawat klip kertas) yang dibengkokkan dengan jari dapat menunjukkan perbedaan sifat elastis dan elastis dengan baik. Jika kawat tersebut dibengkokkan sedikit, maka akan kembali ke posisi semula. Namun jika dibengkokkan lebih besar, maka ketika dilepaskan maka akan melentur kembali dengan elastis, namun tidak dapat kembali ke posisi/bentuk semula. Akan terdapat lengkungan permanen karena deformasi plastis.



Gambar 3.6. Deformasi elastis dan plastis pada kawat klip. Kawat dibengkokkan sedikit dan kembali ke posisi semula (a). Kawat dibengkokkan lebih besar namun terjadi bengkokkan permanen saat beban dilepaskan (b)(ASTM international, 2009)

Umumnya, material memiliki bagian awal kurva yang linear. Kemiringan daerah linear ini lah yang dikenal dengan Modulus Elastis atau *Young's modulus* E . Dapat dituliskan dalam :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Dikarenakan regangan elastis biasanya sangat kecil, maka untuk mendapatkan pengukuran yang akurat dari modulus elatis pada uji tarik, dibutuhkan pengukur tegangan yang sangat sensitive (*extensometer*). Hasil yang akurat juga bisa diperoleh menggunakan pengukuran kecepatan suara (*velocity-of-sound measurements*) kecuali jika redaman benda sangat tinggi, seperti halnya *polymers*.

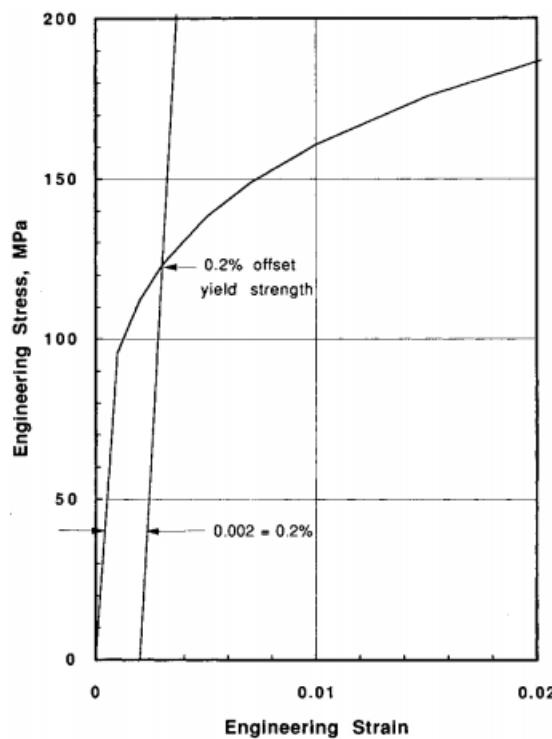
Saat tegangan tarik cukup tinggi, perilaku tegangan-regangan tidak linear lagi dan regangan terus bertambah walaupun beban/tegangan dihilangkan. Regangan yang tetap bertahan ini disebut regangan plastis.

Gambar 3.7 menunjukkan detail dari kurva tegangan regangan baja tarik. Batas elastis adalah tegangan saat deformasi plastis mulai terjadi dan batas sebanding (proportional limit) adalah tegangan saat kurva tegangan-regangan mulai menyimpang dari sifat elastisnya. Namun kedua istilah di atas tidak begitu berpengaruh karena deformasi

plastis ini sangat tergantung dari seberapa akurat regangan bisa diukur. Semakin kecil regangan plastis terukur semakin kecil perubahan dari linearitas bisa dideteksi, semakin kecil batas sebanding dan elastis.

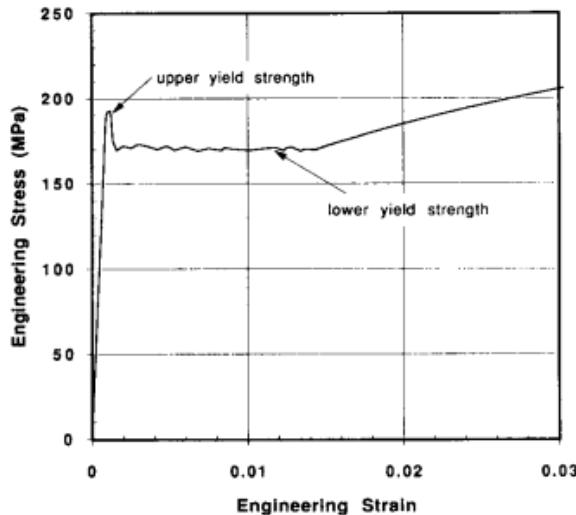
Untuk mengatasi hal ini, maka permulaan dari plastisitas biasanya digambarkan sebagai tegangan leleh penyeimbang (*offset yield strength*). *Offset yield strength* bisa dibuat dengan menarik garis lurus parallel terhadap garis linear kurva tegangan-regangan, namun dimulai dari nilai regangan 0,002 atau 0,2%. Tegangan leleh adalah nilai tegangan hasil perpotongan garis offset dengan kurva tegangan-regangan.

Salah satu keuntungan menggunakan metode offset ini adalah parameter tegangan leleh dapat diperoleh dengan mudah tanpa terlalu tergantung dengan sensitifitas pengukuran. Kadang, untuk kenayaman, leleh pada benda logam didefinisikan sebagai tegangan yang diperoleh pada regangan total sebesar 0,005 atau 0,5% dari total perpanjangan. Yang penting adalah pengguna data harus mengerti dan memahami kriteria yang mana yang digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan leleh pada uji tarik baja.



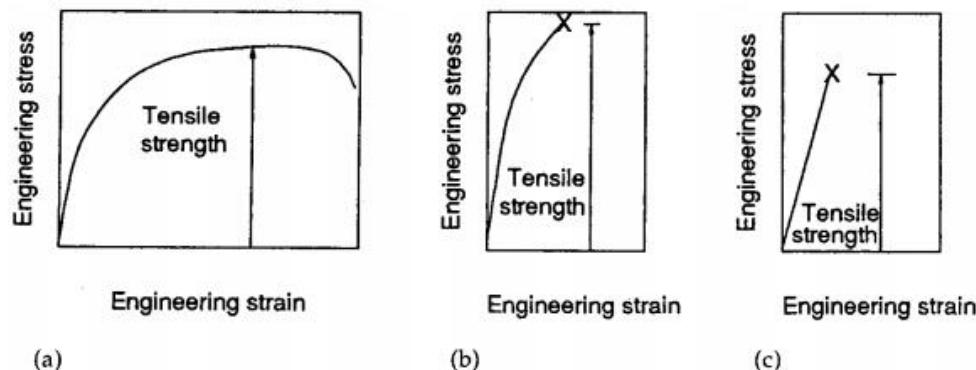
Gambar 3.7. Metode offset pada kurva tegangan-regangan baja tarik

Titik awal terjadi leleh biasanya dimabil pada nilai pada daerah *lower yield* saat tegangan mulai berubah dari elastis menjadi plastis. Namun beberapa praktisi juga ada yang mengambil sebagai rata-rata dari nilai tegangan di daerah leleh.



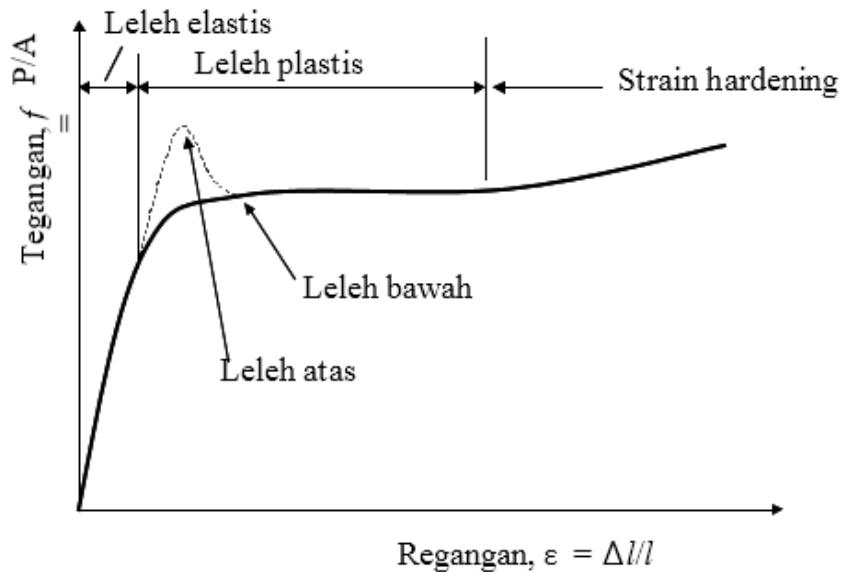
**Gambar 3.8. Titik Leleh pada Kurva Tegangan-Regangan Baja
(ASTM E8, 2009)**

Sedangkan tegangan ultimit adalah nilai tegangan tertinggi yang dicapai . Pada material daktail, tegangan ultimit berhubungan dengan saat deformasi mulai terpusat pada *gage length* , yaitu saat terbentuknya *necking*.



**Gambar 3.9. Kondisi Kuat Tarik
(ASTM E8, 2009)**

Secara utuh grafik hubungan tegangan dan regangan baja adalah sebagai berikut :



Gambar 3.10. Tipikal Diagram Tegangan-Regangan Baja Struktur
(Mardjono, 2008)

Pada gambar di atas terlihat daerah setelah regangan plastis,yang dinamakan *strain hardening* yaitu daerah dimana diperlukan tegangan untuk terjadinya tambahan regangan, tetapi bagian ini belum dianggap penting dalam perancangan

Perilaku baja terhadap temperatur tinggi.

Perlu diketahui bahwa diagram tegangan-regangan dalam Gambar di atas, adalah untuk kondisi baja dalam temperatur ruangan. Khususnya baja dengan kadar karbon yang tinggi akan mengalami sedikit penambahan kekuatan jika dipanaskan sampai sekitar 372°C . Namun temperatur dinaikkan hingga 427° - 538°C maka sebaliknya, keuatannya akan menurun dan pada temperatur 650°C kekuatan yang tersisa hanya tinggal sedikit saja sekitar 20%.

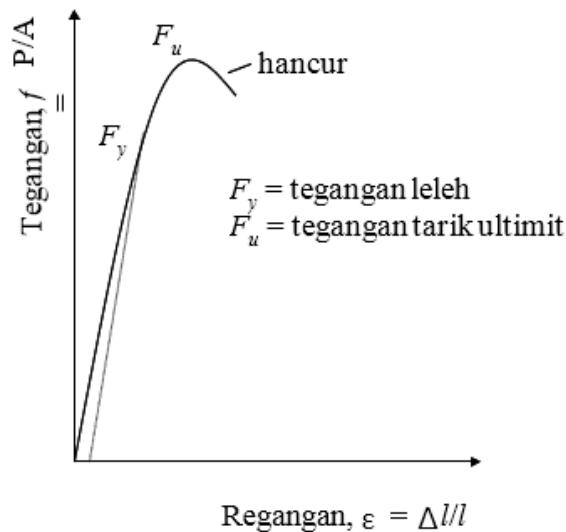
Perbandingan tegangan leleh pada suhu tinggi dan suhu ruangan adalah 0,77 pada 427°C , 0,63 pada 538°C , dan 0,37 pada 650°C . Pada saat kebakaran

dan ada daerah pengelasan. Temperature pada rentang ini sangat mudah dicapai.

Jika baja didinginkan hingga mencapai suhu dibawah 0°C , keuatannya akan bertambah sedikit tetapi akan terjadi reduksi cukup besar pada daktilitas dan *toughness*. Suatu struktur yang belum mengalami tegangan diatas titik leleh akan kembali ke posisi semula jika beban ditiadakan. Tetapi jika struktur dibebani diatas tegangan leleh, maka struktur tidak akan kembali ke posisi semula.

Baja merupakan suatu campuran dengan persentase besi 98%, selain juga mengandung sedikit karbon, silicon, magnesium, dll. Karbon memberikan pengaruh besar pada sifat baja. Sifat keras dan kekuatan akan meningkat dengan bertambahnya jumlah karbon tetapi baja yang dihasilkan akan getas dan sulit untuk dilas. Jika jumlah karbon terlalu sedikit akan menghasilkan baja yang lunak dan lebih daktil tetapi lemah. Penambahan kromium, silicon, dan nikel menghasilkan baja dengan kekuatan cukup tinggi, tetapi baja jenis ini lebih mahal dan sulit untuk difabrikasi.

Tipikal diagram tegangan-regangan untuk baja getas diberikan dalam Gambar 3.10. Material jenis ini memperlihatkan sedikit atau tidak ada deformasi permanen pada saat runtuh. Tetapi daktilitas rendah atau sifat getas merupakan karakteristik dari baja kekuatan tinggi. Sedangkan yang diinginkan adalah material dengan kekuatan tinggi sekaligus daktil sehingga perencana harus memilih antara kedua sifat tersebut. Baja getas dapat runtuh mendadak jika dibebani berlebihan, dan selama pelaksanaan dapat runtuh akibat beban kejut.



Gambar 3.11. Tipikal Grafik Hubunga Tegangan-Regangan Baja Getas(SNI 1726,2002)

Baja getas mempunyai rentang cukup besar dimana tegangan sebanding dengan regangan, tetapi tidak mempunyai batas tegangan leleh yang pasti. Sedangkan untuk menerapkan rumus-rumus untuk desain diperlukan nilai tegangan leleh yang pasti baik untuk baja daktil maupun getas.

Jika baja lunak ditarik hingga melampaui batas elastis dan kemudian gaya tarik dihilangkan (*unloading*) maka tidak akan kembali pada kondisi regangan nol. Pada saat *unloading*, diagram tegangan-regangan akan melalui lintasan yang baru seperti yang ditunjukkan dengan garis putus dalam Gambar 3.10 dan sejajar dengan garis lurus semula. Hasilnya adalah terjadinya regangan permanen atau regangan residual.

Tegangan leleh dari baja getas biasanya didefinisikan sebagai tegangan dari lintasan *unloading* dengan regangan residual 0,002 atau metode *offset* sebagaimana yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya.

9. Metodologi Pengujian Dan Analisis Data

Bagian ini membahas mengenai hal-hal berkaitan pengujian tarik yang harus diperhatikan. Antara lain :

1. Pemilihan sampel (benda uji)

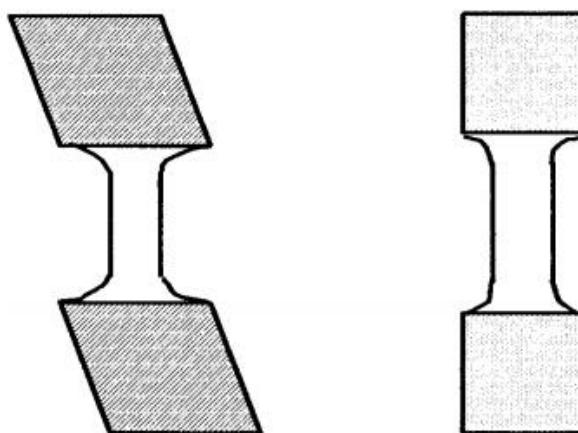
Tujuan pengujian material adalah untuk menentukan apakah material tersebut sesuai dengan tujuan penggunaannya. Benda uji harus mewakili material yang ingin diuji. Dalam arti kata bahwa benda uji dan material yang akan digunakan harus berasal dari sumber yang sama dan diproses dengan metode dan cara yang sama.

2. Persiapan benda uji

Benda uji harus dipersiapkan sebaik mungkin untuk mendapatkan hasil yang akurat.

Berikut adalah beberapa aturan yang dianjurkan sebagai panduan umum :

- 1) Saat sampel diperoleh, lakukan pencatatan data material, sumber, lokasi dan sumbu material, kondisi material, waktu pengambilan sampel.
- 2) Benda uji harus dibuat dengan hari-hati dan memperhatikan detail. Sumbu benda uji harus segaris dengan arah sumbu benda uji. Pengerjaan dingin pada benda uji harus diminimalisir. Dimensi benda uji harus dibuat memenuhi toleransi yang diijinkan dalam prosedur pengujian.



Gambar 3.12. Contoh Benda uji yang tidak baik (kiri) , benda uji yang baik (kanan)
(ASTM E8, 2009)

3. Set-up pengujian

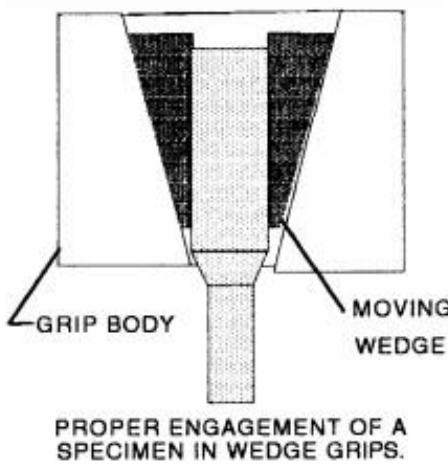
Alat uji harus dipersiapkan sebaik mungkin. Terdapat 3 syarat yang harus dipenuhi oleh mesin uji, yaitu:

- 1) Kapasitas beban mencukupi untuk mencapai beban maksimum dari benda uji yang akan diuji.

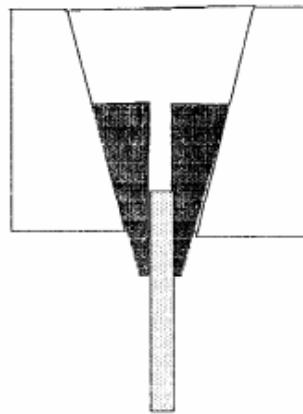
- 2)Control kecepatan uji (atau tingkat regangan atau tingkat pembebahan) sesuai dengan ketentuan pengujian.
- 3)Ketelitian dan keakuratan yang mencukupi untuk mendapatkan dan merekam beban dan informasi perpanjangan yang diperoleh dari pengujian secara memadai. Akurasi dan ketelitian alat dipastikan melalui verifikasi kalibrasi terbaru.

Ketentuan untuk jepitan benda uji ke mesin uji yang harus diperhatikan adalah :

- 1)Penjepit harus cocok dengan benda uji
- 2)Harus memiliki kekuatan yang mencukupi sehingga tidak mengalami kerusakan selama proses pengujian berlangsung.
- 3)Bagian penjepit (*grip*) idealnya memiliki lebar yang sama dengan lebar ujung benda uji.

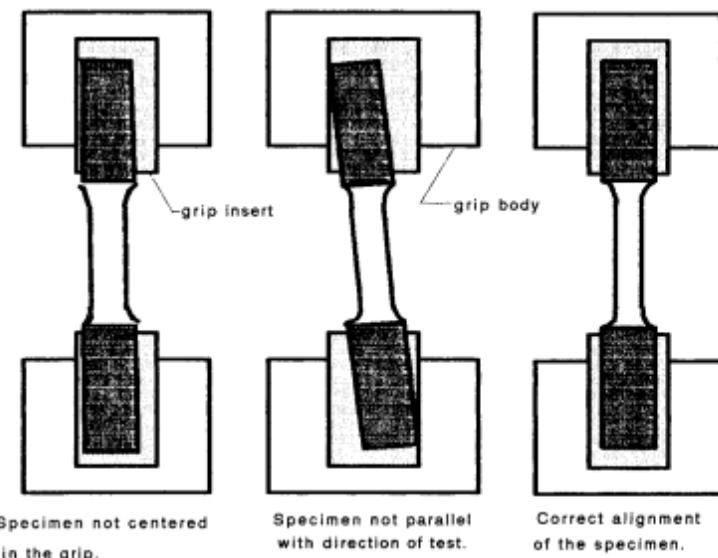


Gambar 3.13.Kondisi Penjepitan Benda Uji Yang baik



POOR ENGAGEMENT.
THIS SMALL "BITE" IS
LIKELY TO CAUSE DAMAGE
TO THE GRIPS, AND
RISK OF INJURY TO
ANYONE NEAR THE
MACHINE.

**Gambar 3.13. Kondisi Penjepita benda Uji Yang Buruk dan Membayakan
(jepitan hanya sedikit)**



Gambar 3.14. Contoh Penjepitan yang baik dan buruk
**Posisi benda uji yang baik (kanan), Posisi benda uji yang buruk, tidak di tengah
dan miring (kiri ,tengah)**
(ASTM E8, 2009)

Jika benda uji miring, maka permasalahan yang muncul adalah

- 1)terjadinya tegangan lentur pada benda uji.

2) Terjadinya eror pada pengukuran beban karena munculnya gaya lentur pada alat pengukur beban. Eror semacam ini dapat dikurangi dengan menambahkan dudukan U-Joints pada set up pengujian.

Salah satu cara untuk mengidentifikasi adanya permasalahan pada grip (jepitan) adalah munculnya bekas goresan dalam yang tidak sama pada bagian lebar benda uji. Untuk mendapatkan pengukuran yang lebih teliti, maka *strain gage* digunakan lebih baik dari pada extensometer khususnya pada benda uji ukuran kecil.

10. Prosedur Pengujian

Berikut adalah prosedur umum pengujian yang harus diperhatikan

1. Batasan regangan dan beban dipilih berdasarkan nilai yang terdekat dengan data material yang komputer tersedia atau berdasarkan pengalaman sebelumnya. Sebagai catatan, sistem pengujian berbasis komputerisasi memiliki pemilihan batas otomatis dan akan mencatat data bahkan jika batas awal pemilihan beban sangat kecil.
2. Data benda uji harus dicatat dengan akurat
3. Dimensi diukur dan dicatat untuk perhitungan luas penampang. Pengukuran harus dilakukan untuk setiap specimen/benda uji yang ada. Tidak boleh mengasumsikan bahwa semua sampel yang disiapkan 100% konsisten/komputer.
4. Semua indikator beban harus dalam nilai nol sebelum benda uji dijepitkan kepenjepit (grip). Setelah benda uji ditempatkan tidak boleh me-reset nilai zero pada indikator beban.
5. Benda uji telah dijepitkan dan dikunci dengan baik.
6. Jika extensometer digunakan, maka alat di set nol setelah ditempatkan/dipasang.
7. Perhatikan kecepatan pembebahan. Beberapa material sangat sesitif terhadap kecepatan pembebahan yang terlalu tinggi dan beberapa alat pencatat

beban dan regangan tidak mampu mencaatat dan merespon dengan cukup cepat dan akurat jika kecepatan pembebahan yang diberikan berlebihan.

8. Teknisi laboratorium harus memonitor pengujian dengan teliti dan memberi peringatan jika ada masalah. Salah satu tanda yang paling umum adalah jika plot grafik tegangan –regangan pada awal pengujian tidak membentuk garis lurus, maka hal ini mengindikasikan pembebahan tidak sejajar/aksial dengan sumbu benda uji karena pemasangan eksponsometer yang tidak tepat atau benda uji dalam posisi miring. Indikasi kesalahan lainnya adalah terjadinya penurunan beban yang mencolok selama pengujian. Bisa jadi dikarenakan karakteristik material tersebut, namun bisa juga mengindikasikan permasalahan seperti terjadinya slip antara benda uji dengan penjepit (grip). Penempatan benda uji yang terlalu dangkal pada badan penjepit sangat berbahaya karena kegagalan jepitan bisa menyebabkan kecelakaan kerja pada penguji/pekerja dan kerusakan pada alat.

11. Perekaman data dan analisis

Data pada umumnya dapat dibagi menjadi data mentah dan data terhitung. Data mentah diperoleh langsung dari pengujian yang direkam sedangkan data terhitung adalah hasil test setelah dilakukan analisis tahap awal.

Langkah-langkah analisis data adalah sebagai berikut:

- a. Menghitung kuat tarik yang didefinisikan sebagai beban per unit luas penampang untuk mencapai *fracture*.
- b. Semakin rumit pengujian, semakin banyak informasi yang harus direkam seperti jika ingin memperoleh grafik hubungan tegangan-regangan
- c. Mesin uji dengan komputerisasi dapat menampilkan grafik tanpa kertas dan dapat menyimpan pengukuran. Namun bagaimanapun data tersebut tetap perlu disimpan dengan baik dan dianalisis lebih lanjut.

12. Interpretasi data dan pembuatan laporan

Laporan pengujian biasanya terdiri atas hasil uji dalam satu sample yang mewakili beberapa specimen/benda uji. Laporan uji disesuaikan dengan standar yang digunakan.

Isi laporan harus berisikan:

1. Identitas benda uji dan contoh;
2. Teknisi penguji;
3. Tanggal pengujian;
4. Penanggung jawab pengujian;

5. Pencatatan pengujian;
6. Nama laboratorium dan instansi penguji.
7. Hasil pengujian harus ditanda tangani oleh penaggung jawab.

Hasil pengujian dengan deviasi kecil menandakan bahwa hasil pengujian dan prosedur baik dan seragam. Namun jika deviasi terlalu besar maka mengindikasikan adanya masalah selama pengujian berlangsung dan perlu diselidiki lebih lanjut.

D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN

Aktivitas pembelajaran pada kegiatan pembelajaran mengevaluasi hasil pengujian mutu baja pada pekerjaan konstruksi baja adalah :

1. Mengamati

Mengamati penjelasan mengenai karakteristik mekanik baja, prosedur pengujian tarik baja dan analisa data hasil pengujian tarik baja

2. Menanya

Mengkondisikan situasi belajar agar terbiasa mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang prinsip-prinsip evaluasi hasil pengujian baja

3. Mengumpulkan informasi/Eksperimen (mencoba)

Mengumpulkan data yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkret, dokumen,buku, praktek/praktikum) melalui praktikum uji tarik baja dan analisa hasil data untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang prinsip-prinsip evaluasi hasil uji tarik baja

4. Mengasosiasi/Mengolah Informasi

Mengkategorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnya menyimpulkan dengan urutan sederhana sampai kepada urutan yang lebih kompleks tentang prinsip evaluasi hasil uji tarik baja

5. Mengkomunikasikan

Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang evaluasi hasil uji tarik baja melalui laporan.

E. LATIHAN/KASUS/TUGAS

TUJUAN TUGAS:

1. Mampu melaksanakan uji tarik baja
2. Mampu melakukan perekaman data
3. Mampu mengenali data yang diperlukan untuk analisis hasil

4. Mampu membuat grafik hubungan tegangan-regangan
5. Mampu mengevaluasi hasil uji tarik baja melalui nilai kuat leleh, kuat tarik maaksimum dan nilai modulus elastisitas baja

URAIAN TUGAS:

Pelaksanaan uji tarik baja di workshop konstruksi sesuai dengan prosedur dalam SNI 07-2052-1997 tentang Pelaksanaan Uji Tarik Baja Tulangan.

Uji tarik baja untuk

Baja Ulir/deform : BJTS 35, BJTS 40

Baja Polos : BJTP 24, BJTP 30

dengan nilai P (gaya tarik) yang berbeda-beda, kemudian diolah dan diplotkan sehingga didapatkan kurva tegangan – regangan baja.

F. RANGKUMAN

Dalam mengevaluasi hasil pengujian material baja konstruksi, maka harus diperhatikan keakuratan pelaksaan pengujian dan benda uji yang digunakan, Selain itu perlu untuk memahami sifat kurva tegangan dan regangan baja tarik sehingga tidak terjadi kesalahan dalam menginterpretasi data data hasil pengujian.

G. KUNCI JAWABAN

Langkah-langkah pengujian :

1. Siapkan dan periksalah benda kerja yang akan diuji. Catatlah ukuran benda kerja (panjang, panjang ukur, lebar, dan tebal mula-mula) serta jenis bahannya

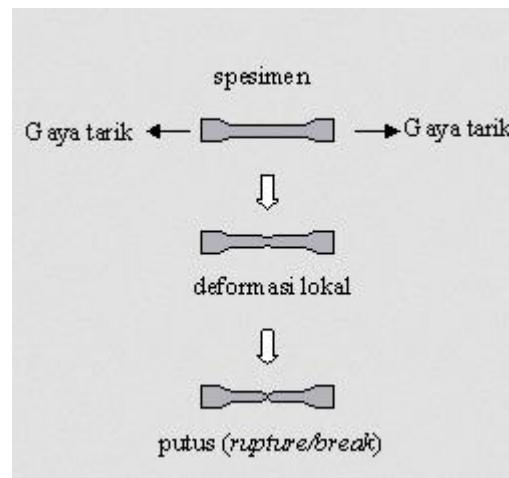


2. Periksalah keadaan mesin serta peralatan yang digunakan.



3. Putar switch utama pada posisi “1”, switch terletak pada bagian belakang mesin dalam switch gear cabinet
4. Hidupkan mesin dengan menekan tombol “ON”.
5. Aturlah posisi katup pada kedudukan closed.
6. Putarlah kran pengatur pada posisi menutup (putar ke kanan agak kencang) atau pada posisi “1”.
7. Aturlah kedudukan kopling atau lever dalam keadaan netral (nol) dengan cara memutar micro controller.
8. Tentukan piringan beban/load sesuai dengan bahan benda kerja yang akan diuji
9. Jepit ujung benda kerja bagian atas pada grip chuck. Aturlah skala perpanjangan pada posisi nol (dengan kopling lever). Jepit ujung benda kerja bagian bawah (tentukan ukuran panjangnya) dengan cara mengatur kedudukan chuck bagian bawah. Setel jarum indikator pada posisi nol (dengan catatan tidak ada beban).
10. Mulailah pengujian dengan perlahan-lahan dengan memutar micro controller ke kanan (dapat dilihat pada skala dial).
11. Baca dan catatlah pertambahan gaya pada skala indikator untuk setiap pertambahan panjang 2 mm.

12. Setelah benda kerja patah, ukurlah panjang ukur benda kerja setelah patah, tebal dan lebar pada patahan.



13. Susunlah data hasil pengujian menggunakan table di bawah ini :

G. Data-Data Pengamatan.

Bahan benda kerja ■

Ukuran benda kerja mula-mula: L_0 ■ panjang mula-mula ■ mm

w_0 ■ lebar mula-mula ■ mm

t_0 ■ tebal mula-mula ■ mm

A_0 ■ luas penampang mula-mula ■ $w_0 \times t_0$ ■ mm²

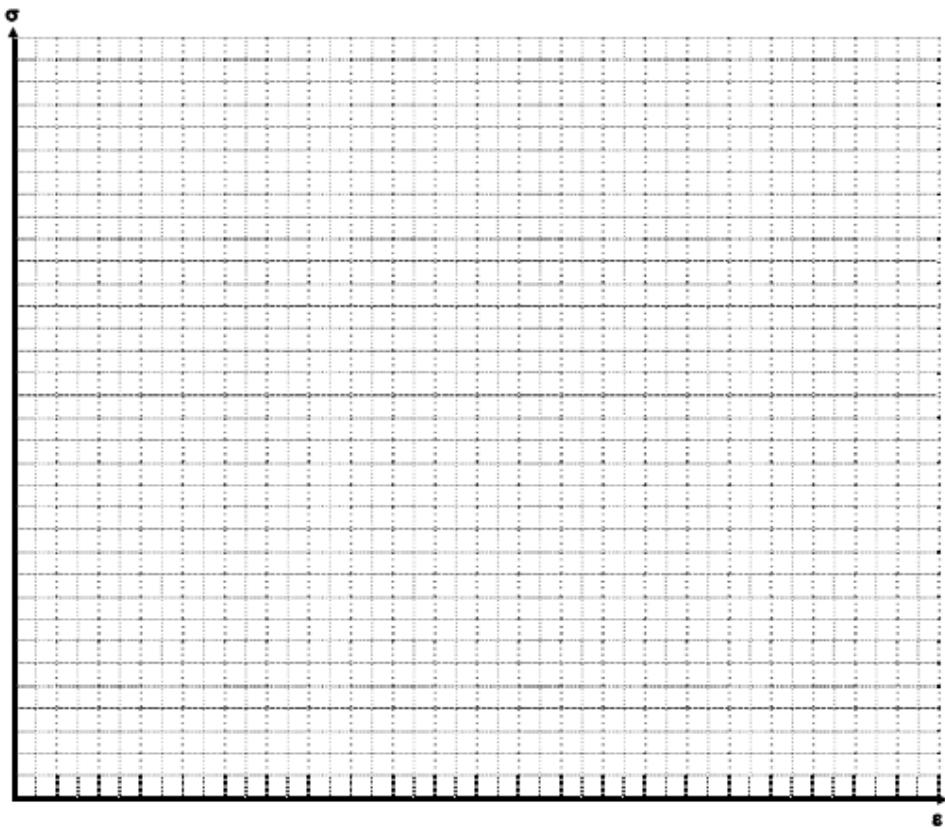
Data hasil uji tarik:

ΔL (mm)	P (N)	$\epsilon = (\Delta L/L_0) \times 100\%$	$\sigma = P/A_0$ (N/mm ²)
0			
2			
4			
6			
8			
10			
12			
14			
16			
18			
20			
22			
24			
26			
28			
30			
32			
34			
36			
38			
40			
42			
44			
46			
48			
50			
52			
54			
56			
58			
60			
62			

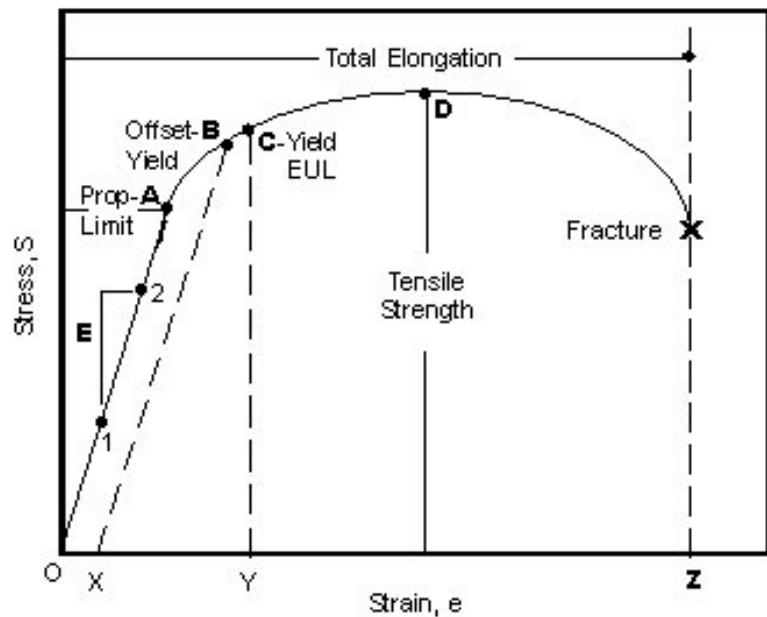
14. Hitung nilai perubahan panjang, nilai regangan, nilai tegangan

15. Plotkan pada grafik tegangan dan regangan

Gambar kurva tegangan-regangan:



16. Tarik garis offset 2%



E. DAFTAR PUSTAKA

Agus Setiawan. **Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD** (Sesuai SNI 03-1729-2002). Penerbit Erlangga.

ASTM A370-02. Standard Test Methods and Definition for Mechanical Testing of Steel Products

Badan Standar Nasional. 2015. Standar Nasional Indonesia **SNI 03-1729-2015**.
Jakarta

Daftar Profil Konstruksi Baja.

Laboratorium Mekanika Struktur, **Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung Menggunakan**

Marjono, Fitri. 2006. **Catatan Kuliah Struktur Baja 1**. Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.

Metoda LRFD. Penerbit ITB

Salmon, Johnson. **Struktur Baja Desain dan Perilaku Jilid 1**. Penerbit Erlangga.

.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2

Merancang Dimensi Konstruksi Baja

A. TUJUAN

Melalui modul tentang merancang dimensi konstruksi baja ini diharapkan guru dapat memahami penggunaan baja sebagai material konstruksi untuk berbagai elemen struktur, memahami konsep perencanaan struktur baja, merancang dimensi batang tarik, batang tekan dan batang lentur pada konstruksi baja berdasarkan SNI 1726-2015 mengenai perancangan struktur baja.

B. INDIKATOR

1. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang konsep perancangan dimensi konstruksi baja
2. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang perencanaan berdasarkan SNI 1729-2015 melalui metode *Load Resistance Factor Design*(LRFD).
3. Guru dapat mengetahui, dan memahami perbedaan antara metode *Load Resistance Factor Design* (LRFD) dan *Allowable Stress Design* (ASD)
4. Guru dapat memahami perancangan batang tarik, batang tekan dan batang lentur
5. Guru dapat merancang batang tarik (SNI 1729-2015).
6. Guru dapat merancang batang tekan
7. Guru dapat merancang batang lentur

3. URAIAN MATERI

Pengertian Perancangan Konstruksi baja

Perancangan konstruksi baja adalah suatu proses pengaturan dan pendimensian struktur serta bagian struktur sehingga dapat memikul beban.

Proses tersebut melibatkan :

1. pengaturan tata letak struktur
2. Mempelajari berbagai bentuk struktur yang mungkin untuk digunakan
3. Meninjau kondisi pembebangan
4. Menganalisa tegangan
5. Defleksi
6. Mendesain
7. menggambar gambar rencana dan gambar kerja.

Dengan kata lain, desain berarti mendapatkan dimensi bagian struktur setelah menghitung gaya dan tegangan yang terjadi akibat beban rencana, dalam hal ini adalah pada konstruksi baja.

1. Tujuan Perancangan Struktur

Perancangan struktur perlu dilakukan untuk dapat mengatur dan menentukan dimensi elemen-elemen struktur pada suatu bangunan baja sehingga dapat dilaksanakan mengikuti prinsip-prinsip perencanaan struktur yaitu :

1. Kekuatan
2. Kekakuan
3. Daktalitas
4. Ekonomis

Setiap prinsip perancangan struktur tersebut akan dibahas di bawah ini

1. Kekuatan

Dimesi baja pada portal bangunan atau struktur harus mampu menahan beban yang diberikan dengan kekuatan yang sesuai dengan prinsip perencanaan yang berlaku.

2. Kekakuan

Portal atau struktur tidak saja harus dirancang untuk memikul beban secara aman tetapi juga harus dapat menahan defleksi dan vibrasi yang dapat mengganggu penghuni atau menyebabkan retak.

3. **Ekonomis dan Parktis**

- a. Perancangan bajaselain menguatamakan kekuatan struktur namun juga harus tetap ekonomis. Tujuan lain dalam perancangan struktur adalah kemudahan dalam fabrikasi dan pelaksanaan tanpa menimbulkan masalah yang terlalu besar. Perencana harus mengerti metode fabrikasi dan berusaha menyesuaikan dengan fasilitas yang ada dalam proyeknya.
- b. Sebagai dasar perancangan maka harus mempelajari segala sesuatu tentang pendetailan, fabrikasi, dan pelaksanaan di lapangan. Hasil pekerjaannya akan lebih dapat diterima, praktis, dan ekonomis jika perancang mengetahui tentang masalah, toleransi, dan ruang gerak di lapangan. Dalam hal ini termasuk juga transportasi material ke lapangan dengan truk atau kereta api, kondisi pekerja, dan peralatan dalam pelaksanaan. Akhirnya perancang juga harus merancang dimensi yang tidak mengganggu 45omput mekanis struktur seperti 45omput pipa, elektrikal, dan arsitektural.

4. **Perancangan Ekonomis Elemen Struktur Baja**

Perancangan elemen baja tidak hanya melibatkan perhitungan yang diperlukan untuk mendukung beban dan pemilihan profil yang paling ringan, melainkan juga harus mempertimbangkan berbagai faktor dibawah ini.

- 1) Perancang harus memilih profil baja. Balok baja, pelat, dan batang dengan dimensi yang tidak lazim akan sulit dan mahal untuk diperoleh.
- 2) Anggapan salah yang sering dianut adalah profil yang paling ringan adalah yang paling ekonomis. Suatu bangunan rangka yang dirancang berdasarkan profil yang paling ringan akan menghasilkan jenis profil yang bervariasi dalam dimensi dan bentuk. Usaha menyambung berbagai bentuk dan dimensi profil ini akan sangat sulit dan biaya berdasarkan berat menjadi lebih

tinggi. Akan lebih baik jika dikelompokkan elemen yang hampir sama dimensinya dan gunakan profil yang sama meskipun hal ini akan menyebabkan ‘overdesign’ pada beberapa elemen.

- 3) Balok yang dipilih untuk lantai gedung umumnya profil tinggi untuk mendapatkan momen inersia dan tahanan terhadap momen yang besar. Tetapi dengan semakin tingginya gedung, hal ini harus dimodifikasi. Sebagai ilustrasi tinjau bangunan 20 lantai dengan persyaratan tinggi bersih setiap lantai. Diasumsikan bahwa tinggi balok dapat direduksi sebanyak 1524 mm. Harga profil balok akan lebih mahal (mengapa?), tetapi terdapat pengurangan tinggi gedung sebesar 3,05 m, sehingga akan menghemat dinding, tinggi elevator, tinggi kolom, plambing, elektrikal, dan pondasi.
- 4) Biaya pelaksanaan dan pabrikasi untuk balok baja struktur hampir sama, baik untuk profil ringan maupun berat. Jadi jarak antar balok harus sejauh mungkin untuk mengurangi jumlah balok yang harus dipasang dan dipabrikasi.
- 5) Baja struktur hanya perlu dicat jika diperlukan saja. Jika baja terbungkus beton, tidak diperlukan pengecatan Baja juga perlu pelindung kebakaran.
- 6) Lebih disukai untuk menggunakan profil yang sama berulang kali karena hal ini dapat mengurangi gambar dan pekerjaan detail untuk mengurangi biaya pabrikasi dan pelaksanaan.
- 7) Untuk penampang besar, khususnya profil *built-up*, perancang harus mencari informasi mengenai masalah transportasi. Informasi tersebut adalah panjang dan tinggi yang dapat diangkut dengan truk atau kereta api, jarak bersih jembatan dan kabel listrik, dan beban maksimum yang dapat dipikul oleh jembatan. Untuk membuat rangka atap menjadi satu kesatuan sangatlah memungkinkan, tetapi apakah mungkin untuk membawanya ke lapangan dan memasangnya?
- 8) Profil yang dipilih harus mudah untuk dipasang dan mudah dirawat. Misalnya, harus dimungkinkan memberikan akses guna pemeliharaan dan pengecatan 460computer.

- 9) Gedung seringkali dimuat juga oleh pipa, saluran, dan lain-lain. Pemilihan profil harus dilakukan sehingga sesuai dengan persyaratan untuk terpasangnya utilitas tersebut.
- 10) Elemen baja seringkali tidak diselubungi (ekspos) seperti pada jembatan dan auditorium. Penampilan struktur seperti ini memerlukan pemilihan jenis penampang.

2. Kegagalan Struktur

Mempelajari kegagalan struktur lebih penting dibandingkan mempelajari kesuksesan masa lalu. Seorang perancang dengan pengalaman minim harus mengetahui dimana harus diberikan perhatian khusus dan dari mana masukan harus dicari. Keruntuhan struktur biasanya terjadi karena kurangnya perhatian pada detail, defleksi, masalah pemasangan, dan penurunan pondasi.

Umumnya perancang akan memilih profil dengan dimensi dan kekuatan yang cukup. Jadi keruntuhan struktur jarang terjadi akibat keruntuhan material, tetapi lebih banyak disebabkan oleh penggunaan yang tidak sesuai.

Kesalahan yang sering diperlihatkan oleh perancang adalah setelah mereka merancang elemen struktur dengan baik, mereka melakukan pemilihan sambungan yang tidak cukup. Bahkan mereka sering menyerahkan perancangan sambungan kepada juru gambar. Kesalahan yang sering terjadi dalam desain sambungan adalah mengabaikan sebagian gaya yang bekerja pada sambungan seperti momen sambungan. Dalam suatu rangka, elemen hanya dirancang terhadap gaya aksial saja, tetapi sambungan dapat menerima beban eksentris dan menghasilkan momen yang meningkatkan tegangan. Tegangan sekunder ini seringkali begitu besar dan oleh karenanya harus diperhitungkan dalam perancangan.

Salah satu sumber keruntuhan terjadi pada balok yang ditumpu pada dinding dan tidak mendapat tumpuan atau angkur yang cukup. Jika balok semacam

ini memikul pelat atap dengan air hujan yang terkumpul, maka balok akan berdefleksi sehingga menambah muatan air hujan, dan seterusnya. Pada saat berdefleksi balok akan tertarik dari dinding dan menyebabkan keruntuhan pada dinding atau terlepasnya balok dari dinding.

Perbedaan penurunan pondasi dapat menyebabkan keruntuhan struktur. Umumnya penurunan pondasi tidak menyebabkan keruntuhan melainkan retak atau berkurangnya kekuatan struktur. Secara teoritis, jika seluruh pondasi turun dengan besar yang sama, maka tidak akan terjadi perubahan tegangan. Tetapi biasanya perencana tidak dapat pencegah penurunan, oleh kerena itu dalam mendesain struktur harus diperkirakan tegangan yang muncul akibat adanya perbedaan penurunan. Perbedaan penurunan pondasi yang terjadi pada struktur tidak simetris akan menyebabkan variasi tegangan yang sangat besar. Jika kondisi pondasi sangat buruk, maka sebaiknya dibuat struktur statis tertentu sehingga perbedaan penurunan pondasi tidak menyebabkan perubahan tegangan yang besar. Pada bagian lain akan dibahas bahwa kekuatan ultimate baja hanya berubah sedikit akibat adanya perbedaan penurunan.

Jenis keruntuhan lain disebabkan oleh kurangnya perhatian pada defleksi, fatik elemen, pengaku terhadap goyangan, getaran, dan kemungkinan terjadinya buckling pada elemen tekan atau flens tekan dari balok. Struktur yang telah selesai dibangun biasanya diperku dengan adanya lantai, dinding, sambungan, dan pengaku khusus, tetapi pada saat pelaksanaan semua elemen pengaku tersebut belum terpasang. Untuk itu, selama pelaksanaan perlu adanya pengaku sementara.

3. Ketepatan Perhitungan

Perlu disadari bahwa perancangan suatu struktur bukanlah ilmu yang eksak. Penyebab dari hal ini telah disebutkan sebelumnya yaitu: asumsi dalam metoda analisa, variasi kekuatan material, beban maksimum yang hanya

dapat diperkirakan. Sebagai contoh sederhana untuk masalah pembebanan adalah dapatkah kita menghitung beban yang bekerja per meter persegi pada gedung ini dengan toleransi 10% terhadap beban yang digunakan dalam rancangan?

4. Pengaruh Komputer Pada Perancangan Struktur Baja

Dengan tersedianya personal computer telah mengubah cara analisis dan perancangan struktur baja. Hampir disemua pendidikan teknik, computer digunakan untuk menganalisa masalah struktur. Banyak perhitungan yang harus dilakukan dalam perancangan baja dan umumnya merupakan kegiatan berulang yang memakan waktu lama. Dengan bantuan komputer, perhitungan yang dilakukan oleh perancang dapat dipersingkat sehingga perancang dapat mempertimbangkan rancangan computer49ve lainnya.

Secara teoritis, komputer dapat membantu perancangan dalam melakukan proses rancangan dalam waktu yang lebih singkat. Meskipun dapat meningkatkan produktivitas rancangan, tetapi dengan kehadiran komputer pulalah maka perancang dapat kehilangan ‘rasa’ yang sangat diperlukan dalam analisis.

5. Profil Baja

Sejarah profil baja struktur tidak terlepas dari perkembangan rancangan struktur di Amerika Serikat yang kemudian diikuti oleh negara lain. Bentuk profil yang pertama kali dibuat di Amerika Serikat adalah besi siku pada tahun 1819. Baja I pertama kali dibuat di AS pada tahun 1884 dan struktur rangka yang pertama (*Home Insurance Company Builing of Chicago*) dibangun pada tahun yang sama. William LeBaron Jenny adalah orang pertama yang

merancang gedung pencakar langit dimana sebelumnya gedung dibangun dengan dinding batu.

Untuk dinding luar dari gedung 10 lantai Jenny menggunakan kolom *cast iron* dibungkus batu. Balok lantai 1 s.d. 6 terbuat dari *wrought iron*, dan untuk lantai diatasnya digunakan balok baja struktur. Gedung yang seluruh rangkanya dibuat dari baja struktur adalah Gedung *Rand-McNally* kedua di Chicago dan selesai dibangun pada tahun 1890.

Menara Eiffel yang dibangun pada tahun 1889 dengan tinggi 300m dibuat dari *wrought iron* dan dilengkapi dengan elevator mekanik. Penggabungan konsep mesin elevator dan ide dari Jenny membuat perkembangan konstruksi gedung tinggi meningkat hingga sekarang.

Sejak itu berbagai produsen baja membuat bentuk profil berikut katalog yang menyediakan dimensi, berat dan properti penampang lainnya. Pada tahun 1896, *Association of American Steel Manufacturers* (sekarang *American Iron and Steel Institute*, AISI) membuat bentuk standar. Sekarang ini profil struktur baja telah distandarisasi, meskipun dimensi eksaknya agak berbeda sedikit tergantung produsennya.

Baja struktur dapat dibuat menjadi berbagai bentuk dan ukuran tanpa banyak merubah sifat fisiknya. Pada umumnya yang diinginkan dari suatu elemen adalah momen inersia yang besar selain luasnya. Termasuk didalamnya adalah bentuk I, T, dan C. Pada umumnya profil baja dinamai berdasarkan bentuk penampangnya.

Misalnya siku, T, Z, dan pelat. Perlu kiranya dibedakan antara balok standar Amerika (balok S) dan balok wide-flange (balok W atau IWF) karena keduanya mempunyai bentuk I. Sisi dalam dan luar dari flens profil W hampir sejajar dengan kemiringan maksimum 1:20.

Balok S adalah balok profil pertama yang diproduksi di AS, mempunyai kemiringan flens sisi dalam 1:6. Perhatikan bahwa tebal flens profil W yang hampir konstan dibandingkan profil S dapat mempermudah penyambungan. Sekarang ini produksi *wide-flange* hampir 50% dari seluruh berat bentuk profil yang diproduksi di AS, sedangkan di Indonesia hampir seluruh balok menggunakan profil W.

Gambar di bawah ini memperlihatkan profil W dan S serta profil lainnya. Beberapa properti penampang yang digunakan dalam buku ini mengacu pada *Manual of Steel Construction Load & Resistance Factor Design* edisi kedua yang diterbitkan oleh *American Institute of Steel Construction (AISC)*, 1 Desember 1993. Manual terdiri dari Volume I (*Structural Members, Specifications Codes*) dan Volume II (*Connections*). Selain itu, profil yang digunakan dalam buku ini juga mengacu pada manual yang dikeluarkan oleh produsen baja Indonesia.

Profil diberikan singkatan berdasarkan suatu system yang dijelaskan dalam buku ini untuk digunakan dalam penggambaran, spesifikasi, dan desain. Sistem ini telah distandarisasi sehingga semua produsen dapat mengacu pada sistem yang sama untuk tujuan pemesanan, pembayaran. Beberapa contoh sistem singkatan dari profil baja yang digunakan dalam peraturan AISC LRFD-93. Kelebihan dari sistem penamaan (kodifikasi) yang ada dalam AISC dirasakan lebih memudahkan karena didasarkan pada berat baja persatuan panjang, selain juga didasarkan pada dimensi tinggi profil.

- 1) W27 x 114 adalah penampang *Wide-flange* dengan tinggi penampang mendekati 27 in dengan berat 114 lb/ft.
- 2) S12 x 35 adalah penampang Standar Amerika dengan tinggi penampang mendekati 12 in dan berat 35 lb/ft.
- 3) HP12 x 74 adalah profil untuk tiang pondasi dengan tinggi profil mendekati 12 in dan berat 74 lb/ft. Profil ini dibuat dengan material yang sama seperti profil W tetapi dengan web yang lebih tebal dengan tujuan supaya lebih kuat terhadap proses pemancangan.

- 4) M8 x 6,5 adalah profil dengan tinggi 8 in dan berat 6,5 lb/ft. Berdasarkan dimensinya, profil ini tidak dapat digolongkan dalam penampang W, S, atau HP.
- 5) C10 x 30 adalah profil tipe kanal dengan tinggi 10 in dan berat 30 lb/ft.
- 6) MC18 x 58 adalah sejenis kanal tetapi dari dimensinya tidak dapat dikelompokkan sebagai C.
- 7) L6 x 6 x $\frac{1}{2}$ adalah siku sama kaki dengan panjang kaki 6 in dan tebal $\frac{1}{2}$ in.
- 8) WT18 x 140 adalah profil T yang didapat dengan memotong separuh profil W36 x 240.
- 9) Penampang baja persegi dikelompokkan menjadi pelat dan bar. Pada umumnya penampang lebih besar dari 8 in. Disebut pelat, sedangkan yang lebih kecil dari 8 in disebut tulangan/batang. Informasi detail dari penampang ini diberikan dalam Part 1 dari Manual LRFD. Pelat umumnya diberi notasi berdasarkan tebal x lebar x panjang, misalnya: PL $\frac{1}{2}$ x 6 x 1 ft 4 in.
- 10) IWF 100x100x17,2 adalah profil *wide-flange* dengan lebar flens 100 mm, tinggi profil 100 mm, dan berat per meter 17,2 kg.

Data profil secara lengkap dapat dilihat dalam peraturan AISC LRFD. Dimensi diberikan dalam bentuk desimal (diperlukan oleh perencana) dan juga sampai dengan 1/16 in (digunakan oleh juru gambar). Data lain yang diberikan dalam manual AISC-LRFD adalah luas penampang, momen inersia, jari-jari girasi, dan lain-lain

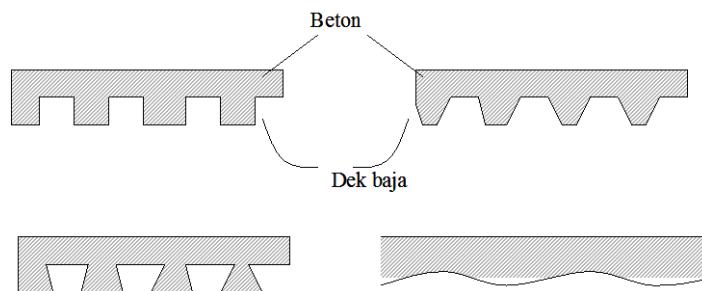
Tentu saja dalam proses manufaktur baja akan terjadi variasi sehingga besaran penampang yang ada tidak sepenuhnya sesuai dengan yang tersedia dalam tabel manual tersebut. Untuk mengatasi variasi tersebut, toleransi maksimum telah ditentukan dalam peraturan. Sebagai konsekuensi dari toleransi tersebut, perhitungan tegangan dapat dilakukan berdasarkan properti penampang yang diberikan dalam tabel.

Dari tahun ke tahun terjadi perubahan dalam penampang baja. Hal ini disebabkan tidak cukup banyaknya permintaan baja profil tertentu, atau sebagai akibat dari perkembangan profil yang lebih efisien, dll.

6. Pembuatan Dingin Profil Baja Ringan

Selain pembuatan profil dengan cara pemanasan yang telah dijelaskan dalam sub bab sebelumnya, cara lain adalah pembuatan profil dengan cara dingin. Hal ini dilakukan dengan pembengkokan pelat menjadi bentuk penampang yang diinginkan seperti pada Gambar 1.2. Ini dapat dilakukan untuk mendapatkan profil kecil untuk atap, lantai, dan dinding dengan ketebalan bervariasi antara 0,01 – 0,25 in. Profil tipis paling sering digunakan sebagai panel. Meskipun pembuatan dingin menyebabkan berkurangnya daktilitas, tetapi kekuatan dapat bertambah. Untuk kondisi tertentu, peraturan mengijinkan penggunaan kekuatan yang lebih tinggi dari profil ini.

Pelat beton seringkali dibentuk dengan menggunakan acuan dek metal hasil pembuatan dingin, dan dek tersebut dibiarkan ditempat setelah beton mengeras. Beberapa jenis dek telah tersedia dipasaran dengan profil seperti pada Gambar 1.3. Penampang dengan rusuk yang agak dalam dapat dimanfaatkan untuk peralatan elektrikal dan mekanikal.



Gambar 4.1. Pelat Baja

a) **Baja Karbon (Carbon Steel)**

Kekuatan baja ini ditentukan oleh kadar karbon dan mangan. Proporsi kimia dari baja ini adalah: 1,7% karbon, 1,65% mangan, 0,60% silikon, dan 0,60% tembaga. Baja ini dibagi menjadi empat kategori tergantung pada kadar karbonnya.

1. Baja karbon rendah $< 0,15 \%$
2. Baja lunak $0,15 - 0,29\%$. (Baja karbon struktur termasuk dalam kategori ini).
3. Baja karbon medium $0,30 - 0,59\%$.
4. Baja karbon tinggi $0,60 - 1,70\%$.

b) **Baja Tegangan Tinggi Bahan Tambahan Rendah (*High-Strength Low-Alloy Steel*)**

Banyak jenis baja ini dan ASTM mengelompokkannya dalam beberapa notasi. Selain mengandung karbon dan mangan, baja ini mendapatkan kekuatan tinggi dengan adanya bahan tambahan seperti columbium, vanadium, kromium, silikon, tembaga, dan nikel. Dalam kelompok baja ini adalah baja dengan tegangan leleh 276 Mpa dan 483 MPa. Baja ini mempunyai daya tahan korosi yang lebih tinggi dibandingkan baja karbon.

Istilah *low-alloy* digunakan untuk menyatakan bahwa baja mempunyai persentase total bahan tambahan kurang dari 5% dari total komposisi baja.

Tabel 4.1 Sifat Baja Struktur

Notasi ASTM	Jenis Baja	Bentuk	Rekomendasi Penggunaan	Tegangan Leleh Minimum F_y , ksi ^a (MPa)	Kuat Tarik Minimum F_u , ksi ^b (MPa)
A36	Karbon	Profil, bar, dan pelat	Gedung dengan sambungan baut atau las dan jembatan dan jenis	36 (248), tetapi 32 (221) jika tebal > 8 in.	58(400) – 80 (552)

			struktur lain.		
A529	Karbon	Profil dan pelat s.d. $\frac{1}{2}$ in.	Sama dengan A36	42 (290) – 50 (345)	60 (414) – 100 (689)
A572	High-strength low-alloy Columbium	Profil, pelat, bar s.d. 6 in.	Konstruksi dengan sambungan baut dan las. Tidak untuk jembatan sambungan las dengan	42 (290) – 65 (448)	60 (414) – 80 (552)
	Vanadium		F_y lebih besar atau sama dengan 55 ksi.		
A242	Atmospheric corrosion resistant instant highstrength low-alloy	Profil, pelat, bar s.d. 5 in.	Konstruksi sambungan baut atau las; teknik pengelasan sangat penting.	42 (240) – 50 (345)	63 (434) – 70 (483)
A588	Atmospheric corrosion resistant highstrength low-alloy	Pelat dan bar s.d. 4 in.	Konstruksi sambungan baut.	42 (240) – 50 (345)	63 (434) – 70 (483)
A852	Quenched and tempered alloy	Hanya pelat s.d. 4 in.	Konstruksi sambungan baut atau las, khususnya jembatan dan gedung sambungan las. Teknik pengelasan sangat	70 (483)	90 (621) – 100 (689)

			penting.		
A514	Quenched and tempered alloy	Hanya pelat 2½ s.d. 6 in.	Struktur sambungan las dengan perhatian khusus pada teknik pengelasan. Tidak disarankan jika daktilitas diutamakan.	90 (621) – 100 (689)	100 (689) – 130 (896)

^a F_y bervariasi terhadap tebal dan group (lihat Tabel 1-1 dan 1-2, Part 1,

Manual LRFD) ^b F_u bervariasi terhadap mutu dan jenis.

c) Profil Besar Baja Canai Panas

ASTM A6/A6M menyatakan bahwa profil canai-panas dengan ketebalan sayap melebihi 50 mm yang digunakan sebagai komponen struktur menahan gaya tarik primer (yang terhitung) akibat tarik atau lentur dan spliced atau disambung menggunakan *las tumpul penetrasi joint lengkap* yang menyatu melalui ketebalan sayap atau sayap dan badan, harus disyaratkan sebagai berikut dimana dokumen desain struktural harus mensyaratkan bahwa bentuk-bentuk tersebut dipasok dengan *uji impak kekerasan takik-V (CVN)* dengan hasil uji sesuai dengan ASTM A6/A6M, Supplementary Requirement S30, *Charpy V-Notch Impact Test for Structural Shapes Alternate Core Location*. Pengujian impak harus memenuhi nilai rata-rata minimum 20 ft-lbs (27 J) energi yang terserap pada temperature maksimum + 21 °C)

7. Ketentuan Umum Perencanaan

Desain dari komponen struktur dan *sambungan* harus konsisten dengan perilaku dimaksud dari sistem portal dan asumsi yang dibuat dalam *analisis struktur*. Kecuali dibatasi oleh *peraturan bangunan gedung yang berlaku*,

ketahanan terhadap *bebanlateral* dan *stabilitas* bisa menggunakan setiap kombinasi komponen struktur dan sambungan (SNI-1729-2015)

Berdasarkan SNI-1729-2015 desain harus dibuat sesuai dengan ketentuan Load Resistance Factor Design (LRFD) yang di dalam SNI 1729-2015 disebut sebagai *Desain Faktor Beban dan Ketahanan(DFBK)*

a. Kekuatan Perlu atau Kuat Perlu

Kekuatan perlu komponen struktur dan *sambungan* harus ditentukan melalui *analisisstruktur* untuk kombinasi *beban* yang ditentukan

Desain boleh dilakukan dengan *analisis elastis*, *analisis inelastis* atau *analisis plastis*.

b. Keadaan Batas atau Kondisi Batas

Desain harus berdasarkan pada prinsip bahwa kekuatan atau keadaan batas kemampuan layan tidak dilampaui saat struktur menahan semua kombinasi *beban* yang sesuai. Desain untuk persyaratan integritas struktur dari *peraturan bangunan gedung yang berlaku* harus berdasarkan *kekuatan nominal* daripada *kekuatan desain* (DFBK) (SNI-1729-2015) atau yang kita kenal dengan Load Resistance Factor Design (LRFD-AISC) atau *kekuatan izin* (DKI) berdasarkan istilah pada SNI-1729-2015 kecuali secara khusus dinyatakan lain dalam peraturan bangunan gedung yang berlaku. Keadaan batas untuk sambungan yang berdasarkan pembatasan deformasi atau *pelelehan* dari komponen sambungan tidak perlu memenuhi persyaratan integritas struktur.

Untuk memenuhi persyaratan integritas struktur dari peraturan bangunan gedung yang berlaku, baut tipe tumpu di sambungan diizinkan memiliki lubang-lubang berslotpendek paralel terhadap arah beban tarik, dan harus diasumsikan terdapat pada ujung slot tersebut.

9. Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Faktor Beban dan Ketahanan (DFBK)

Desain yang sesuai dengan ketentuan untuk *desain LRFD* atau *faktor beban dan ketahanan* (DFBK) memenuhi persyaratan spesifikasi ini bila *kekuatan desain* setiap

komponen struktural sama atau melebihi *kekuatan perlu* yang ditentukan berdasarkan *kombinasi beban DFBK*. Desain harus dilakukan sesuai dengan Persamaan:

$$R_u \leq \phi R_n$$

Keterangan:

R_u = kekuatan perlu menggunakan kombinasi beban DFBK

R_n = *kekuatan nominal*,

ϕ = *faktor ketahanan*

ϕR_n = *kekuatan desain*

10. Desain Kekuatan Berdasarkan Desain Kekuatan Izin (DKI)

Desain yang sesuai dengan ketentuan *Desain Kekuatan Izin (DKI)* memenuhi persyaratan Spesifikasi ini bila *kekuatan izin* dari setiap *komponen struktur* sama atau melebihi *kekuatan perlu* yang ditentukan berdasarkan *kombinasi beban DKI*.

11. Pengertian Batang Tarik, Kolom sebagai batang tekan dan batang Lentur

Batang tarik adalah komponen struktur yang menderita tarikan akibat beban yang bekerja, spt: balok yang membentang dari suatu perletakan ke perletakan lain, balok bentangan pada kuda-kuda, balok jembatan, dan balok bentangan lainnya.

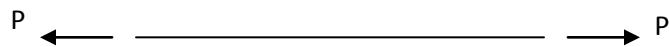
Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan pada batang yang menerima beban tarik, seperti: besarnya kuat tarik yang diizinkan pada batang tersebut

Kolom merupakan elemen/batang tekan yang berfungsi sebagai batang utama pada struktur bangunan baja. Kekuatan kolom baja harus dirancang

sekuat mungkin, karena kolom ialah elemen terakhir dari struktur atas gedung yang memikul beban. Oleh karena itu, kolom harus dirancang lebih kuat dari balok.

Balok adalah suatu elemen struktur yang berfungsi mentransfer beban vertikal. Akibat beban kerja vertikal ini, maka balok akan mengalami lenturan atau disebut sebagai elemen lentur. Lentur yang terjadi pada balok akibat beban kerja (beban terpusat/beban merata) akan menyebabkan bagian atas dari garis netral akan tertekan (terjadi perpendekan) dan bagian bawah dari garis netral akan tertarik (terjadi perpanjangan).

12. Penggunaan Batang Tarik



$$\text{Tegangan} \quad \sigma = P/A$$

Batang tarik adalah suatu bagian dari konstruksi yang mengalami gaya dalam aksial tarik.

Penggunaannya yaitu pada :

1. Elemen struktur rangka batang
 - Rangka kuda-kuda atap
 - Menara transmisi
 - Jembatan rangka
2. Struktur penahan tarik
 - Kabel suspension dan *cable stayed bridge*

Susunan bahan yang membentuk penampang suatu batang tarik dapat bermacam-macam. Bentuknya juga dapat bermacam-macam asalkan luasnya cukup kuat untuk memikul gaya yang bekerja padanya. Bentuk-bentuk penampang suatu batang tarik yang biasa dipakai adalah sebagai berikut :



- Baja bulat

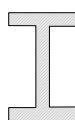
- Pelat



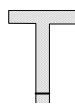
- Baja Siku



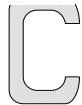
- Profil I, WF, DIN



- Profil T



- Baja Kanal



- a) Baja bulat (*Rod*)

Bentuk ini sering dipakai sebagai pengaku (bracing) pada bangunan gedung-gedung.

- b) Kabel (*Rope*)

Terdiri dari sejumlah kawat yang dijalin menjadi satu. Bentuk ini dapat dipakai mulai dari pemikul beban yang kecil, sampai pada beban yang besar (pada jembatan gantung).

- c) Pelat baja

Biasa dipakai sebagai pengganung, juga terdapat pemakaian pada jembatan.

- d) Baja siku (*Angle*)

Baja siku tunggal dipakai untuk beban yang relatif kecil, seperti pada rangka atas suatu bangunan gedung atau pada menara –menara transmisi. Sambungannya biasa dilakukan pada satu sisi saja,

sehingga terjadi eksentrisitas gaya yang menimbulkan tegangan regangan sekunder.

Baja siku rangkap (double angels) umum dipakai pada rangka atap dan dengan menempat plat pertemuan antara kedua baja siku tersebut, eksentrisitas gaya menjadi kecil sehingga dapat diabaikan.

e) Baja T

Bentuk ini biasanya dipilih untuk batang tepi atas dan bawah dari suatu rangka atap apabila sambungan-sambungannya diakukan dengan las. Ini disebabkan karena batang-batang dinding (vertikal dan diagonal) dapat langsung disambungkan pada bagian-bagian yang vertikal dari profil tersebut tanpa memerlukan plat pertemuan.

13. Perencanaan Elemen Tarik

a. Pembatasan Kelangsungan

Tidak ada batas kelangsungan maksimum untuk komponen struktur dalam tarik. **Catatan:** Untuk komponen struktur yang dirancang berdasarkan tarik, rasio kelangsungan L/r lebih baik tidak melebihi 300. Saran ini tidak berlaku pada batang atau gantungan dalam gaya tarik.

Batang tarik dapat dijumpai pada jembatan, rangka atap, tower, ikatan angin, sistem pengaku, dll. Pemilihan penampang batang tarik sangat sederhana karena tidak ada bahaya tekuk (*buckling*) sehingga untuk mendapat luas penampang yang diperlukan cukup menghitung beban terfaktor yang dipikul oleh batang dibagi dengan tegangan tarik rencana. Kemudian memilih profil sesuai dengan luas penampang yang diperlukan.

Pemilihan tipe penampang batang yang digunakan lebih banyak dipengaruhi oleh sambungan. Bentuk batang tarik yang paling sederhana

adalah batang bulat, tetapi sulit untuk disambungkan dengan struktur lain. Pada masa sekarang, batang bulat ini tidak banyak dipakai kecuali pada sistem pengaku dan rangka atap ringan.

Ukuran batang bulat yang ada mempunyai kekakuan yang sangat kecil sehingga mudah melentur akibat berat sendiri. Kesulitan lain dari penggunaan batang bulat adalah dalam hal fabrikasi yang sesuai dengan ukuran panjang sehingga sulit dalam instalasi.

Jika batang bulat digunakan dalam ikatan angin akan lebih baik jika diberikan gaya tarik awal yang akan mengikat struktur lebih kuat sehingga mengurangi goyangan. Untuk memberikan gaya tarik awal, batang bulat dibuat lebih pendek dari yang diperlukan sekitar 1,6 mm untuk setiap 6,0 m panjang batang. Dengan demikian tegangan awal yang dihasilkan sebesar

$$f = \epsilon E = [1,6 \times 10^{-3} / (6,0)] (200\,000\,000 \text{ kN/m}^2) = 53\,333,3 \text{ kN/m}^2.$$

Pada awal penggunaan baja pada struktur, batang tarik terdiri dari batang bulat dan kabel. Sekarang, batang tarik banyak terdiri dari penampang siku tunggal, siku ganda, T, kanal, W, atau penampang 'built-up'.

Batang tarik pada rangka atap untuk elemen non-struktural dapat menggunakan siku tunggal dengan ukuran paling kecil 40x60x6, tetapi akan lebih baik jika digunakan siku ganda yang dipasang saling membelakangi dengan jarak tertentu sebagai tempat pelat buhul untuk sambungan. Untuk siku ganda seperti ini, pada setiap jarak 1,2 – 1,5 m, keduanya harus dihubungkan satu sama lain.

Untuk jembatan dan rangka atap yang besar, batang tarik dapat terdiri dari kanal, penampang W atau S, atau 'built up' dari siku, kanal, dan pelat. Kanal tunggal sering digunakan karena eksentrisitas kecil dan

mudah disambung. Untuk berat yang sama, penampang W lebih kaku dibandingkan dengan penampang S sehingga akan dijumlai sedikit kesulitan dalam penyambungan penampang yang berlainan tingginya. Misalnya, W12x79, W12x72, dan W12x65 mempunyai tinggi yang berlainan (314,5 mm, 311,2 mm, dan 307,8 mm), sedangkan penampang S mempunyai tinggi nominal yang sama. Misalnya W12x50, S12x40,8 dan S12x35 mempunyai tinggi 304,8 mm.

Meskipun penampang tunggal sedikit lebih ekonomis dibandingkan penampang '*built up*', tetapi penampang '*built up*' kadang-kadang digunakan jika perencana tidak mendapatkan luas penampang atau kekakuan yang dibutuhkan dari penampang tunggal. Jika digunakan penampang '*built up*' maka penting untuk menyediakan ruang kerja dan pengecatan.

Batang yang terdiri dari lebih satu penampang perlu diikat. Pelat pengikat (atau batang pengikat) diletakan pada interval tertentu atau pelat berlubang dapat digunakan untuk tujuan ini. Pelat ini berguna untuk mendistribusikan gaya dan menjaga rasio kelangsungan masing-masing elemen penyusun dalam batas yang diijinkan selain untuk memudahkan pelaksanaan batang '*built up*'.

Batang tunggal yang panjang seperti siku akan menyulitkan pelaksanaan karena fleksibel, tetapi akan lebih mudah menggunakan batang tersusun 4-siku. Jika menggunakan pelat pengikat, maka pelat pengikat tidak boleh dianggap menambah luas efektif penampang. Karena pelat pengikat (pelat kopel) secara teoritis tidak memikul gaya yang ada dalam profil utama. Dimensi profil dengan pelat pengikat tersebut biasa ditentukan oleh peraturan atau berdasarkan pertimbangan perencana. Pelat berlubang (*perforated plate*) sangat efektif dalam menahan beban aksial.

Kabel baja dibuat dari baja campuran (*alloy*) yang dicetak secara ‘*cold-drawn*’ sesuai dengan diameter yang diinginkan. Hasilnya adalah kabel dengan kekuatan 1380 s.d. 1724 MPa yang sangat ekonomis untuk digunakan dalam jembatan suspensi, kabel penopang atap, kereta gantung, dll.

Untuk memilih kabel biasanya perencana harus mengacu pada katalog pabrik pembuat yang memberikan informasi tegangan leleh dan dimensi kabel yang diperlukan untuk gaya rencana.

b. Kuat Rencana Batang Tarik

Suatu batang tarik dari baja daktil tanpa lubang atau ulir dapat menahan beban hancur lebih besar dari luas penampang bruto, A_g , dikalikan tegangan lelehnya. Hal ini disebabkan adanya *strain hardening*. Suatu batang tarik yang dibebani hingga mencapai *strain hardening* akan memanjang cukup besar sebelum terjadi keruntuhan. Hal ini merupakan suatu kelebihan dan sekaligus kekurangan karena deformasi yang besar dapat menyebabkan keruntuhan elemen dan struktur.

Untuk batang tarik dengan lubang, kemungkinan keruntuhan akan terjadi pada penampang netto yang melalui lubang. Beban runtuh ini bisa jauh lebih kecil dari beban yang diperlukan untuk membuat penampang bruto (tidak melalui lubang) untuk meleleh. Perlu disadari bahwa bagian dari batang yang berlubang biasanya lebih pendek dibandingkan panjang batangnya. Meskipun *strain hardening* bisa dicapai dengan cepat pada bagian penampang netto dari suatu batang, kelelahan tidak selalu merupakan kondisi batas yang menentukan, oleh karena itu perubahan panjang akibat leleh pada bagian kecil dari batang ini dapat diabaikan.

c. Tahanan Nominal

Dalam menentukan tahanan nominal suatu batang tarik, harus diperiksa terhadap tiga macam kondisi keruntuhan yang menentukan, yaitu:

- a. Leleh dari luas penampang kotor, di daerah yang jauh dari sambungan
- b. Fraktur dari luas penampang efektif pada daerah sambungan
- c. Geser blok pada sambungan

Pada prinsipnya, perhitungan tahanan nominal atau kekuatan dari suatu batang tarik hanya berdasarkan ketentuan bahwa tegangan yang timbul harus lebih kecil atau sama dengan tegangan yang diizinkan. Komponen struktur yang memikul gaya aksial tarik terfaktor, N_u , harus memenuhi:

$$N_n = N_u / \phi$$

$$N_n \cdot \phi = N_u$$

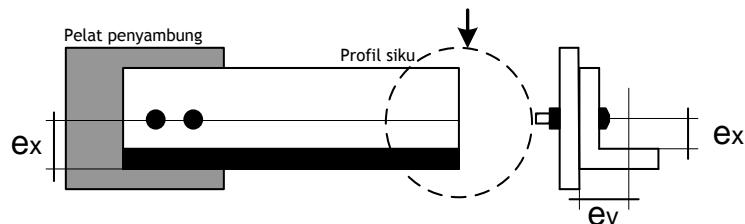
$$N_u \leq \phi N_n$$

dimana ϕN_n adalah kuat rencana elemen tarik

Kuat Rencana elemen tarik (ϕN_n) ditentukan berdasarkan kondisi batas yang mungkin terjadi pada elemen tarik :

1. Kondisi leleh

Ditinjau pada bagian elemen yang jauh dari sambungan.



Gambar 4.2. Elemen Tarik Kondisi Leleh

$$\phi N_n = 0,90 A_g f_y$$

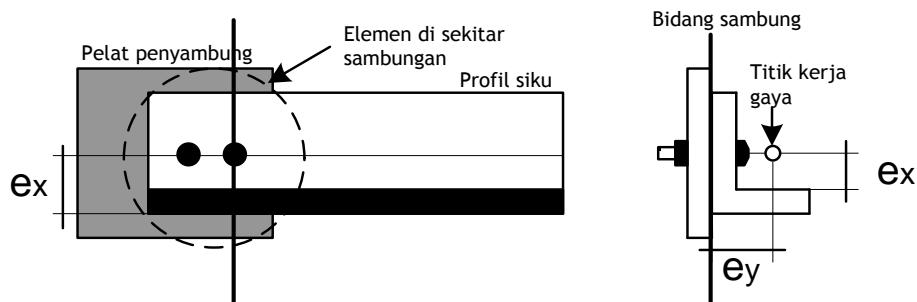
Dimana :

A_g = luas penampang penuh, tidak ada pengurangan luas akibat lubang

- f_y = tegangan leleh baja
 ϕN_n = kuat rencana elemen tarik

2. Kondisi fraktur (putus)

Ditinjau pada bagian elemen disekitar sambungan.



Gambar 4.3. Elemen Tarik Kondisi Fraktur

$$\phi N_n = 0,75 A_e f_u$$

dimana :

- A_e = luas penampang efektif
 f_u = tegangan fraktur baja
 ϕN_n = kuat rencana elemen tarik

Tegangan yang diizinkan untuk batang tarik yang berlubang mengalami reduksi 25 % sehingga tegangan tarik yang terjadi $f = \sigma$ harus lebih kecil dari tegangan yang diizinkan untuk kasus-kasus yang lain didikalikan 0,75 karena pada penampang yang berlubang, tegangan yang terjadi disekitar lubang selalu lebih besar dari tegangan rata-rata sehingga terjadi suatu konsentrasi tegangan.

d. Luas Netto

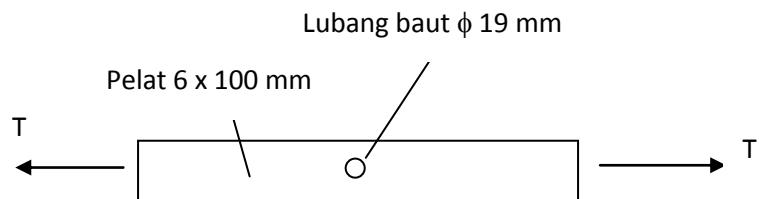
Lubang yang dibuat pada sambungan untuk menempatkan alat pengencang seperti baut atau paku keling, mengurangi luas penampang

sehingga mengurangi pula tahanan penampang tersebut. Menurut SNI 03-1729-2002 pasal 17.3.5 mengenai perlubangan untuk baut, dinyatakan bahwa suatu lubang bulat atau baut harus dipotong dengan mesin pemotong dengan api, atau dibor ukuran penuh, atau dipons 3 mm lebih kecil dan kemudian diperbesar, atau dipons penuh. Selain itu, dinyatakan pula bahwa suatu lubang yang dipons hanya diijinkan pada material dengan tegangan leleh (f_y) tidak lebih dari 360 Mpa dan ketebalan tidak melebihi $5600/f_y$ mm.

Selanjutnya dalam pasal 17.3.6 diatur pula mengenai ukuran lubang suatu baut, dinyatakan bahwa diameter nominal dari suatu lubang yang sudah jadi, harus 2 mm lebih besar dari diameter nominal baut untuk suatu baut yang diameternya tidak lebih dari 24 mm. Untuk baut yang diameternya lebih dari 24 mm, maka ukuran lubang harus diambil 3 mm lebih besar. Luas netto penampang batang tarik tidak boleh diambil lebih besar daripada 85% luas bruttonya, $A_n \leq 0,85A_g$

Contoh :

Hitung luas netto, A_n dari batang tarik berikut ini. Baut yang digunakan berdiameter 19 mm. Lubang dibuat dengan metode punching.



Gambar 4.4. Elemen Tarik dengan lubang

Jawab:

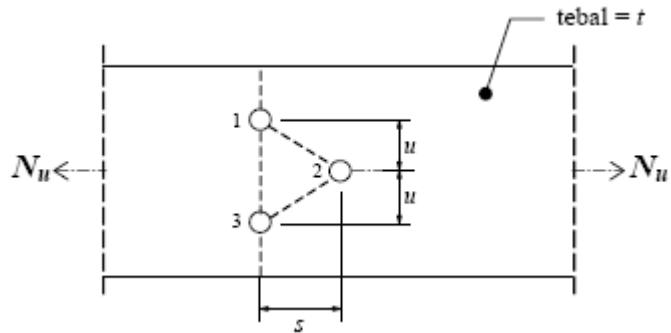
$$\text{Luas kotor, } A_g = 6 \times 100 = 600 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar lubang} = 19 + 2 = 21 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (\text{lebar lubang} \times \text{tebal pelat}) \\ &= 600 - 6(21) = 474 \text{ mm}^2 < 85\%.A_g (=510 \text{ mm}^2) \end{aligned}$$

e. Efek Lubang Berselang-seling pada Luas Netto

Lubang baut dapat diletakkan berselang-seling seperti pada Gambar Dalam SNI 03-1729-2002 pasal 10.2.1 diatur mengenai cara perhitungan luas netto penampang dengan lubang yang diletakkan berselang-seling, dinyatakan bahwa luas netto harus dihitung berdasarkan luas minimum antara potongan 1-3 atau 1-2-3



Gambar 4.5. Potongan Pelat Elemen Tarik.

$$\text{Irisan 1-3} \quad A_{nt} = A_g - n d \cdot t$$

$$\text{Irisan 1-2-3} \quad A_{nt} = A_g - n d \cdot t + \sum \frac{s^2}{4u}$$

Keterangan:

A_g adalah luas penampang bruto, mm²

t adalah tebal penampang, mm

d adalah diameter lubang, mm

n adalah banyaknya lubang dalam garis potongan

s adalah jarak antara sumbu lubang pada arah sejajar sumbu komponen struktur, mm

u adalah jarak antara sumbu lubang pada arah tegak lurus sumbu komponen struktur

Syarat : Dalam suatu potongan jumlah luas lubang tidak boleh melebihi 15% luas penampang utuh.

Periksa terhadap syarat $A_n \leq 0,85 A_g$

13. Perancangan Batang Tekan

Jika beban berusaha untuk menekan atau membuat pendek suatu batang, tegangan yang dihasilkan disebut tegangan tekan dan batangnya disebut batang tekan. Ada beberapa tipe batang tekan dan kolom adalah batang tekan yang paling dikenal. Jenis yang lain adalah batang atas dari rangka atap, batang pengikat, flens tertekan dari suatu profil dan penampang balok *built-up*, serta elemen yang mendapat beban tekan dan momen secara simultan. Kolom adalah elemen vertikal yang mempunyai dimensi panjang jauh lebih besar dibandingkan dengan tebalnya. Kolom pendek yang mendapat gaya tekan disebut juga *strut* atau batang tekan.

Secara umum ada tiga macam keruntuhan dari batang tekan yaitu tekuk lentur (*flexural buckling*), tekuk lokal (*local buckling*), dan tekuk torsional (*torsional buckling*). Berikut ini adalah penjelasan dari ragam keruntuhan tersebut.

1. Tekuk lentur yang disebut juga tekuk Euler adalah jenis keruntuhan tekuk yang paling sering terjadi. Elemen yang mendapat lentur akan menjadi tidak stabil.
2. Tekuk lokal terjadi jika beberapa bagian penampang dari suatu kolom menekuk akibat terlalu tipis sebelum jenis tekuk lain terjadi. Ketahanan suatu kolom terhadap tekuk lokal diukur dari rasio lebar-tebal bagian penampang.
3. Tekuk torsional dapat terjadi pada kolom dengan susunan penampang tertentu. Kolom seperti ini akan runtuh oleh tekuk torsi atau kombinasi tekuk torsi dan lentur.

Ada dua perbedaan utama antara batang tarik dan tekan, yaitu:

1. Gaya tarik menyebabkan batang lurus sedangkan gaya tekan menyebabkan batang melentur ke luar bidang gaya tersebut bekerja dan ini merupakan kondisi berbahaya.
2. Lubang baut atau rivet dalam batang tarik akan mereduksi luas penampang, sedangkan pada batang tekan seluruh luas penampang dapat menahan beban.

Untuk luas penampang yang sama, semakin tinggi suatu kolom akan semakin besar kemungkinan terjadi tekuk dan beban yang dapat dipikul akan semakin kecil. Kecenderungan suatu batang untuk tekuk diukur dengan rasio kelangsungan yang didefinisikan sebagai rasio panjang batang terhadap jari-jari girasi terkecil. Kecenderungan untuk tekuk juga dipengaruhi oleh :

- a. tipe sambungan
- b. eksentrisitas beban
- c. ketidaksempurnaan material kolom
- d. ketidaksempurnaan penampang
- e. adanya lubang untuk baut
- f. kelengkungan awal kolom
- g. tegangan residual

Beban yang bekerja melalui pusat penampang kolom disebut beban aksial atau konsentris dan dalam praktik merupakan hal yang tidak mungkin terjadi. Sedikit ketidaksempurnaan dalam batang tarik dan balok dapat diabaikan karena menimbulkan akibat yang tidak begitu besar. Tetapi ketidaksempurnaan kecil dalam kolom dapat menimbulkan akibat yang berbahaya. Suatu kolom yang sedikit tertekuk pada saat dipasang akan mempunyai momen yang cukup besar yaitu sebesar beban kolom dikalikan dengan defleksi lateral awal. Hal ini diatur dalam SNI 03-1729-02:

Penyimpangan dari semua sumbu-utama terhadap suatu garis lurus yang ditarik di antara kedua ujung dari suatu komponen struktur tidak boleh melebihi nilai terbesar dari $L/1000$ atau 3 mm.

Demikian juga dengan AISC-LRFD Bagian 6 mensyaratkan bahwa ketidaklurusan kolom yang diijinkan adalah $L/1000$ dengan L adalah jarak antara dua titik kolom yang dikekang.

a. Tegangan Residual

Tegangan residual dan distribusinya merupakan faktor yang sangat berpengaruh pada kekuatan aksial kolom baja. Tegangan ini sangat penting terutama untuk kolom dengan nilai rasio kelangsungan antara 40 – 120, dan memang pada rentang inilah kolom banyak digunakan di lapangan. Penyebab utama dari tegangan residual adalah pendinginan yang tidak merata setelah proses pembentukan baja panas. Misalnya pada profil W, flens luar dan web bagian tengah akan mengalami pendinginan lebih dulu dibandingkan pertemuan flens dan web.

Bagian yang lebih dahulu dingin akan menahan penyusutan sedangkan bagian yang masih panas masih terus mengalami penyusutan atau perpendekan. Hasilnya adalah pada bagian yang dingin lebih dahulu akan terjadi tegangan tekan residual sedangkan bagian yang belum dingin akan mengalami tegangan tarik residual. Besar tegangan ini bervariasi sekitar 69-103 MPa.

Jika suatu kolom baja diuji, batas proporsionalnya akan dicapai pada nilai N/A yang nilainya sekitar separuh dari tegangan leleh. Setelah batas proporsional, hubungan tegangan-regangan akan non-linier hingga mencapai tegangan lelehnya, seperti ditunjukkan dalam Gambar4.6. Karena adanya leleh lokal (setempat) yang terjadi pada beberapa titik dari penampang kolom, maka kekuatan terhadap teuk akan berkurang. Pengurangan kekuatan terbesar terjadi pada kolom dengan rasio kelangsungan antara 7090 dan besar pengurangan ini sekitar 25%.

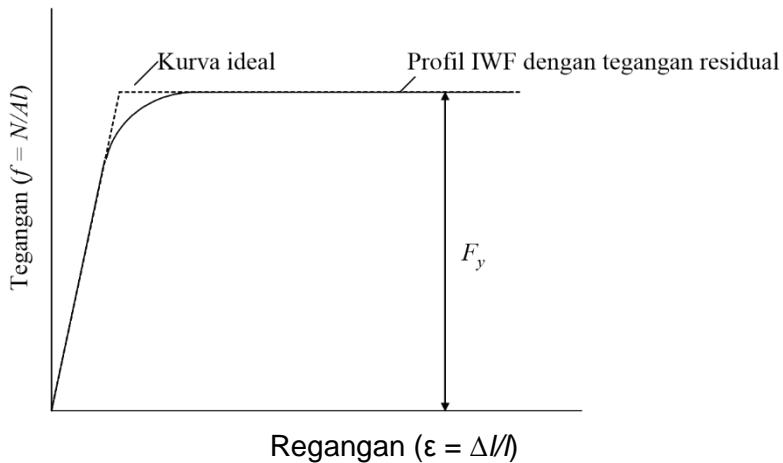
Jika beban pada suatu kolom meningkat, beberapa bagian kolom akan mencapai tegangan leleh dengan cepat dan memasuki daerah plastis yang diakibatkan oleh tegangan tekan residual. Kekakuan kolom akan berkurang dan kekakuan yang tersisa hanya berdasarkan bagian penampang yang masih elastis. Suatu kolom dengan

tegangan residual akan berperilaku seperti kehilangan sebagian penampangnya. Bagian penampang tersisa atau bagian elastis dari kolom akan berubah dengan perubahan tegangan yang terjadi. Perhitungan tekuk kolom akibat tegangan residual dapat dilakukan dengan menggunakan momen inersia elastis I_e yaitu untuk penampang yang masih elastis atau dengan menggunakan modulus tangen. Untuk penampang kolom yang lazim, kedua cara tersebut memberikan hasil yang hampir sama.

Tegangan residual juga dapat disebabkan pada saat pabrikasi dimana lendutan ke atas terbentuk akibat pendinginan setelah las. Las dapat menghasilkan tegangan residual yang cukup tinggi pada kolom sehingga mendekati titik leleh disekitar las. Fakta lain yang penting adalah kolom dapat melentur akibat las sehingga mempengaruhi kemampuan daya dukungnya.

Penggabungan penampang *built-up* dengan las seringkali menyebabkan tegangan residual yang lebih besar dibandingkan pendinginan tak merata pada penampang bentuk H.

Tegangan residual dapat juga disebabkan oleh proses pabrikasi jika *cambering* terbentuk oleh lentur akibat pendinginan proses penggilingan dan pendinginan setelah pengelasan. *Cambering* adalah lentur suatu batang ke atas dan batang lurus kembali pada saat beban layan bekerja pada arah yang berlawanan.



Gambar 4.6. Tegangan Residual pada Profil IWF

b. **Pengaruh Tegangan Residual Kolom pada Diagram Tegangan-Regangan Profil Penampang Kolom**

Secara teoritis terdapat jumlah bentuk yang tidak terbatas dapat digunakan untuk memikul beban tekan dalam suatu struktur. Tetapi dari segi praktis, jumlah bentuk penampang elemen tekan menjadi terbatas karena beberapa pertimbangan yaitu: profil yang tersedia, masalah sambungan, tipe struktur. Gambar 4.7 memperlihatkan penampang profil yang biasa digunakan sebagai elemen tekan.

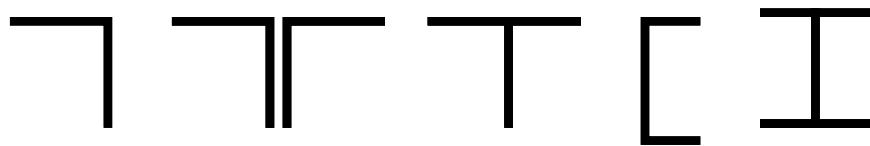
Penampang yang digunakan sebagai elemen tekan umumnya sama dengan elemen tarik dengan beberapa pengecualian. Pengecualian tersebut disebabkan oleh kenyataan bahwa kekuatan elemen tekan berbanding terbalik dengan rasio kelangsungan KL/r dan elemen yang diperlukan adalah elemen yang kaku.

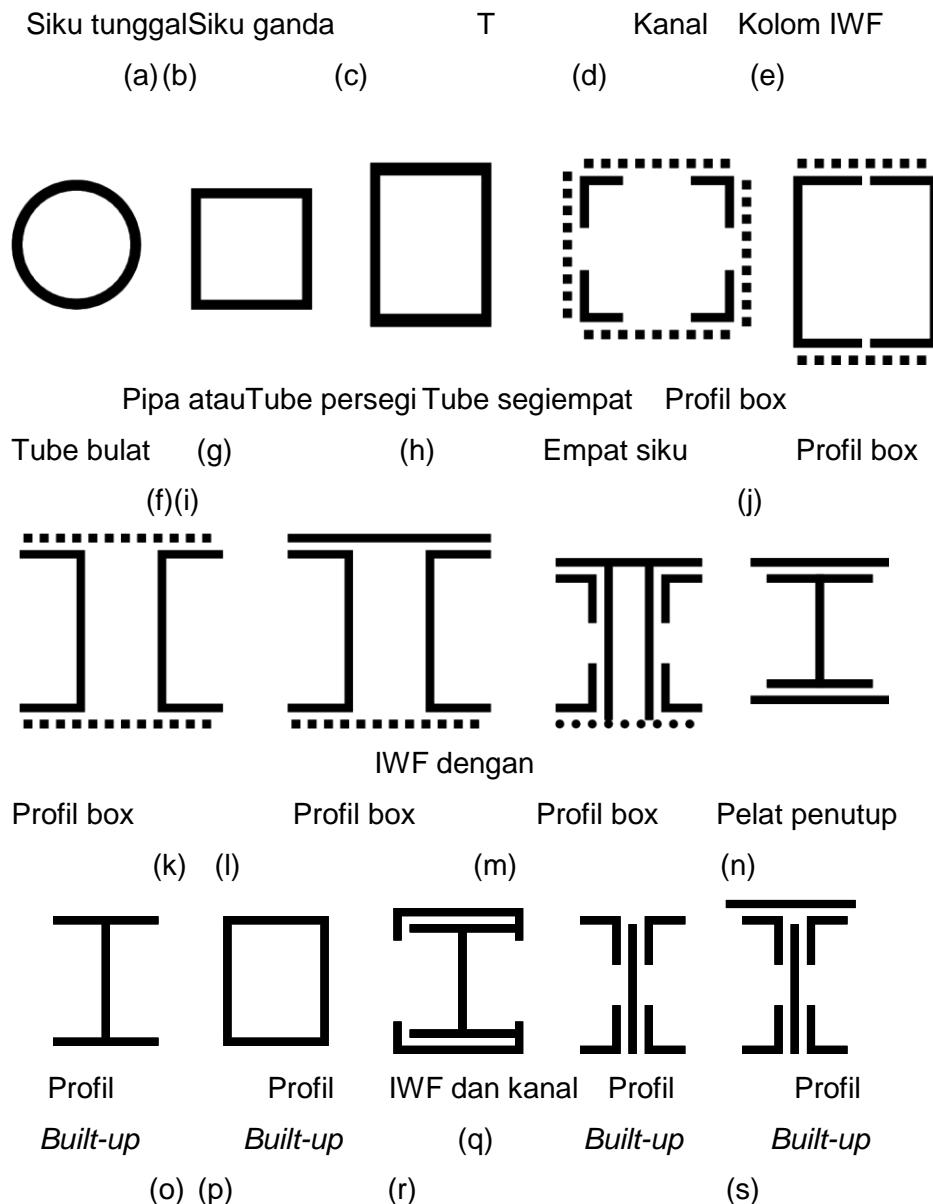
Elemen tunggal dari batang bulat, persegi, dan pelat biasanya terlalu langsing untuk digunakan sebagai elemen tekan kecuali

jika elemen tersebut cukup pendek dan mendapat gaya tekan yang relatif kecil.

Elemen siku tunggal (Gambar 4.7(a)) cukup untuk digunakan sebagai pengaku dan elemen tekan dalam rangka ringan. Siku sama kaki lebih ekonomis dibandingkan dengan siku tidak sama kaki karena siku sama kaki mempunyai jari-jari girasi terkecil yang sama besar untuk luas penampang yang sama. Elemen bagian atas dari rangka atap dengan sambungan rivet atau baut dapat digunakan sepasang siku yang saling membelakangi (Gambar 4.7(b)). Biasanya akan selalu disediakan ruang kosong diantara keduanya untuk menempatkan pelat buhul sebagai sambungan. Dalam hal ini akan lebih baik jika digunakan siku tidak sama kaki dengan kaki panjang dipasang saling membelakangi sehingga dapat memberikan keseimbangan antara kedua nilai r terhadap sumbu x dan y .

Jika rangka atap menggunakan alat penyambung las, maka pelat buhul dapat dihindakan dan profil T (Gambar 4.7(c)) dapat dipilih untuk elemen atas karena web dari elemen dapat dilas langsung pada kaki profil T. Profil kanal tunggal (Gambar 4.7(d)) tidak mencukupi untuk digunakan sebagai elemen tekan karena nilai r terhadap sumbu web-nya sangat kecil. Tetapi profil kanal dapat digunakan dengan menyediakan sokongan lateral tambahan dalam arah sumbu lemah. Profil IWF (Gambar 4.7(e)) merupakan profil yang paling sering digunakan sebagai elemen tekan baik pada gedung maupun jembatan. Meskipun nilai r pada kedua sumbunya sangat berbeda, tetapi lebih baik dibandingkan dengan profil kanal.





Gambar 4.7. Tipe Profil Batang Tekan

Untuk beban tekan kecil dan medium, penampang pipa atau tube (Gambar 4.7(f)) sudah mencukupi. Profil ini mempunyai kelebihan yaitu kekakuan yang sama ke semua arah dan biasanya sangat ekonomis kecuali jika momen yang bekerja cukup besar. Manual

AISC-LRFD mengelompokan pipa baja dalam sangat kuat dan dua kali sangat kuat.

Penampang persegi dan segiempat (Gambar 4.7(g) dan (h)) belum lama digunakan sebagai elemen tekan. Kesulitan yang timbul dengan profil ini adalah dalam hal sambungan dengan rivet atau baut, tetapi dapat diatasi dengan alat penyambung las.

Meningkatnya penggunaan profil ini antara lain adalah:

1. Profil yang efisien sebagai elemen tekan adalah profil dengan jari-jari girasi yang konstan terhadap pusat penampang. Jadi yang paling efisien adalah penampang bulat, dan berikutnya adalah penampang persegi.
2. Permukaan yang rata memudahkan pengecatan dibandingkan profil IWF, S, dan M.
3. Luas permukaan yang harus dicat lebih sedikit.
4. Mempunyai ketahanan terhadap torsi yang baik.
5. Permukaan penampang sangat menarik.
6. Tahanan terhadap angin dari penampang lingkaran hanya 2/3 dari permukaan rata dengan lebar yang sama.
7. Jika kebersihan diutamakan maka profil persegi ini tidak mempunyai masalah dalam hal terkumpulnya kotoran pada flens.

Beberapa kelemahan dari penampang pipa dan persegi atau segi empat adalah:

1. Memerlukan penutup pada ujung penampang untuk mencegah korosi.
2. Mempunyai berat yang lebih besar dibandingkan dengan profil IWF untuk modulus penampang yang sama.

Jika beban tekan besar, kemungkinan diperlukan penampang *built-up*. Tetapi untuk luas penampang yang sama, penampang W lebih

ekonomis dibandingkan penampang *built-up*. Jika digunakan penampang *built-up* maka penampang tersebut harus dihubungkan satu sama lain dengan pengikat sehingga bekerja menjadi satu kesatuan. Ujung dari profil *built-up* juga harus dihubungkan dengan pelat pengikat.

Garis putus dalam Gambar 4.7 memperlihatkan pengikat atau bagian elemen menerus dan garis penuh menyatakan bagian elemen kontinu. Empat buah siku seringkali disusun seperti pada Gambar 4.7(i) untuk menghasilkan nilai r yang lebih besar. Jenis profil seperti ini banyak dijumpai pada bangunan pemancar (*tower*) atau keran (*crane*). Sepasang kanal (Gambar 4.7(j)) juga dipakai pada kolom bangunan atau sebagai elemen web dari rangka batang yang besar. Perlu diketahui bahwa terdapat jarak tertentu antara kedua kanal yang menghasilkan nilai r yang sama besar terhadap sumbu x dan y . Kanal juga dapat diputar posisinya seperti pada Gambar 4.7(k).

Sepasang kanal dengan pelat penutup pada bagian atas dan pengikat pada bagian bawah seperti pada Gambar 4.7(l) sesuai untuk rangka batang jembatan. Pelat buhul yang juga berfungsi sebagai pelat kopel harus dipasang pada ujung diantara kedua profil kanal tersebut. Jika diperlukan profil kanal yang lebih besar tetapi tidak tersedia di pasaran, maka dapat digunakan penampang *built-up* seperti dalam Gambar 4.7(m).

Jika suatu profil tidak mempunyai cukup kekuatan untuk menahan beban tekan, luas penampangnya dapat diperbesar dengan menambahkan pelat pada flens (Gambar 4.7(n)). Untuk konstruksi sambungan las, kolom *built-up* seperti dalam Gambar 4.7(o) lebih sesuai digunakan dibandingkan dengan profil IWF dengan pelat tambahan (Gambar 4.7(n)). Jika profil jenis ini menahan lentur

(balok menumpu pada flens kolom), sukar untuk mentrasfer gaya tarik melalui pelat tambahan tanpa menarik pelat dari flens kolom. Untuk beban kolom yang sangat besar, penampang *box* (Gambar 4.7(p)) telah membuktikan hasil yang memuaskan. Beberapa profil *built-up* lain diberikan dalam Gambar 4.7(q) sampai dengan (s). Penampang *built-up* dalam Gambar 4.7(n) sampai dengan (q) mempunyai kelebihan dibandingkan dengan profil *built-up* pada Gambar 4.7(i) sampai dengan (m) yaitu tidak memerlukan elemen pengikat. Gaya geser lateral untuk profil kolom tunggal dan penampang *built-up* tanpa pengikat, tetapi tidak demikian untuk profil *built-up* dengan pengikat.

3. Perancangan Lentur Balok

Balok/gelagar merupakan elemen/batang lentur yang berfungsi sebagai batang utama pada struktur bangunan baja. Kekuatan balok/gelagar baja harus dirancang kuat dan kaku, karena balok/gelagar lebih kritis terhadap deformasi yaitu lendutan (*deflection*) akibat beban kerja.

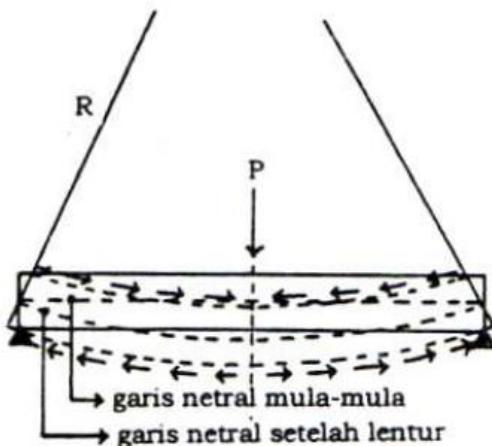
a. Pengertian Balok

Balok adalah suatu elemen struktur yang berfungsi mentransfer beban vertikal. Akibat beban kerja vertikal ini, maka balok akan mengalami lenturan atau disebut sebagai elemen lentur. Lentur yang terjadi pada balok akibat beban kerja (beban terpusat/beban merata) akan menyebabkan bagian atas dari garis netral akan tertekan (terjadi perpendekan) dan bagian bawah dari garis netral akan tertarik (terjadi perpanjangan).

Akibat beban kerja yang tegak lurus sumbu memanjang balok ini, maka penampang balok akan mengalami kemungkinan-kemungkinan sebagai berikut:

1. Terjadi tegangan lentur (*flexural strength*) dan tegangan geser (*shear strength*).
2. Terjadi tekuk arah samping (*lateral torsional buckling*).
3. Terjadi lendutan (*flexibility*)

Tegangan lentur yang terjadi ditinjau pada daerah kritis (serat tepi luar) sejauh $\frac{1}{2} h$ dari garis netral (g.n.), dihitung dengan persamaan :



Gambar 4.8. Perilaku Elemen Lentur

$$\sigma = \frac{M_{\max} \cdot y}{I} = \frac{M_{\max}}{W} \leq \sigma_{ijin}$$

(pers...)

dimana :

M_{\max} = Momen maksimum balok (kg-cm)

W = Momen tahanan (terhadap garis netral) (cm^3)

σ_{ijin} = tegangan ijin dasar baja (kg/cm^2)

Sedangkan tegangan geser yang terjadi pada kondisi kritis dihitung dengan persamaan :

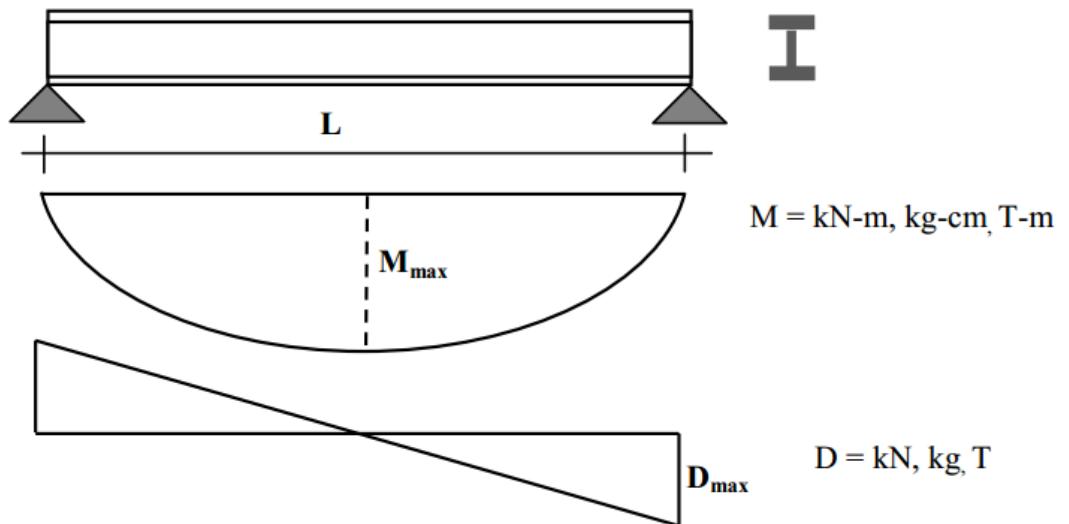
$$\tau = \frac{D_{\max} \cdot S_x}{t_w \cdot I} \leq \tau_{ijin} \quad (2.2-2)$$

dimana :

- D_{\max} = Gaya geser/lintang maksimum balok (kg)
- S_x = Statis momen setengah penampang (cm^3)
- t_w = tebal web (cm)
- I_x = Momen inersia penampang balok (cm^4)
- τ_{ijin} = $0,58 \sigma_{ijin}$ (kg/cm^2)

b. Syarat –Syarat Desain Balok

Dalam mendesain struktur balok harus dipenuhi syarat kekuatan dan kekakuan penampang balok. Syarat kekuatan ditentukan berdasarkan harga tegangan yang terjadi (tegangan lentur, tegangan geser, dan kip) pada penampang, sedangkan untuk syarat kekakuan ditentukan berdasarkan harga lendutannya. Penampang balok dikatakan kuat dan kaku, jika tegangan dan lendutan yang terjadi tidak melebihi harga tegangan dan lendutan yang diijinkan



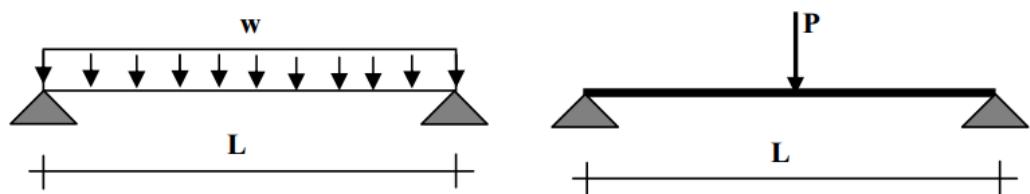
Gambar 4.9 Diagram Momen dan Geser Elemen Lentur.

c. **Lendutan Balok**

Pada balok terlentur, selain tegangannya, juga lendutannya dibatasi oleh lendutan maksimum atau lendutan ijin (fijin). Besarnya lendutan maksimum elemen lentur ditentukan berdasarkan pertimbangan-pertimbangan teknis sebagai berikut :

1. Kenyamanan pemakai bangunan.
2. Keselamatan.
3. Keindahan.
4. Psikologis.
5. Perlindungan pada bagian bangunan yang lain dengan sifat bahan yang cukup kenyal.
6. Memberikan dukungan yang cukup, hingga suatu alat yang dipasang pada elemen struktur tersebut dapat bekerja dengan baik.
7. Pembatasan lendutan ini tergantung pula pada struktur bangunannya, untuk keperluan apa.

Besar lendutan yang terjadi pada balok tergantung pada panjang bentang, ukuran penampang, material, dan beban yang bekerja. Untuk struktur balok sederhana, besar lendutan yang terjadi dapat di lihat pada persamaan berikut :



Gambar 4.10. Balok sederhana dengan beban Merata dan Beban Titik

$$f_{\max} = \frac{5}{384} \frac{w \cdot L^4}{E \cdot I} \leq f_{ijin} \quad f_{\max} = \frac{1}{48} \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I} \leq f_{ijin}$$

Untuk struktur balok dengan model lainnya, nilai lendutan dapat dihitung dengan program analisis struktur. Sedangkan untuk struktur balok dengan beban terbagi merata, lendutan dapat dilihat pada lampiran. Batas nilai lendutan maksimum elemen lentur dapat dilihat pada table 4.2.

D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN

Aktivitas pembelajaran pada kegiatan pembelajaran mengevaluasi hasil pengujian mutu baja pada pekerjaan konstruksi baja adalah :

1. Mengamati

Mengamati penjelasan mengenai prinsip perancangan dimensi baja baik elemen tarik, elemen tekan dan elemen lentur

2. Menanya

Mengkondisikan situasi belajar agar terbiasa mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang analisis dan perencanaan batang tarik, tekan dan lentur

Tabel 4.2

**Batas Lendutan Maksimum Arah
Vertikal**

No.	Tipe elemen struktur	Lendutan Maksimum	BEBAN		Keterangan
			Hidup	Total	
1.	Balok-balok pendukung lantai-lantai bangunan umum dan perumahan	$\frac{L}{360}$	✓		
2.	Balok kantilever seperti di atas	$\frac{L}{180}$	✓		
3.	Balok yang mendukung tembok pasangan batu	$\frac{L}{600}$		✓	
4.	Balok pendukung keran	$\frac{L}{500}$	✓		
5.	Balok pendukung atap	$\frac{L}{360}$	✓		selain beban hidup, termasuk juga beban angin.
6.	Gording bentang tunggal atau menerus	$\frac{L}{180}$	✓		selain beban hidup, termasuk juga beban angin.
7.	Gording (kantilever)	$\frac{L}{90}$	✓		selain beban hidup, termasuk juga beban angin.

3. Mengumpulkan informasi/Eksperimen (mencoba)
Melakukan analisis perhitungan melalui latihan-latihan perencanaan batang tarik, batang tekan dan batang lentur konstruksi baja.
4. Mengasosiasi/Mengolah Informasi
Melakukan perhitungan dan analisis dari kasus sederhana hingga detail pada perencanaan batang tarik, tekan dan lentur
5. Mengkomunikasikan
Menyampaikan hasil perencanaan batang tarik, tekan dan baja melalui laporan perencanaan.

E. LATIHAN/KASUS/TUGAS

TUJUAN TUGAS:

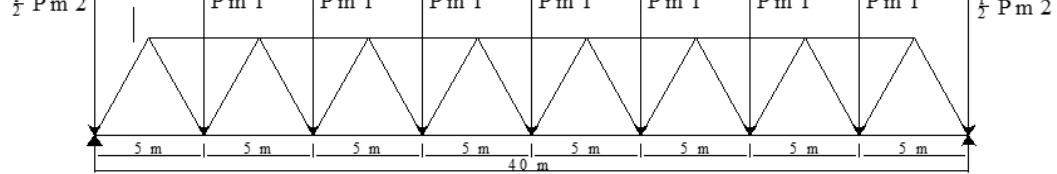
1. Mampu menerapkan perancangan berdasarkan *Load Resistance Factor Design* dalam SNI-1726-2015 pada batang tarik, batang tekan dan batang lentur

2. Mampu merencanakan dimensi batang tarik
3. Mampu merencanakan dimensi batang tekan
4. Mampu merencanakan dimensi batang lentur

URAIAN TUGAS:

1. Sebuah batang tekan siku ganda untuk rangka batang dari gambar terdiri dari 2-L 20.3x10.2x1.3 cm, kaki yang lebih pendek saling beradu punggung. Batang sepanjang 8.534 m tersebut diberi sokongan silang (brace) pada bidang rangkanya setiap 2.134 m, namun hanya pada ujung-ujung dalam arah transversal. Asumsikan kedua siku tersebut menyatu sempurna melalui baut yang diketatkan sepenuhnya, dan jarak konektornya cukup dekat sehingga batang dua siku tersebut dapat mencapai kekuatan beban aksial maksimum. Abaikan kontribusi sokongan lateral yang berasal dari atap. Hitunglah beban tekan layanan aksial maksimum yang diijinkan dipikul oleh batang ini. Beban layanannya adalah 30% beban mati dan 70% beban hidup gravitasi. Gunakan baja A572 Mutu 50 dan *Load and Resistance Factor Design*.
2. Rencanakan suatu rangka batang jembatan di bawah ini baik untuk batang tarik dan batang tekan dengan data geometrid an pembebanan sebagai berikut :\

1. Pembebanan Akibat Beban Mati



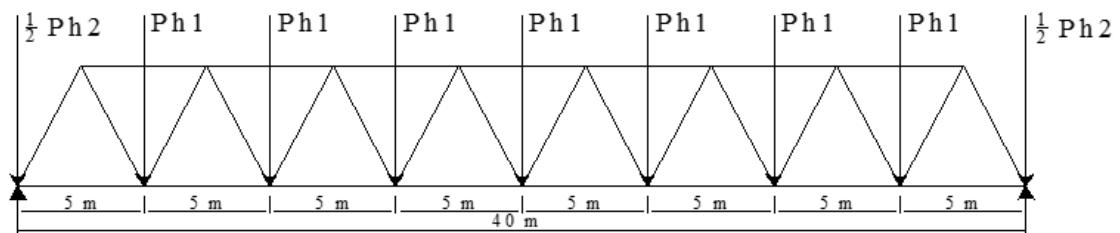
Pembebanan Akibat Beban Mati

Beban mati yang bekerja pada titik simpul :

$$Pm1 = 21195,436 \text{ kg}$$

$$Pm2 = 10597,718 \text{ kg}$$

3. Pembebanan Akibat Beban Hidup



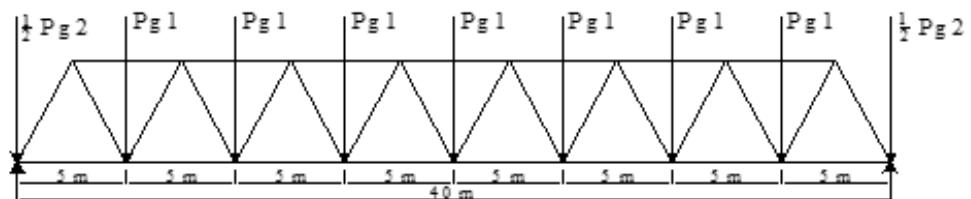
Pembebanan Akibat Beban Hidup

Beban hidup yang bekerja pada titik simpul akibat beban terbagi rata :

$$Ph1 = 7662,784 \text{ kg}$$

$$Ph2 = 3931,392 \text{ kg}$$

4. Pembebanan Akibat Beban Garis



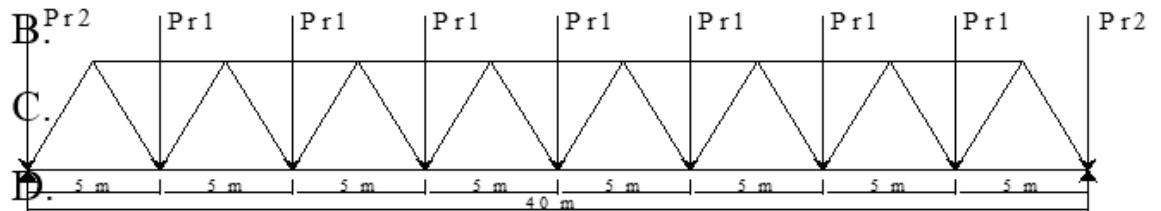
Beban hidup yang bekerja pada titik simpul akibat beban garis:

$$Pg1 = 36713,250 \text{ t/m}$$

$$Pg2 = 18356.625 \text{ t/m}$$

Pembebanan

A



Beban kibat Beban Rem

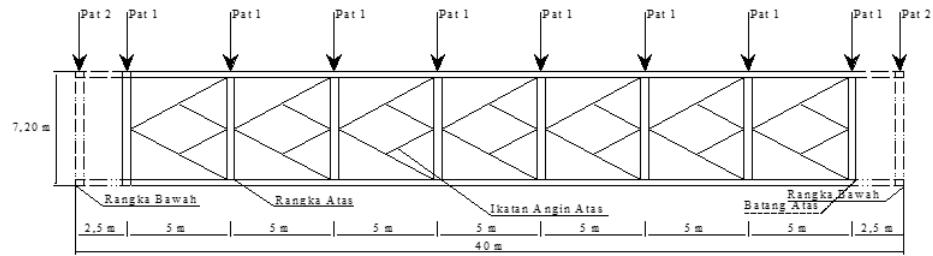
Beban Rem yang bekerja pada titik simpul:

$$Pr_1 = 1125 \text{ kg}$$

$$Pr_2 = 562,5 \text{ kg}$$

Pembebanan Akibat Beban Angin

1. Ikatan Angin Atas



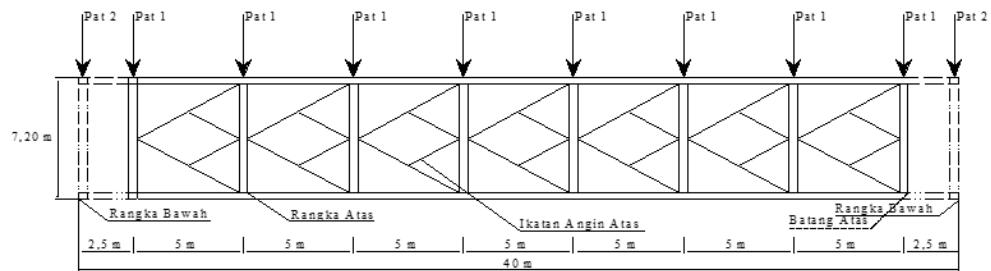
Pembebanan Akibat Beban Angin Atas

Beban Angin yang bekerja pada titik simpul:

$$Pa_1 = 374,265 \text{ kg}$$

$$Pa_2 = 187,132 \text{ kg}$$

2. Ikatan Angin Bawah



Pembebanan Akibat Beban Angin Bawah

Beban angin yang bekerja pada titik simpul:

$$Pa_1 = 878,030 \text{ kg}$$

$$Pa_2 = 439,015 \text{ kg}$$

F. RANGKUMAN

Dalam perencanaan konstruksi baja dikenal dua metode perencanaan, yaitu metode desain elastis (*Allowable Stress Design*) dan metode desain batas (*Load and Resistance Factor Design*). Metode desain elastis (ASD) didasarkan pada harga tegangan yang terjadi di bawah harga tegangan ijin. Sedangkan metode desain batas (LRFD) didasarkan pada kekuatan nominal penampang (*nominal strength*).

6. KUNCI JAWABAN

1. Penyelesaian :

Cek tekuk lokal. Kaki yang berukuran 20.3 cm pada batang siku ganda ini merupakan elemen tekan tanpa pengaku. Kita periksa apakah rasio lebar/tebal λ melampaui λ_r LRFD-B5 :

$$\left(\lambda = \frac{b}{t} = \frac{20.3}{1.3} = 16 \right) > \left(\lambda_r = \frac{200}{\sqrt{f_y}} = \frac{200}{\sqrt{345}} = 10.8 \right)$$

Karena $\lambda > \lambda_r$ tekuk lokal akan menentukan dan efisiensi penampang akan

tereduksi. Sebelumnya kita lakukan checking lagi apakah $\lambda < \frac{400}{\sqrt{f_y}}$.

$$\left(\lambda = \frac{b}{t} = \frac{20.3}{1.3} = 16 \right) < \left(\frac{400}{\sqrt{f_y}} = \frac{400}{\sqrt{345}} = 21.5 \right)$$

Karena $\lambda <$ dari $\frac{400}{\sqrt{f_y}}$ maka dengan menggunakan LRFD-Apendiks B5.3a, faktor

reduksi Q-nya adalah : $Q_s = 1.34 - 1.7 \cdot 10^{-3} \left(\frac{b}{t} \right) \sqrt{f_y}$

$$Q_s = 1.34 - 1.7 \cdot 10^{-3} \left(\frac{20.3}{1.3} \right) \sqrt{345} = 0.835$$

Kemudian kita hitung kekuatan desain $\Phi_c N_n$. Untuk tekan aksial, digunakan sifat sifat penampang bruto. Dari AISC-Manual untuk siku tunggal dan *strut* siku ganda dengan kaki pendek yang bertolak belakang :

$$A_g = 74.19 \text{ cm}^2$$

$$r_x = 2.74 \text{ cm} \quad r_y = 10.16 \text{ cm} \quad (\text{untuk pelat buhul } 0.95 \text{ cm})$$

Dengan asumsi $k=1.0$ untuk batang rangka (semua sambungan sendi), maka

$$\frac{(kL)_x}{r_x} = \frac{1.0(2.134)100}{2.74} = 77.88 \text{ dan } \frac{(kL)_y}{r_y} = \frac{1.0(8.534)100}{10.16} = 84$$

$$\text{Karena } \frac{(kL)_y}{r_y} > \frac{(kL)_x}{r_x}, \text{ maka besarnya } \lambda_c = \frac{kL}{r} \sqrt{\frac{f_y}{\pi^2 E}} = 84 \sqrt{\frac{345}{\pi^2 * 200000}} = 1.11.$$

Dengan LRFD-Formula (A-B5-11), dengan nilai $\lambda_c = 1.11$ akan memberikan :

$$\lambda_c \sqrt{Q} = 1.11 * \sqrt{0.835} = 1.01 < 1.2.$$

Untuk $0.25 < \lambda_c \sqrt{Q} < 1.2$,

$$\omega = \frac{\frac{1.43}{Q}}{1.6 - 0.67 \lambda_c \sqrt{Q}} = \frac{\frac{1.43}{0.835}}{1.6 - 0.67(1.11 * \sqrt{0.835})} = 1.86$$

Sehingga akan kita dapatkan :

$$N_d = \Phi_c N_n = \Phi_c f_{cr} A_g = \Phi_c \frac{f_y}{\omega} A_g = 0.85 * \frac{345}{1.86} 74.19(0.10) = 1170 \text{ kN} \text{ } \textcircled{S}$$

$$P_u = 1.2 P_D + 1.6 P_L = 1.2(0.3P) + 1.6(0.7P) = 1.48P$$

$$P_u = \Phi_c N_n = 1.48P$$

$$1170 \text{ kN} = 1.48P$$

$$\boxed{P = 790 \text{ kN (kapasitas beban layanan maksimum).}}$$

④ Beban ini tidak sesuai dengan yang diberikan dalam tabel LRFD-Manual "COLUMNS" untuk $\Phi_c N_n$.

Beban-beban tabular tersebut diperuntukkan bagi sejumlah tertentu baut yang mempersatukan dua siku (LRFD-E4) dan juga mencakup tekuk puntir-lentur sesuai dengan LRFD-Apendiks E. $\Phi_c N_n$ maksimumnya termasuk tekuk puntir lentur (*flexural-torsional buckling*) adalah 1156 kN; sekitar 1.2 % lebih rendah dari hitungan di atas. Untuk penampang-penampang tempa panas, penulis tidak yakin perlunya mengikutsertakan efek ini. Bila digunakan penampang-penampang yang sangat tipis, seperti penampang ringan bentukan dingin, tekuk puntir lentur harus dievaluasi pula.

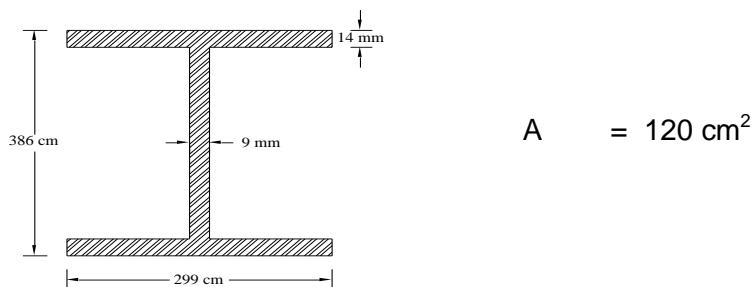
2. Penyelesaian :

Perencanaan Dimensi Profil Gelagar Induk

Perhitungan Dimensi Batang Atas (Tekan/Compression)

Dari hasil analisa dengan Program Numeric didapat gaya aksial tekan terbesar pada batang 12 $\Rightarrow P_u = 241409 \text{ kg}$

Dimensi batang dicoba menggunakan profil WF 400 x 300 x 9 x 14



$$\begin{aligned}
 I_x &= 33700 \text{ cm}^4 \\
 I_y &= 6240 \text{ cm}^4 \\
 i_x &= 16,7 \text{ cm}^4 \\
 i_y &= 7,21 \text{ cm}^4 \\
 W_x &= 1740 \text{ cm}^3 \\
 W_y &= 418 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Penampang Profil 400 x 300 x 9 x 14

Persyaratan kekuatan menurut LRFD untuk batang tekan dinyatakan sebagai berikut.. (*CG. Salmon JE, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I 1992, hal : 342*)

$$\phi_c P_n \geq P_u$$

Dimana :

$$\begin{aligned}
 \phi_c &= \text{Faktor resistansi (0,85)} \\
 P_n &= \text{Kekuatan nominal batang tekan bahan (kg)} = F_{cr} \cdot A_g \\
 P_u &= \text{Beban layan terfaktor (kg)}
 \end{aligned}$$

Adapun perhitungan dimensi batang tekan meliputi :

a. Menghitung Radius Girasi (r)

(*CG. Salmon, JE. Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku jilid 1" 1992 hal : 92*)

Dimana:

$$\begin{aligned}
 I_x &= \text{Momen inersia arah x (cm}^3\text{)} \\
 I_y &= \text{Momen inersia arah y (cm}^3\text{)} \\
 A_g &= \text{luas bruto penampang lintang (cm}^3\text{)} \\
 r_x &= \text{Radius girasi arah x} \\
 r_y &= \text{Radius girasi arah y}
 \end{aligned}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{33700}{120}} = 16,758 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{6240}{120}} = 7,211 \text{ cm}$$

b. Parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K \cdot L}{r} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}}$$

(CG. Salmon JE, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 hal : 338)

Dimana :

K = Faktor panjang efektif = 0,5

L = Panjang bentang yang ditinjau (cm)

F_y = Tegangan leleh baja = 3600 kg/cm²

E = Modulus elastisitas baja ($2,1 \times 10^6$ kg/cm²)

λ_c = Parameter kerampingan

r = Radius girasi (cm)

$$\lambda_c = \frac{0,5 \times 500}{7,211} \sqrt{\frac{3600}{3,14^2 \times (2,1 \times 10^6)}} = 0,457 \text{ cm}$$

c. Menghitung tegangan Kritis penampang (F_{cr})

$$\lambda_c \leq 1,5 \Rightarrow F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) \cdot F_y$$

$$F_{cr} = (0,658^{(0,457)^2}) \times 3600 = 3298,494 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Maka : } \phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

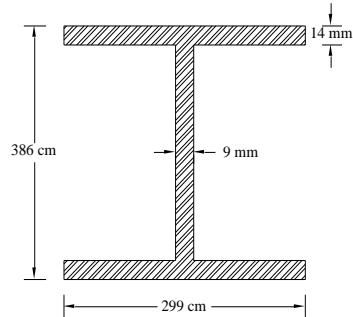
$$0,85 \times 3298,494 \times 120 \geq 241409 \text{ kg}$$

$$336446,397 \text{ kg} \geq 241409 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{(Profil aman)}$$

3.7.2 Perhitungan Dimensi Batang Bawah (Tarik /Tension)

Dari hasil analisa analisa numerik didapat gaya aksial tarik terbesar pada batang 4 dan 5. $\Rightarrow P_u = 229835 \text{ kg}$.

Dimensi batang dicoba menggunakan profil WF 400 x 300 x 9 x 14



A	= 120 cm^2
I _x	= 33700 cm^4
I _y	= 6240 cm^4
i _x	= 16,7 cm^4
i _y	= 7,21 cm^4
W _x	= 1740 cm^3
W _y	= 418 cm^3

Penampang Profil 400 x 300 x 9 x 14

Persyaratan kekuatan menurut LRFD untuk batang tekan dinyatakan sebagai berikut..(CG.Salmon JE,Johnson,Struktur Baja Desain dan Perilaku I 1992 ,hal : 95)

$$\phi_c P_n \geq P_u$$

Dimana :

- ϕ_c = Faktor resistansi (0,90)
- P_n = Kekuatan nominal batang tekan bahan (kg) = $F_{cr} \cdot A_g$
- P_u = Beban layan terfaktor (kg)

Cek rasio profil :

Karena dua elemen (Flens-flens) dari penampang lintang dihubungkan sedangkan pada elemen badan tidak dihubungkan, maka profil dicek dengan menggunakan persamaan :

$$\frac{bf}{d} \geq 0,67 \dots$$

(CG.Salmon JE,Johnson,"Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 hal : 89)

Dimana :

$$bf = 29,9$$

$$d = 38,6$$

$$\frac{29,9}{38,6} \geq 0,67 \quad 0,775 \geq 0,67$$

Adapun perhitungan dimensi batang tekan meliputi :

a. Menghitung luas nominal

Digunakan baut A325 dengan diameter = $\frac{7}{8}$ inchi = 2,22 cm

$$\text{Lebar lubang baut} = \left(\frac{7}{8} + \frac{1}{8} \right) = 1 \text{ inchi} = 2,54 \text{ cm}$$

Luas nominal pelat :

$$A_n = A_g - (\text{lebar lubang baut} \times \text{tebal flens})$$

$$= 120 - (2,54 \times 1,40) = 116,444 \text{ cm}^2$$

Luas bersih plat (Luas efektif penampang) berdasarkan :

$A_c = U \cdot A_n$ (CG.Salmon JE, Johnson "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 19922 ,hal : 86)

Dimana :

U = Koefisien reduksi yang nilainya tidak boleh lebih dari 85%

$$\text{Maka : } A_c = U \cdot A_n = 0,85 \times 116,444 = 98,977 \text{ cm}^2$$

b. Kontrol kekuatan Desain

Didasarkan pada pelelehan penampang bruto :

$$\phi_t T_n = \phi_t F_y A_g$$

(CG. Salmon JE, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992, hal : 95)

Dimana :

ϕ_t = Faktor resistensi untuk keadaan batas pelelehan (0,90)

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

F_y = Tegangan leleh baja = 3600 kg/cm²

A_g = Luas bruto penampang lintang = 136 cm²

Jadi : $\phi_t T_n = \phi_t F_y A_g \geq P_u$

$0,90 \times 3600 \times 120 \geq 229835 \text{ kg}$

$388800 \text{ kg} \geq 229835 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{(Profil aman)}$

-

Didasarkan pada retakan penampang bersih

$\phi_t T_n = \phi_t F_u A_c = 0,75 F_u \cdot A_c$

(CG. Salmon JE, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, hal : 95)

Dimana :

ϕ_t = Faktor resistensi untuk keadaan batas pelelehan (0,75)

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

F_u = Kekuatan tarik baja struktur = 5200 kg/cm²

A_c = Luas bersih efektif antara batang tarik = 98,977 cm²

Jadi : $\phi_t T_n = \phi_t F_u A_c \geq P_u$

$0,75 \times 5200 \times 98,977 \geq 229835 \text{ kg}$

$386011,86 \text{ kg} \geq 229835 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{(Profil aman)}$

Dari hasil dua kriteria diatas, maka diambil kekuatan desain yang lebih kecil
yaitu : $386011,86 \text{ kg} \geq P_u = 229835 \text{ kg}$

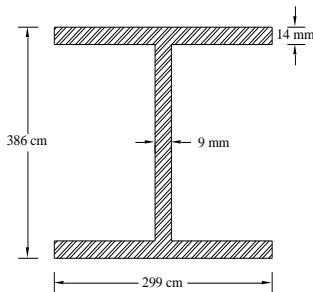
Perencanaan Dimensi Batang Diagonal

Perencanaan Dimensi Batang Diagonal Tekan (Compression)

Dari hasil analisa STAAD Pro II didapat gaya aksial tekan terbesar pada batang 16. $\Rightarrow P_u = 143784 \text{ kg}$.

Dimensi batang dicoba menggunakan profil WF 400 x 300 x 9 x 14

A	= 120 cm^2
I _x	= 33700 cm^4
I _y	= 6240 cm^4
i _x	= 16,7 cm^4
i _y	= 7,21 cm^4
W _x	= 1740 cm^3
W _y	= 418 cm^3



Penampang Profil 400 x 300 x 9 x 14

Adapun perhitungan dimensi batang tekan meliputi :

a. Menghitung Radius Girasi (r)

(CG. Salmon, JE. Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku jilid 1" 1992 hal : 92)

Dimana:

I _x	= Momen inersia arah x (cm^3)
I _y	= Momen inersia arah y (cm^3)
A _g	= luas bruto penampang lintang (cm^3)
r _x	= Radius girasi arah x
r _y	= Radius girasi arah y

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{33700}{120}} = 16,758 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A_g}} = \sqrt{\frac{6240}{120}} = 7,211 \text{ cm}$$

b. Parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K \cdot L}{r} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}}$$

(CG. Salmon JE, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 hal : 338)

Dimana :

K = Faktor panjang efektif = 0,5

L = Panjang bentang yang ditinjau (cm)

F_y = Tegangan leleh baja = 3600 kg/cm²

E = Modulus elastisitas baja ($2,1 \times 10^6$ kg/cm²)

λ_c = Parameter kerampingan

r = Radius girasi (cm)

$$\lambda_c = \frac{0,5 \times 682,4}{7,211} \sqrt{\frac{3600}{3,14^2 \times (2,1 \times 10^6)}} = 0,624 \text{ cm}$$

c. Menghitung tegangan Kritis penampang (F_{cr})

$$\lambda_c \leq 1,5 \Rightarrow F_{cr} = (0,658^{\lambda_c^2}) \cdot F_y$$

$$F_{cr} = (0,658^{(0,624)^2}) \times 3600 = 3058,759 \text{ kg/cm}^2$$

Maka : $\phi_c \cdot P_n \geq P_u$

$$0,85 \times 3058,759 \times 120 \geq 143784 \text{ kg}$$

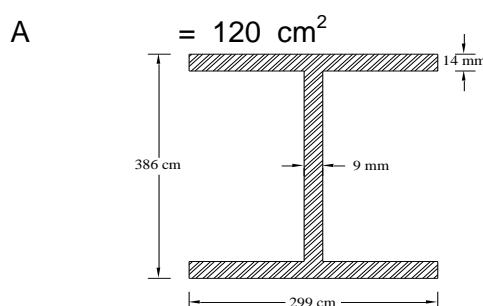
$$311993,448 \text{ kg} \geq 143784 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{(Profil aman)}$$

2. Perencanaan Dimensi Batang Diagonal Tarik (Tension)

Dari hasil analisa STAAD Pro II didapat gaya aksial tarik terbesar pada batang

$$17. \Rightarrow P_u = 143784 \text{ kg.}$$

Dimensi batang dicoba menggunakan profil WF 400 x 300 x 9 x 14



$$\begin{aligned}
 I_x &= 33700 \text{ cm}^4 \\
 I_y &= 6240 \text{ cm}^4 \\
 i_x &= 16,7 \text{ cm}^4 \\
 i_y &= 7,21 \text{ cm}^4 \\
 W_x &= 1740 \text{ cm}^3 \\
 W_y &= 418 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Cek rasio profil :

Karena dua elemen (Flens-flens) dari penampang lintang dihubungkan sedangkan pada elemen badan tidak dihubungkan, maka profil dicek dengan menggunakan persamaan :

$$\frac{bf}{d} \geq 0,67$$

(CG. Salmon JE, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 hal : 89)

Dimana :

$$bf = 29,9$$

$$d = 38,6$$

$$\frac{29,9}{38,6} \geq 0,67$$

$$0,775 \geq 0,67$$

Adapun perhitungan dimensi batang tekan meliputi :

a. Menghitung luas nominal

Digunakan baut A325 dengan diameter = $\frac{7}{8}$ inchi = 2,22 cm

$$\text{Lebar lubang baut} = \left(\frac{7}{8} + \frac{1}{8} \right) = 1 \text{ inchi} = 2,54 \text{ cm}$$

Luas nominal pelat :

$$A_n = A_g - (\text{lebar lubang baut} \times \text{tebal flens})$$

$$= 120 - (2,54 \times 1,40) = 116,444 \text{ cm}^2$$

Luas bersih plat (Luas efektif penampang) berdasarkan :

$$A_c = U \cdot A_n$$

(CG. Salmon JE, Johnson "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 19922 ,hal : 86)

Dimana :

U = Koefisien reduksi yang nilainya tidak boleh lebih dari 85%

$$\text{Maka : } A_c = U \cdot A_n = 0,85 \times 116,444 = 98,977 \text{ cm}^2$$

b. Kontrol kekuatan Desain

- Didasarkan pada peleahan penampang bruto :

$$\phi_t T_n = \phi_t F_y A_g$$

(CG. Salmon JE, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992, hal : 95)

Dimana :

ϕ_t = Faktor resistensi untuk keadaan batas peleahan (0,90)

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

F_y = Tegangan leleh baja = 3600 kg/cm²

A_g = Luas bruto penampang lintang = 120 cm²

$$\text{Jadi : } \phi_t T_n = \phi_t F_y A_g \geq P_u$$

$$0,90 \times 3600 \times 120 \geq 143784 \text{ kg}$$

$$388800 \text{ kg} \geq 143784 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{(Profil aman)}$$

- Didasarkan pada retakan penampang bersih

$$\phi_t T_n = \phi_t F_u A_c = 0,75 F_u \cdot A_c$$

(CG. Salmon JE, Johnson, Struktur Baja Desain dan Perilaku I, hal : 95)

Dimana :

ϕ_t = Faktor resistensi untuk keadaan batas peleahan (0,75)

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

F_u = Kekuatan tarik baja struktur = 5200 kg/cm²

A_c = Luas bersih efektif antara batang tarik = 98,977 cm²

$$\text{jadi : } \phi_t T_n = \phi_t F_t A_c \geq P_u$$

$$0,75 \times 5200 \times 98,977 \geq 143784 \text{ kg}$$

$$386011,86 \text{ kg} \geq 143784 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{(Profil aman)}$$

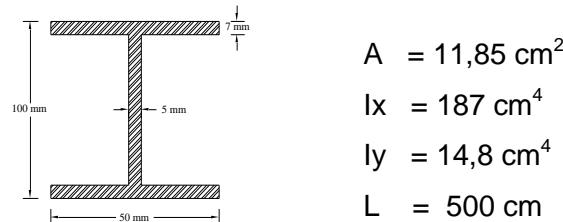
Dari hasil dua kriteria diatas, maka diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu : $386011,86 \text{ kg} \geq P_u = 143784 \text{ kg}$

Perencanaan Dimensi Ikatan Angin Atas

1. Perencanaan Dimensi Batang Vertikal

Dari hasil analisa STAAD Pro didapat gaya aksial terbesar pada batang 1 dan 8 yaitu $P_u = 789,886 \text{ kg}$

Dimensi batang digunakan profil WF 100 x 50 x 5 x 7



Penampang Profil 100 x 50 x 5 x 7

Adapun perhitungan dimensi batang tekan meliputi :

a. Menghitung Radius Girasi (r)

(CG. Salmon, JE. Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku jilid 1" 1992 hal : 92)

Dimana:

I_x = Momen inersia arah x (cm^3)

I_y = Momen inersia arah y (cm^3)

A_g = luas bruto penampang lintang (cm^3)

r_x = Radius girasi arah x

r_y = Radius girasi arah y

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{187}{11,85}} = 3,972 \text{ cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_{y_y}}{A_g}} = \sqrt{\frac{14,8}{11,85}} = 1,118 \text{ cm}$$

b. Parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K \cdot L}{r} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}}$$

(CG. Salmon JE, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 hal : 338)

Dimana :

- K = Faktor panjang efektif = 0,5
- L = Panjang bentang yang ditinjau (cm)
- F_y = Tegangan leleh baja = 3600 kg/cm²
- E = Modulus elastisitas baja ($2,1 \times 10^6$ kg/cm²)
- λ_c = Parameter kerampingan
- r = Radius girasi (cm)

$$\lambda_c = \frac{0,5 \times 500}{1,118} \sqrt{\frac{3600}{3,14^2 \times (2,1 \times 10^6)}} = 2,950 \text{ cm}$$

c. Menghitung tegangan Kritis penampang (F_{cr})

$$\lambda_c \leq 1,5 \Rightarrow F_{cr} = \left[\frac{0,887}{\lambda_c^2} \right] \times F_y$$

$$F_{cr} = \left[\frac{0,887}{2,950^2} \right] \times 3600 = 367,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Maka : } \phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

$$0,85 \times 367,00 \times 11,85 \geq 789,886 \text{ kg}$$

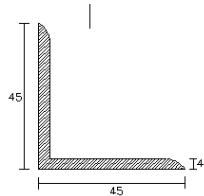
$$3696,603 \text{ kg} \geq 789,886 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{(Profil aman)}$$

Perencanaan Dimensi Batang Diagonal (Tekan)

Dari hasil analisa SAP didapat gaya aksial tarik terbesar pada batang 58 yaitu

$$P_u = 1060 \text{ kg}$$

Dimensi batang digunakan profil L 45 x 45 x 4



$$A = 3,492 \text{ cm}^2$$

$$L = 308.1 \text{ cm}$$

Penampang Profil L 45 x 45 x 4

Adapun perhitungan dimensi batang tekan meliputi :

a. Menghitung Radius Girasi (r)

(CG. Salmon, JE. Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku jilid 1" 1992 hal : 92)

Dimana:

$$I_x = \text{Momen inersia arah x (cm}^3\text{)}$$

$$I_y = \text{Momen inersia arah y (cm}^3\text{)}$$

$$A_g = \text{luas bruto penampang lintang (cm}^3\text{)}$$

$$r_x = \text{Radius girasi arah x}$$

$$r_y = \text{Radius girasi arah y}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{10,3}{3,492}} = 1,717 \text{ cm}$$

b. Parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K \cdot L}{r} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}}$$

(CG. Salmon JE. Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 hal : 338)

Dimana :

$$K = \text{Faktor panjang efektif} = 0,5$$

$$L = \text{Panjang bentang yang ditinjau (cm)}$$

- F_y = Tegangan leleh baja = 3600 kg/cm^2
 E = Modulus elastisitas baja ($2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$)
 λ_c = Parameter kerampingan
 r = Radius girasi (cm)

$$\lambda_c = \frac{0,5 \times 308,1}{1,717} \sqrt{\frac{3600}{3,14^2 \times (2,1 \times 10^6)}} = 1,183 \text{ cm}$$

c. Menghitung Tegangan Kritis Penampang (F_{cr})

$$\lambda_c \leq 1,5 \Rightarrow F_{cr} = \left[\frac{0,887}{\lambda_c^2} \right] \times F_y$$

$$F_{cr} = \left[\frac{0,887}{1,183^2} \right] \times 3600 = 2282,663 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Maka : } \phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

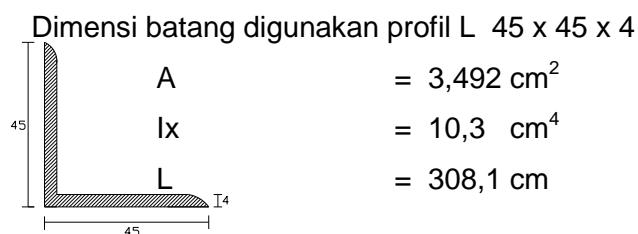
$$0,85 \times 2282,663 \times 3,492 \geq 1060 \text{ kg}$$

$$6775,400 \text{ kg} \geq 1060 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{(Profil aman)}$$

Perencanaan Dimensi Batang Diagonal (Tarik)

Dari hasil analisa SAP didapat gaya aksial tarik terbesar pada batang 57 yaitu

$$P_u = 1060 \text{ kg}$$



Penampang Profil L 45 x 45 x 4

$$\frac{bf}{d} \geq 0,67 \text{ (CG.Salmon JE,Johnson,"Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 , hal : 342)}$$

Dimana :

$$bf = 45$$

$$d = 45$$

$$\frac{45}{45} \geq 0,67$$

$$1,00 \geq 0,67$$

a. Menghitung luas nominal

Digunakan baut A325 diameter = $\frac{3}{4}$ inchi = 1,91 cm

$$\text{Lebar lubang baut} = \left(\frac{3}{4} + \frac{1}{4} \right) = 1 \text{ inchi} = 2,54 \text{ cm}$$

Luas nominal pelat :

$$A_n = A_g - (\text{lebar lubang baut} \times \text{tebal flens})$$

$$= 3,755 - (2,54 \times 0,4) = 2,476 \text{ cm}^2$$

Luas bersih plat (Luas efektif penampang) berdasarkan

(CG. Salmon JE, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992, hal : 86)

$$A_c = U \cdot A_n$$

Dimana :

$$U = \text{koefisien reduksi yang nilainya} < 85 \%$$

Maka :

$$\begin{aligned} A_c &= U \cdot A_n \\ &= 0,85 \times 2,476 = 2,105 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

b. Kontrol kekuatan Desain

- Didasarkan pada pelelehan penampang bruto

$$\phi_t T_n = \phi_t F_y A_g$$

(CG. Salmon JE, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992, hal : 95)

Dimana :

ϕ_t = Faktor resistensi untuk keadaan batas pelelehan (0,90)

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

$$F_y = \text{Tegangan leleh baja} = 3600 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_g = \text{Luas bruto penampang lintang} = 3,492 \text{ cm}^2$$

$$\text{Jadi : } \phi_t T_n = \phi_t F_y A_g \geq P_u$$

$$0,90 \times 3600 \times 3,492 \geq 1060 \text{ kg}$$

$$11314,08 \text{ kg} \geq 1060 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{(Profil aman)}$$

- **Didasarkan pada retakan penampang bersih**

$$\phi_t T_n = \phi_t F_u A_c = 0,75 F_u \cdot A_c$$

(CG. Salmon JE, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I", hal : 95)

Dimana :

ϕ_t = Faktor resistensi untuk keadaan batas peleahan (0,75)

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

F_u = Kekuatan tarik baja struktur = 5200 kg/cm²

A_c = Luas bersih efektif antara batang tarik = 1,032 cm²

$$\text{jadi : } \phi_t T_n = \phi_t F_u A_c$$

$$0,75 \times 5200 \times 3,492 \geq 1060 \text{ kg}$$

$$13618,8 \text{ kg} \geq 1060 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{(Profil aman)}$$

Dari hasil dua kriteria diatas, maka diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu:

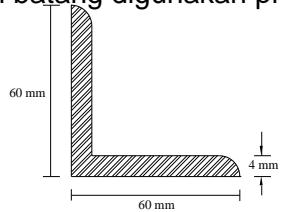
$$13618,8 \text{ kg} \geq P_u = 1060 \text{ kg}$$

Perencanaan Dimensi Ikatan Angin Bawah

1. Dimensi Batang Diagonal Tekan (Compression)

Dari hasil analisa STAAD Pro didapat gaya aksial tekan terbesar pada batang 27 yaitu $P_u = 1960$ kg

Dimensi batang digunakan profil L 60 x 60 x 4



$$A = 4,692 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 25,4 \text{ cm}^4$$

$$L = 876,6 \text{ cm}$$

Penampang Profil L 60 x 60 x 4

Adapun perhitungan dimensi batang tekan meliputi

a. Menghitung Radius Girasi (r)

(CG. Salmon, JE. Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku jilid 1" 1992 hal : 92)

Dimana:

$$I_x = \text{Momen inersia arah x (cm}^3\text{)}$$

$$I_y = \text{Momen inersia arah y (cm}^3\text{)}$$

$$A_g = \text{luas bruto penampang lintang (cm}^3\text{)}$$

$$r_x = \text{Radius girasi arah x}$$

$$r_y = \text{Radius girasi arah y}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A_g}} = \sqrt{\frac{25,4}{4,692}} = 2,327 \text{ cm}$$

b. Parameter kerampingan (λ_c)

$$\lambda_c = \frac{K \cdot L}{r} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{\pi^2 E}}$$

(CG. Salmon JE, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 hal : 338)

Dimana :

$$K = \text{Faktor panjang efektif} = 0,5$$

$$L = \text{Panjang bentang yang ditinjau (cm)}$$

$$F_y = \text{Tegangan leleh baja} = 3600 \text{ kg/cm}^2$$

- E = Modulus elastisitas baja ($2,1 \times 10^6$ kg/cm 2)
 λ_c = Parameter kerampingan
 r = Radius girasi (cm)

$$\lambda_c = \frac{0,5 \times 876,6}{2,327} \sqrt{\frac{3600}{3,14^2 \times (2,1 \times 10^6)}} = 2,484 \text{ cm}$$

c. Menghitung Tegangan Kritis Penampang (F_{cr})

$$\lambda_c \leq 1,5 \Rightarrow F_{cr} = \left[\frac{0,887}{\lambda_c^2} \right] \times F_y$$

$$F_{cr} = \left[\frac{0,887}{2,484^2} \right] \times 3600 = 517,529 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Maka : } \phi_c \cdot P_n \geq P_u$$

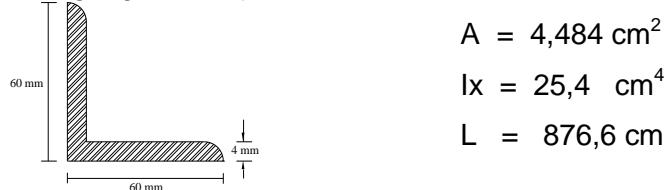
$$0,85 \times 517,529 \times 4,692 \geq 1960 \text{ kg}$$

$$2064,011 \text{ kg} \geq 1960 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{(Profil aman)}$$

2. Dimensi Batang Diagonal Tarik (Compression)

Dari hasil analisa STAAD Pro II didapat gaya aksial tekan terbesar pada batang 26 yaitu $P_u = 1780 \text{ kg}$

Dimensi batang digunakan profil L 60 x 60 x 4



Penampang Profil L 60 x 60 x 4

$$\frac{bf}{d} \geq 0,67$$

(CG.Salmon JE,Johnson,"Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992 , hal : 342)

Dimana :

$$bf = 60$$

$$d = 60$$

$$\frac{60}{60} \geq 0,67$$

$$1,00 \geq 0,67$$

a. Menghitung luas nominal

Digunakan baut A325 diameter = $\frac{7}{8}$ inchi = 2,22 cm

$$\text{Lebar lubang baut} = \left(\frac{7}{8} + \frac{1}{8} \right) = 1 \text{ inchi} = 2,54 \text{ cm}$$

Luas nominal pelat :

$$\begin{aligned} A_n &= A_g - (\text{lebar lubang baut} \times \text{tebal flens}) \\ &= 4,692 - (2,54 \times 0,4) = 3,676 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Luas bersih plat (Luas efektif penampang) berdasarkan

(CG. Salmon JE, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992, hal : 86)

$$A_c = U \cdot A_n$$

Dimana :

$$U = \text{koefisien reduksi yang nilainya} < 85 \%$$

Maka :

$$\begin{aligned} A_c &= U \cdot A_n \\ &= 0,85 \times 3,676 = 3,125 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

b. Kontrol kekuatan Desain

- Didasarkan pada pelelehan penampang bruto

$$\phi_t T_n = \phi_t F_y A_g$$

(CG. Salmon JE, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I" 1992, hal : 95)

Dimana :

$$\phi_t = \text{Faktor resistensi untuk keadaan batas pelelehan (0,90)}$$

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

F_y = Tegangan leleh baja = 3600 kg/cm²

A_g = Luas bruto penampang lintang = 4,692 cm²

Jadi : $\phi_t T_n = \phi_t F_y A_g \geq P_u$

$$0,90 \times 3600 \times 4,692 \geq 1780 \text{ kg}$$

$$15202,08 \text{ kg} \geq 1780 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{(Profil aman)}$$

- **Didasarkan pada retakan penampang bersih**

$$\phi_t T_n = \phi_t F_u A_c = 0,75 F_u \cdot A_c$$

(CG. Salmon JE, Johnson, "Struktur Baja Desain dan Perilaku I", hal : 95)

Dimana :

ϕ_t = Faktor resistensi untuk keadaan batas pelelehan (0,75)

T_n = Kekuatan nominal batang tarik (kg)

F_u = Kekuatan tarik baja struktur = 5200 kg/cm²

A_c = Luas bersih efektif antara batang tarik = 3,125 cm²

Jadi : $\phi_t T_n = \phi_t F_u A_c$

$$0,75 \times 5200 \times 3,125 \geq 1780 \text{ kg}$$

$$12185,94 \text{ kg} \geq 1780 \text{ kg} \dots \dots \dots \text{(Profil aman)}$$

Dari hasil dua kriteria diatas, maka diambil kekuatan desain yang lebih kecil yaitu :

$$12185,94 \text{ kg} \geq P_u = 1780 \text{ kg}$$

F. DAFTAR PUSTAKA.

Agus Setiawan. **Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD** (Sesuai SNI 03-1729-2002). Penerbit Erlangga.

AISC2005.2005. *Specification for Structural Steel Building.*

ASTM A370-02. Standard Test Methods and Definition for Mechanical Testing of Steel Products

Badan Standar Nasional. 2015. Standar Nasional Indonesia **SNI 03-1729-2015. Jakarta**

Daftar Profil Konstruksi Baja.

Laboratorium Mekanika Struktur, Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung Menggunakan

Marjono, Fitri. 2006. **Catatan Kuliah Struktur Baja 1.** Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.

Metoda LRFD. Penerbit ITB

Salmon, Johnson. **Struktur Baja Desain dan Perilaku Jilid 1.** Penerbit Erlangga.

Sumargo.2009. Perancangan Struktur Baja Metode LRFD Elemen Aksial. Polban. Bandung.

KEGIATAN BELAJAR III

Menentukan Beban Dan Pembebanan Pada Konstruksi Baja

A. TUJUAN

Melalui modul tentang menentukan beban dan pembebanan pada konstruksi baja ini, guru dapat memahami mengenai jenis-jenis beban dan perhitungan pembebanan konstruksi baja berdasarkan SNI 1726-2015 mengenai desain konstruksi baja, SNI 1727-2013 mengenai beban minimum untuk perancangan dan struktur lain dan ASTM 8E internasional.

B. INDIKATOR

1. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang jenis-jenis beban pada konstruksi baja.
2. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1726-2015 dan SNI 1727-2013.
3. Guru dapat mengetahui, dan memahami tentang faktor beban dan faktor reduksi yang mempengaruhi pembebanan yang digunakan pada perencanaan konstruksi baja
4. Guru dapat melakukan perhitungan kombinasi pembebanan dan menentukan pembebanan yang menentukan untuk perencanaan struktur

C. URAIAN MATERI

1. Peraturan Untuk Gedung

Rancangan struktur pada umumnya dikontrol oleh peraturan. Meskipun kontrol ini tidak terlalu ketat, perencana akan merujuk kepada peraturan sebagai pedoman. Terlepas dari banyaknya pengalaman perencana, tidak

mungkin untuk mencakup seluruh situasi yang akan dihadapi dalam bidang perancangan untuk pekerjaan lain.

Sebagian perencana beranggapan bahwa peraturan akan membuat mereka tidak kreatif. Hal yang penting adalah peraturan dibuat tidak untuk membatasi perencana melainkan untuk melindungi publik. Sebanyak apapun peraturan yang dibuat, tidak mungkin mencakup semua situasi yang ada dilapangan, sehingga baik dengan atau tanpa peraturan, tanggungjawab untuk suatu rancangan struktur yang aman ada pada perencana.

a. Beban

Salah satu kesulitan yang dihadapi perencana adalah memperhitungkan dengan tepat beban yang akan bekerja pada struktur. Setelah langkah tersebut, perencana masih harus menentukan kombinasi beban yang paling menentukan. Misalnya, suatu gedung apakah harus dirancang berdasarkan beban mati, hidup, angin, dan gempa yang dianggap bekerja pada waktu yang bersamaan atau dengan kombinasi yang lebih sedikit?

Paragraf berikut ini akan menjelaskan tipe beban meskipun tidak dibahas secara detail karena detail jenis pembebanan dapat dilihat pada peraturan. Pada intinya beban dibagi menjadi dua yaitu beban mati dan beban hidup.

b. Beban Mati

Beban mati adalah beban dengan besar yang konstan dan berada pada posisi yang sama setiap saat. Beban ini terdiri dari berat sendiri struktur dan beban lain yang melekat pada struktur secara permanen. Termasuk dalam beban mati adalah berat rangka, dinding, lantai, atap, plambing.

Untuk merancang tentunya beban mati ini harus diperhitungkan untuk digunakan dalam analisa. Dimensi dan berat elemen struktur tidak diketahui sebelum analisa struktur selesai dilakukan. Berat yang ditentukan dari analisa struktur harus dibandingkan dengan berat perkiraan semula. Jika perbedaannya besar, perlu dilakukan analisa ulang dengan menggunakan perkiraan berat yang lebih baik.

Berat beberapa material yang biasa digunakan dalam struktur dapat dilihat dalam Peraturan Muatan Indonesia SNI 03-1727-1989. Untuk material khusus, biasanya produsen telah memberikan data berat material berikut dimensi dan karakteristiknya.

c. **Beban Hidup**

Beban hidup adalah beban yang besar dan posisinya dapat berubah-ubah. Beban hidup yang dapat bergerak dengan tenaganya sendiri disebut beban bergerak, seperti kendaraan, manusia, dan keran (crane). Sedangkan beban yang dapat dipindahkan antara lain furniture, material dalam gudang, dan lain-lain. Jenis beban hidup lain adalah angin, hujan, ledakan, gempa, tekanan tanah, tekanan air, perubahan temperatur, dan beban yang disebabkan oleh pelaksanaan konstruksi.

d. **Pemilihan Beban Rencana**

Untuk membantu perencana dalam memperhitungkan besar beban hidup, Peraturan Muatan Indonesia dan Peraturan Gempa Indonesia telah memberikan pedoman berdasarkan data lapangan. Untuk kasus khusus misalnya bangunan tertentu dengan beban yang tidak lazim, peraturan tersebut tidak mencakupnya, sehingga dalam merancang

harus didasarkan pada informasi yang didapatkan dari keinginan pemilik bangunan sesuai dengan peruntukannya.

2. Metoda Perancangan Elastis dan Plastis

Umumnya, pada masa lalu dan juga sekarang struktur dirancang dengan metoda perancangan elastis. Perencana menghitung beban kerja atau beban yang akan dipikul oleh struktur dan dimensi elemen didasarkan pada tegangan ijin.

Daktilitas baja telah ditunjukkan dapat memberikan kekuatan cadangan dan merupakan dasar dari perancangan plastis. Dalam metoda ini beban kerja dihitung dan dikalikan dengan faktor tertentu atau faktor keamanan, kemudian elemen struktur dirancang berdasarkan kekuatan runtuh. Nama lain dari metoda ini adalah perancangan batas (*limit design*) dan perancangan runtuh (*collapse design*).

Telah diketahui secara luas bahwa bagian terbesar dari kurva tegangan-regangan baja berada diatas batas elastis. Hasil uji juga menunjukkan bahwa baja dapat menahan beban diatas tegangan leleh, dan jika mendapat beban berlebih, struktur statis tak tentu dapat mendistribusikan beban yang bekerja karena adanya sifat daktil baja. Berdasarkan hal tersebut muncul berbagai usulan perancangan plastis dan memang tidak diragukan bahwa untuk struktur tertentu, perancangan plastis akan memberikan penggunaan baja yang lebih ekonomis dibandingkan perancangan elastis.

3. *Load and Resistance Factor Design*

SNI 03-1729-2002 mengkombinasikan perhitungan kekuatan batas (*ultimate*) dengan kemampuan layan dan teori kemungkinan untuk keamanan yang disebut juga metoda *Load and Resistance Factor Design - LRFD*. Dalam metoda LRFD terdapat beberapa prosedur perencanaan dan biasa disebut

perancangan kekuatan batas, perancangan plastis, perancangan limit, atau perancangan keruntuhan (*collapse design*).

LRFD didasarkan pada filosofi kondisi batas (*limit state*). Istilah kondisi batas digunakan untuk menjelaskan kondisi dari suatu struktur atau bagian dari suatu struktur tidak lagi melakukan fungsinya. Ada dua kategori dalam kondisi batas, yaitu batas kekuatan dan batas layan (*serviceability*).

Kondisi kekuatan batas (*strength limit state*) didasarkan pada keamanan atau kapasitas daya dukung beban dari struktur termasuk kekuatan plastis, tekuk (*buckling*), hancur, fatik, guling.

Kondisi batas layan (*serviceability limit state*) berhubungan dengan performansi (unjuk kerja) struktur dibawah beban normal dan berhubungan dengan hunian struktur yaitu defleksi yang berlebihan, gelincir, vibrasi, retak, dan deteriorasi.

Struktur tidak hanya harus mampu mendukung beban rencana atau beban *ultimate*, tetapi juga beban servis/layan sebagaimana yang disyaratkan pemakai gedung. Misalnya suatu gedung tinggi harus dirancang sehingga goyangan akibat angin tidak terlalu besar yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan, takut atau sakit. Dari sisi kondisi batas kekuatan, rangka gedung tersebut harus dirancang supaya aman menahan beban *ultimate* yang terjadi akibat adanya angin besar 50-tahunan, meskipun boleh terjadi kerusakan kecil pada bangunan dan pengguna merasakan ketidaknyamanan.

Metode LRFD mengutamakan persyaratan khusus dalam kondisi batas kekuatan dan memberikan keluasaan pada perencana untuk menentukan sendiri batas layannya. Ini tidak berarti bahwa kondisi batas layan tidak penting, tetapi selama ini hal yang paling penting (sebagaimana halnya pada semua peraturan untuk gedung) adalah nyawa dan harta benda publik. Akibatnya keamanan publik tidak dapat diserahkan kepada perencana sendiri.

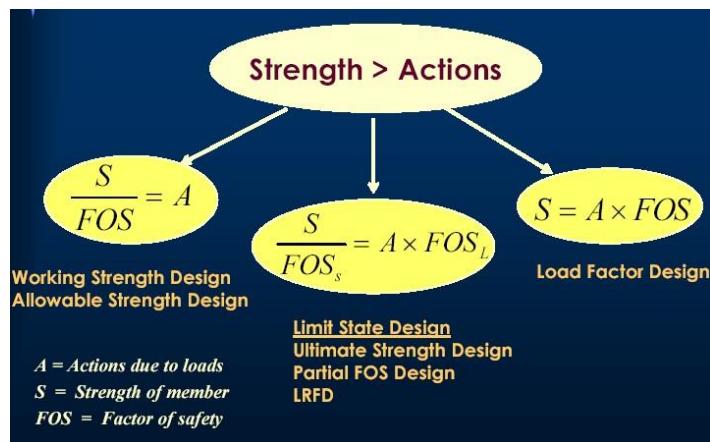
Dalam LRFD, beban kerja atau beban layan (Q_i) dikalikan dengan faktor beban atau faktor keamanan (λ_i) hampir selalu lebih besar dari 1,0 dan dalam perancangan digunakan ‘beban terfaktor’. Besar faktor bervariasi tergantung tipe dan kombinasi pembebanan sebagaimana akan dibahas dalam sub bab berikutnya.

Struktur direncanakan mempunyai cukup kekuatan ultimate untuk mendukung beban terfaktor. Kekuatan ini dianggap sama dengan kekuatan nominal atau kekuatan teoritis dari elemen struktur (R_n) yang dikalikan dengan suatu faktor resistansi atau faktor *overcapacity* (ϕ) yang umumnya lebih kecil dari 1,0. Faktor resistansi ini dipakai untuk memperhitungkan ketidak pastian dalam kekuatan material, dimensi, dan pelaksanaan. Faktor resistansi juga telah disesuaikan untuk memastikan keseragaman reliabilitas dalam perancangan.

Sebagaimana disebutkan dalam Pasal 6.3 SNI 03-1729-2002, untuk suatu elemen, penjelasan paragraf diatas dapat diringkas menjadi: (Jumlah faktor perkalian beban dan faktor beban) \leq (faktor resistansi)(kekuatan/resistansi nominal) yang secara konseptual diberikan dalam Gambar 5.1.

$$\sum \lambda_i Q_i \leq \phi R_n \quad (5.1)$$

Ruas sebelah kiri dari Pers. (5.1) menyatakan pengaruh beban pada struktur sedangkan ruas sebelah kanan menyatakan ketahanan atau kapasitas dari elemen struktur.



Gambar 5.1.
Konsep Perancangan Struktur Baja

4. Faktor Beban

Tujuan dari faktor beban adalah untuk menaikkan nilai beban akibat ketidakpastian dalam menghitung besar beban mati dan beban hidup. Misalnya, berapa besar ketelitian yang dapat anda lakukan dalam menghitung beban angin yang bekerja pada gedung perkuliahan atau rumah anda sendiri?

Nilai faktor beban yang digunakan untuk beban mati lebih kecil dari pada untuk beban hidup karena perencana dapat menentukan dengan lebih pasti besar beban mati dibandingkan dengan beban hidup. Beban yang berada pada tempatnya untuk waktu yang lama variasi besar bebananya akan lebih kecil, sedangkan untuk beban yang bekerja pada waktu relatif pendek akan mempunyai variasi yang besar. Prosedur dalam LRFD akan membuat perencana lebih menyadari variasi beban yang akan bekerja pada struktur dibandingkan jika perancangan dilakukan dengan metode perancangan tegangan ijin (*Allowable Stress Design – ASD*).

Kombinasi beban yang ditinjau di bawah ini didasarkan pada Pasal 6.2.2 SNI 03-1729-2002. Dalam persamaan ini: D adalah beban mati yang diakibatkan

oleh berat kostruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap; L adalah beban hidup dari pengguna gedung dan beban bergerak didalamnya, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, air hujan, dll; L_a adalah beban hidup atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak; H adalah beban hujan tidak termasuk genangan air hujan (*ponding*); E adalah beban gempa yang ditentukan menurut SNI 03-1726-2012 atau pengantinya. U menyatakan beban ultimate.

$$U = 1,4D$$

$$U = 1,2D + 1,6L + 0,5(L_a \text{ atau } H)$$

Beban kejut hanya ada pada kombinasi beban kedua Pers. (5.2) di atas. Jika terdapat beban angin dan gempa, maka kombinasi beban berikut harus digunakan:

$$U = 1,2D + 1,6(L_a \text{ atau } H) + (0,5L \text{ atau } 0,8W) \quad (2.4)$$

$$U = 1,2D + 1,3W + 0,5L + 0,5(L_r \text{ atau } H) \quad (2.5)$$

$$U = 1,2D \pm 1,0E + 0,5L$$

Dalam kelompok kombinasi diatas, beban kejut cukup ditinjau dengan Pers. (2.4). Untuk bangunan garasi, gedung untuk kepentingan umum, atau gedung lain dengan beban hidup melampaui 5 kPa (500 kg/m²), maka faktor beban L sama dengan 1,0 sehingga persamaan menjadi:

$$U = 1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } H) + (1,0L \text{ atau } 0,8W) \quad (2.7)$$

$$U = 1,2D + 1,3W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } H) \quad (2.8)$$

$$U = 1,2D \pm 1,0E + 1,0L \quad (2.9)$$

Untuk memperhitungan kemungkinan adanya gaya ke atas (*uplift*), maka LRFD memberikan kombinasi beban lain. Kondisi ini mencakup kasus

dimana gaya tarik muncul akibat adanya momen guling. Hal ini akan menentukan pada gedung tingkat tinggi dengan gaya lateral yang besar. Dalam kombinasi ini beban mati direduksi 10% untuk mencegah estimasi berlebih (*overestimate*).

Kemungkinan gaya angin dan gempa mempunyai tanda minus atau positif hanya perlu ditinjau pada Pers. (2.10) di bawah ini. Jadi dalam persamaan sebelumnya, tanda untuk W dan E mempunyai tanda yang sama dengan suku lain dalam persamaan tersebut.

$$U = 0,9D_{\pm} (1,3W \text{ atau } 1,0E) \quad (5.10)$$

Besar beban (D , L , L_a , dll) harus mengacu pada peraturan muatan. Beban hidup rencana untuk lantai yang luas, bangunan tingkat tinggi, dll dapat direduksi. Nilai yang terbesar dari nilai tersebut disebut sebagai beban kritis atau beban yang menentukan untuk digunakan dalam perancangan.

Berdasarkan Standar Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI-1727-2013), maka kombinas pembebanan yang ada adalah :

1. D
2. $D + L$
3. $D + (L, \text{ atau } S \text{ atau } R)$
4. $D + 0,75L + 0,75(L, \text{ atau } S \text{ atau } R)$
5. $D + (0,6W \text{ atau } 0,7E)$
- 6a. $D + 0,75L + 0,75(0,6W) + 0,75(L, \text{ atau } S \text{ atau } R)$
- 6b. $D + 0,75L + 0,75(0,7E) + 0,75S$
7. $0,6D + 0,6W$
8. $0,6D + 0,7E$

5. Faktor Resistansi atau Faktor Reduksi

Untuk menentukan kekuatan ultimate suatu struktur dengan tepat, perlu memperhitungkan ketidakpastian kekuatan material, dimensi, dan pelaksanaan. Dengan suatu faktor resistansi, perencana berusaha menunjukkan bahwa kekuatan suatu elemen tidak dapat dihitung dengan tepat karena ketidak sempurnaan dalam teori, variasi dalam sifat material, dan ketidak- sempurnaan dimensi elemen.

Hal ini dilakukan dengan mengalikan kekuatan ultimate teoritis (disebut juga kekuatan nominal) dari setiap elemen dengan faktor resistansi atau faktor reduksi atau faktor overkapasitas (kapasitas lebih) ϕ , yang hampir selalu lebih kecil dari 1,0. Nilai tersebut adalah 0,85 untuk kolom, 0,75 atau 0,90 untuk batang tarik, 0,90 untuk balok dengan beban momen dan geser, dll.

Beberapa nilai faktor resistansi dari SNI 03-1729-2002 Tabel 6.4-2 dituliskan kembali dalam Tabel di bawah ini. Sebagian istilah dalam tabel tersebut akan dibahas kemudian.

6. Besar Beban dan Faktor Resistansi

Sebagian dari perencana mungkin akan berpendapat bahwa tidaklah ekonomis untuk merancang struktur dengan faktor beban yang begitu tinggi dan faktor resistansi yang kecil. Tetapi karena begitu besarnya ketidakpastian maka hal tersebut diperlukan.

Diantara ketidakpastian itu adalah:

1. Kekuatan material akan mempunyai karakteristik yang berbeda dari yang diasumsikan dan hal itu akan bertambah dengan adanya rangkak, korosi, dan fatik.
2. Dalam metoda analisa seringkali terjadi kesalahan yang cukup besar.
3. Gaya yang berasal dari alam sulit untuk diprediksi, seperti gempa.
4. Tegangan yang ditimbulkan selama proses pabrikasi dan pelaksanaan seringkali begitu besar.

Pekerja di bengkel sering memperlakukan profil baja dengan tidak hati-hati, misalnya menjatuhkan, menempa, menarik elemen pada suatu posisi untuk pembautan. Hal ini dapat menyebabkan gaya yang disebabkan selama pabrikasi dan pelaksanaan lebih besar dari pada saat konstruksi telah selesai. Lantai untuk suatu ruangan mungkin direncanakan untuk memikul beban hidup bervariasi dari 195 s.d. 390 kg/m², tetapi selama pelaksanaan konstruksi kontraktor menempatkan batu bata ditumpuk setinggi 3,0 m sehingga menyebabkan beban beberapa ratus kg/m².

Perubahan teknologi berpengaruh pada besar beban hidup. Misalnya karena dari tahun ke tahun angin bertiup semakin kencang, maka peraturan juga meningkatkan tekanan angin minimum yang harus digunakan dalam perancangan.

Tabel 5.1 Faktor Reduksi (ϕ) untuk Keadaan Kekuatan Batas

Faktor Resistansi, ϕ	Situasi
0,90	Komponen struktur yang memikul lentur: <ul style="list-style-type: none"> • Balok • Balok pelat berdinding penuh • Pelat badan (web) yang memikul geser • Pelat badan pada tumpuan • Pengaku
0,85	Komponen struktur yang memikul gaya tekan aksial: <ul style="list-style-type: none"> • Kuat penampang • Kuat komponen struktur
0,90	Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial: <ul style="list-style-type: none"> • Kuat tarik leleh • Kuat tarik fraktur
0,90	Komponen struktur yang memikul aksi-aksi kombinasi:

0,90	<ul style="list-style-type: none"> • Kuat lentur atau geser • Kuat tarik
0,85	<ul style="list-style-type: none"> • Kuat tekan
0,85	Komponen struktur komposit: <ul style="list-style-type: none"> • Kuat tekan
0,60	<ul style="list-style-type: none"> • Kuat tumpu beton
0,85	<ul style="list-style-type: none"> • Kuat lentur dengan distribusi tegangan plastis
0,90	<ul style="list-style-type: none"> • Kuat lentur dengan distribusi tegangan elastis
0,75	Sambungan baut: <ul style="list-style-type: none"> • Baut yang memikul geser
0,75	<ul style="list-style-type: none"> • Baut yang memikul tarik
0,75	<ul style="list-style-type: none"> • Baut yang memikul kombinasi geser dan tarik
0,75	<ul style="list-style-type: none"> • Lapis yang memikul tumpu
0,90	Sambungan las: <ul style="list-style-type: none"> • Las tumpul penetrasi penuh
0,75	<ul style="list-style-type: none"> • Las sudut dan las tumpul penetrasi sebagian.
0,75	<ul style="list-style-type: none"> • Las pengisi

5. Meskipun beban mati dapat diperkirakan dengan cukup teliti, tetapi tidak demikian dengan beban hidup.
6. Ketidakpastian lain adalah tegangan residual dan konsentrasi tegangan, variasi dimensi penampang profil, dll.

7. Reliabilitas dan Peraturan LRFD

Reliabilitas menyatakan perkiraan dalam persentase jumlah pengulangan bahwa kekuatan struktur akan sama atau lebih dari beban maksimum yang bekerja pada struktur selama masa layannya (misalnya 50 tahun).

1. Bagaimana LRFD mengembangkan prosedur untuk menentukan reliabilitas dari perancangan yang diberikan.

2. Perencana dapat menentukan persentase reliabilitas untuk situasi yang berbeda.
3. Perencana dapat menyesuaikan faktor resistansi ϕ untuk mendapatkan persentase reliabilitas seperti yang telah ditetapkan dalam butir (2) di atas.

Misalnya seorang perencana menyatakan bahwa hasil rancangannya mempunyai reliabilitas 99,7% (ini adalah nilai pendekatan yang didapat dengan perancangan LRFD). Ini mempunyai arti jika dia telah merancang 1000 struktur yang berbeda, maka 3 diantaranya mungkin akan mengalami beban berlebih (*overloaded*) dan mengalami kegagalan sebelum masa layan 50 tahun selesai. Hal ini jangan diartikan bahwa 3 diantara bangunan tersebut akan runtuh dan rata dengan tanah serta tidak berfungsi sama sekali.

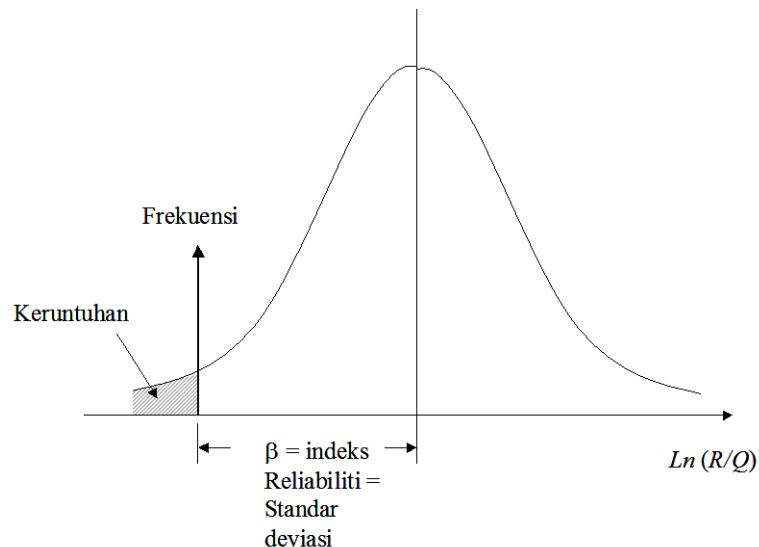
Tiga bangunan dari 1000 tersebut belum tentu hancur tetapi bisa saja berada dalam daerah plastis bahkan daerah *strain hardening*. Akibatnya jika beban berlebih maka akan terjadi deformasi yang besar yang menimbulkan sedikit kerusakan pada struktur.

Untuk mempelajari hal ini, misalkan kita meninjau reliabilitas dari sejumlah struktur rangka baja yang dirancang pada waktu yang berbeda dan dengan peraturan yang berbeda pula. Kita akan menghitung resistansi atau kekuatan, R , dari setiap struktur dan begitu pula dengan beban maksimum, Q , yang diharapkan akan bekerja pada struktur selama masa layan. Struktur akan aman jika $R \geq Q$.

Nilai aktual dari R dan Q adalah variabel acak/random, maka tidak dapat dikatakan 100% pasti bahwa R akan sama atau lebih besar dari Q untuk struktur tertentu. Betapapun teliti perancangan dan pelaksanaan suatu struktur, akan selalu ada kemungkinan kecil bahwa Q akan lebih besar dari R atau kondisi batas kekuatan akan dilampaui. Tujuan dari peraturan LRFD

adalah untuk membuat kemungkinan ini sekecil mungkin dan dengan persentase yang konsistensi.

Jadi besar resistansi dan beban adalah tidak pasti. Jika digambarkan kurva R/Q untuk sejumlah struktur maka hasilnya adalah kurva probabilitas berbentuk bell dengan nilai rata-rata R_m dan Q_m dan standar deviasi. Jika $R < Q$ maka kondisi batas kekuatan akan dilampaui dan terjadi keruntuhan.



Gambar 5.2.Grafik Reabilitas Struktur

a. **Definisi dari Indeks Reliabilitas**

Untuk memudahkan, kurva digambarkan secara logaritmik seperti pada Gambar 5.2. Perlu diingat bahwa \ln dari 1,0 adalah 0 dan jika $\ln R/Q < 0$ berarti kondisi batas kekuatan telah dilampaui. Kondisi ini dinyatakan dengan kurva yang berarsir. Cara lain untuk mengekspresikan hal ini adalah semakin besar deviasi standar, semakin besar reliabilitas. Dalam gambar nilai deviasi standar dinyatakan dengan β dan disebut indeks reliabilitas.

Meskipun nilai yang pasti dari R dan Q tidak diketahui dengan baik, suatu rumus untuk mendapatkan β telah didapat, yaitu

$$\beta = \frac{\ln(R_m / Q_m)}{\sqrt{V_R^2 + V_Q^2}} \quad (2.11)$$

Dalam rumus diatas, R_m dan Q_m adalah rata-rata resistansi dan beban, sedangkan V_R dan V_Q adalah koefisien variasi.

Berdasarkan perhitungan reliabilitas yang dijelaskan diatas, standar/peraturan memutuskan untuk menggunakan nilai β yang konsisten sebagai berikut:

1. $\beta = 3,00$ untuk elemen akibat beban gravitasi.
2. $\beta = 4,50$ untuk sambungan. (Nilai ini menunjukkan bahwa sambungan harus lebih kuat dibandingkan dengan elemen yang disambung).
3. $\beta = 2,5$ untuk elemen akibat beban gravitasi dan beban angin. (Nilai ini menunjukkan bahwa faktor keamanan tidak harus sebesar akibat beban lateral yang biasanya mempunyai durasi yang pendek).
4. $\beta = 1,75$ untuk elemen akibat beban gravitasi dan beban gempa.

Nilai ϕ disesuaikan sedemikian rupa sehingga nilai β yang ditentukan diatas bisa diperoleh dalam perancangan. Hal ini menjadikan perancangan dengan LRFD akan hampir selalu memberikan hasil yang sama dengan metoda ASD jika rasio beban hidup terhadap beban mati adalah 3.

b. **Kelebihan LRFD**

Perlu dicatat bahwa tujuan adanya LRFD bukanlah mendapatkan penghematan melainkan untuk memberikan reliabilitas yang seragam untuk semua struktur baja. Dalam ASD faktor keamanan sama diberikan pada beban mati dan beban hidup, sedangkan pada LRFD faktor keamanan atau faktor beban yang lebih kecil diberikan untuk

beban mati karena beban mati dapat ditentukan dengan lebih pasti dibandingkan beban hidup. Akibatnya perbandingan berat yang dihasilkan dari ASD dan LRFD akan tergantung pada rasio beban hidup terhadap beban mati.

Untuk gedung biasa rasio beban hidup terhadap beban mati sekitar 0,25 s.d. 4,0 atau sedikit lebih besar. Untuk bangunan baja tingkat rendah, perbandingan tersebut akan sedikit diatas rentang ini. Dalam ASD kita menggunakan faktor keamanan yang sama untuk beban mati dan beban hidup tanpa melihat rasio beban. Jadi dengan ASD akan dihasilkan profil yang lebih berat dan faktor keamanan akan lebih naik dengan berkurangnya rasio beban hidup terhadap beban mati.

Untuk rasio L/D lebih kecil dari 3, akan terdapat penghematan berat profil berdasarkan LRFD atau sekitar 1/6 untuk elemen tarik dan kolom dan 1/10 untuk balok. Sebaliknya jika rasio L/D sangat tinggi maka hampir tidak ada penambahan penghematan berat baja yang dilakukan berdasarkan LRFD dibandingkan ASD.

D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN

Aktivitas pembelajaran pada kegiatan pembelajaran mengevaluasi hasil pengujian mutu baja pada pekerjaan konstruksi baja adalah :

1. Mengamati

Mengamati penjelasan mengenai jenis-jenis beban dan pembebanan pada struktur baja

2. Menanya

Mengkondisikan situasi belajar agar terbiasa mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang pembebanan pada konstruksi baja

3. Mengumpulkan informasi/Eksperimen (mencoba)

Mengumpulkan data yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkret, dokumen,buku, praktik/praktikum) melalui analisis perhitungan beban pada konstruksi baja

4. Mengasosiasi/Mengolah Informasi

Mengkategorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnya menyimpulkan dengan urutan sederhana sampai kepada urutan yang lebih kompleks tentang pembebanan pada konstruksi baja

5. Mengkomunikasikan

Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang pembebanan pada konstruksi baja.

E. LATIHAN/KASUS/TUGAS

TUJUAN TUGAS:

1. Memahami jenis-jenis pembebanan pada konstruksi baja
2. Mampu menghitung beban pada elemen struktur baja.

URAIAN TUGAS:

1. Suatu lantai disokong oleh balok IWF100x100x17,2 dengan jarak 2,4 m. Beban lantai adalah beban mati 244 kg/m^2 dan beban hidup 390 kg/m^2 . Tentukan beban kritis dalam kg/m yang harus dipikul oleh balok.
2. Suatu lantai disokong oleh balok IWF 100x100x17,2 dengan jarak 2,75 m. Beban lantai adalah beban mati 195 kg/m^2 , beban air hujan 146 kg/m^2 , dan beban angin 98 kg/m^2 . Tentukan beban kritis dalam kg/m yang harus dipikul oleh balok.
3. Berbagai beban aksial pada suatu kolom telah dihitung yaitu: beban mati = 91 ton, beban dari atap = 23 ton (beban hidup), beban hidup lantai (setelah direduksi karena untuk luas lantai yang besar dan bangunan tinggi) = 114 ton, angin = 36 ton, dan gempa = 27 ton. Tentukan beban rencana kritis dengan menggunakan keenam kombinasi beban LRFD.

F. RANGKUMAN

Beban adalah gaya luar yang bekerja pada suatu struktur. Penentuan secara pasti besarnya beban yang bekerja pada suatu struktur selama umur layannya merupakan salah satu pekerjaan yang cukup sulit. Dan pada umumnya penentuan besarnya beban hanya merupakan suatu estimasi saja. Meskipun beban yang bekerja pada suatu lokasi dari struktur dapat diketahui secara pasti, namun distribusi beban dari elemen ke elemen, dalam suatu struktur umumnya memerlukan asumsi dan pendekatan. Jika beban-beban yang bekerja pada suatu struktur telah diestimasi,

maka masalah berikutnya adalah menentukan kombinasi-kombinasi beban yang paling dominan yang mungkin bekerja pada struktur tersebut

G. KUNCI JAWABAN

1. Solusi

Setiap meter balok harus memikul beban mati pada daerah seluas: $2,4 \times 1 \text{ m} = 2,4 \text{ m}^2$.

$$D = 17,2 + (2,4)(244) = 602,8 \text{ kg/m}$$

$$L = (2,4)(390) = 936 \text{ kg/m}$$

Hitung beban terfaktor, hanya beban D dan L yang harus dipikul oleh balok,

$$U = (1,4)(602,8) = 844 \text{ lbs/ft}$$

$$U = (1,2)(602,8) + (1,6)(936) = 2221 \text{ kg/m} \rightarrow \text{menentukan}$$

Jadi beban terfaktor kritis = 2221 kg/m

2. Solusi:

$$D = 17,2 + (2,75)(195) = 553,5 \text{ kg/m}$$

$$L = 0$$

$$L_a \text{ atau } H = (2,75)(146) = 401,5 \text{ kg/m}$$

$$W = (2,75)(98) = 270 \text{ kg/m}$$

Substitusi ke dalam kombinasi beban LRFD:

$$U = (1,4)(553,5) = 775 \text{ kg/m}$$

$$U = (1,2)(553,5) + 0 + (0,5)(401,5) = 865 \text{ kg/m}$$

$$U = (1,2)(553,5) + (1,6)(401,5) + (0,8)(270) = 1523 \text{ kg/m} \rightarrow \text{menentukan}$$

$$U = (1,2)(553,5) + (1,3)(270) + (0,5)(401,5) = 1216 \text{ kg/m}$$

$$U = (1,2)(553,5) + 0 + (0,2)(401,5) = 745 \text{ kg/m}$$

$$U = (0,9)(553,3) \pm (1,3)(270) = 849 \text{ atau } 147 \text{ kg/m}$$

Jadi beban terfaktor kritis = 1523 kg/m

3. *Solusi:*

$$U = (1,4)(91) = 127 \text{ ton}$$

$$U = (1,2)(91) + (1,6)(114) + (0,5)(23) = 303 \text{ ton} \quad \square \text{menentukan}$$

$$U = (1,2)(91) + (1,6)(23) + (0,5)(114) = 203 \text{ ton}$$

$$U = (1,2)(91) + (1,6)(23) + (0,8)(36) = 175 \text{ ton}$$

$$U = (1,2)(91) + (1,3)(36) + (0,5)(114) + (0,5)(23) = 225 \text{ ton}$$

$$U = (1,2)(91) \pm (1,0)(27) + (0,5)(114) = 193 \text{ atau } 139 \text{ ton}$$

$$U = (0,9)(91) \pm (1,3)(36) = 129 \text{ atau } 35 \text{ ton}$$

$$U = (0,9)(91) \pm (1,0)(27) = 109 \text{ atau } 55 \text{ ton}$$

Jadi beban terfaktor kritis = 303 ton

E. DAFTAR PUSTAKA

Agus Setiawan. **Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD** (Sesuai SNI 03-1729-2002). Penerbit Erlangga.

AISC2005.2005. *Spesification for Structural Steel Building.*

ASTM A370-02. Standard Test Methods and Definition for Mechanical Testing of Steel Products

Badan Standar Nasional. 2015. Standar Nasional Indonesia **SNI 03-1729-2015.**
Jakarta

Daftar Profil Konstruksi Baja.

Laboratorium Mekanika Struktur, **Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung Menggunakan**

Marjono, Fitri. 2006. **Catatan Kuliah Struktur Baja 1.** Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.

Metoda LRFD. Penerbit ITB

Salmon, Johnson. **Struktur Baja Desain dan Perilaku Jilid 1.** Penerbit Erlangga.

Sumargo.2009. Perancangan Struktur Baja Metode LRFD Elemen Aksial. Polban. Bandung.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 4

Merencanakan Gambar Kerja (*Shop Drawing*) Konstruksi Baja Dari Terjemahan Gambar Arsitektur Secara Manual.

A. TUJUAN

Melalui modul tentang merencanakan gambar kerja (*shop drawing*) konstruksi baja dari terjemahan gambar arsitektur secara manual ini diharapkan guru dapat memahami penggunaan baja sebagai material konstruksi untuk berbagai elemen struktur, memahami konsep perencanaan struktur baja, merancang dimensi batang tarik, batang tekan dan batang lentur pada konstruksi baja berdasarkan SNI 1726-2015 mengenai perancangan struktur baja.

B. INDIKATOR

1. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang pengertian gambar kerja dan gambar arsitek
2. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang perbedaan gambar kerja dan gambar arsitek
3. Guru dapat mengetahui, dan memahami proses pembuatan gambar kerja
4. Guru dapat mengetahui dan memahami pendetailan pada gambar kerja (SNI 2629-1991 dan ASTM E8).

C. URAIAN MATERI

1. Pengertian Gambar Kerja (*Shop Drawing*)

Gambar kerja adalah gambar dan data lainnya yang ditujukan untuk menggambarkan detail dari suatu bagian pekerjaan yang disediakan secara

professional dan disahkan oleh pihak terkait dalam proyek konstruksi baja.

(2012, APEGBC, *Professional Practice Guidelines Shop Drawings*)

Shop Drawing dapat dibuat oleh kontraktor, pemasok, produsen, subkontraktor. *Shop Drawing* biasanya diperlukan untuk prefabrikasi komponen baja. Contoh ini meliputi: lift, baja struktural, gulungan, pra-cor, jendela, peralatan, lemari, unit penanganan udara, dan *millwork*. Juga penting adalah gambar instalasi dan koordinasi MEP perdagangan seperti lembaran membutuhkan saluran kerja logam, pipa, pipa, perlindungan kebakaran, dan listrik. *Shop Drawing* biasanya menampilkan lebih detail dari dokumen konstruksi. Model shop drawing biasanya sangat berbeda dari gambar arsitek.

2. Kriteria Gambar *Shop Drawing*.

Kriteria baik sebuah gambar secara umum adalah mudah dipahami dan dapat dijadikan sebagai pedoman di lapangan dalam pelaksanaan pembangunan, kriteria tersebut diantaranya adalah

1. Bentuk peulisan Kop pada sisi bagian kanan berisi judul gambar, perusahaan, nama proyek, nomor gambar dan halaman.
2. Bentuk Gambar Dan Ukuran Konstruksi Harus dapat menampilkan bentuk dan dari setiap bagian konstruksi dengan jelas dan mendetail.
3. Gambar Harus menggunakan skala gambar
4. Pembuatan Gambar Harus Sesuai dengan keadaan / kondisi lapangan agar pelaksanaannya tepat pada saat dilapangan.
5. Membuat Atau Menempatkan keterangan gambar seperti elevasi, jenis material dan penjelasan lainnya.
6. Gambar Akan tetap Jelas terlihat saat digandakan/Copy

3. Informasi yang harus tertera pada shop drawing

Shop drawing harus menyediakan informasi gambar rencana yang memadai yang dibuat secara professional dengan mengidentifikasi jumlah dan jumlah revisi dan bagian-bagian dari ketentuan-ketentuan yang digunakan.

Beban rencana harus ditunjukkan dengan jelas pada *shop drawing*. *Shop drawing* harus mengidentifikasi peraturan-peraturan yang digunakan selama persiapan pembuatan *shop drawing* tersebut.

Shop drawing harus menyediakan informasi sebagai berikut :

2. Tanggal penerbitan pertama kali
3. Tanggal revisi dilakukan
4. Nama Proyek yang sedang dikerjakan
5. Lokasi Proyek
6. Jumlah Proyek
7. Informasi mengenai :
 - Kontraktor
 - Sub-kontraktor
 - Penyalur
 - Manufaktur
 - Re-seller
8. Nomor urut dari tiap-tiap *shop drawing*
9. Identitas semua produk
10. Dimensi elemen strukur pada *shop drawing* dan satuan
11. Dimensi yang digunakan di lapangan
12. Setelah katalog, jadwal pekerjaan, ilustrasi dan standar lainnya sudah dimasukkan sebagai *shop drawing*, maka kontraktor masih dapat melakukan hal sebagai berikut :
 - 1) Menghilangkan informasi-informasi yang tidak digunakan dalam proyek
 - 2) Menambah informasi dan standar yang dianggap penting untuk memberi informasi tambahan bagi pelaksanaan pekerjaan konstruksi.
 - 3) Menunjukkan dimensi yang dibutuhkan.
 - 4) Menunjukkan kapasitas dan karakteristik kekuatan yang diinginkan.

4. Penyerahan *Shop Drawing*

Sebelum shop drawing diserahkan, maka shop drawing harus diperiksa terlebih dahulu oleh insinyur profesional bersertifikasi. Setelah semua dianggap memenuhi kualifikasi yang disyaratkan, maka pemeriksa akan memberikan cap tanda bahwa shop drawing sudah layak digunakan. Sebagai informasi, shop drawing hanya ditinjau secara umum oleh pemeriksa, dan hal ini harus dinyatakan dengan jelas pada dokumen shop drawing.

Jika dinyatakan bahwa diperlukan revisi oleh pemeriksa, maka kontraktor harus melakukan perubahan dan mengajukan kembali ke pemeriksa dengan menyertakan informasi catatan bagian-bagian yang direvisi.

5. *Shop drawing* selama konstruksi berlangsung

Pemesanan dan pabrikasi setiap komponen struktur belum boleh dimulai hingga semua shop drawing sudah diperiksa oleh pemeriksa dan sudah dikembalikan ke kontraktor yang selanjutnya diberi pengesahan untuk dilaksanakan. Kontraktor harus menyediakan duplikat dari *shop drawing* di lokasi proyek di lokasi pabrikasi dan di kantor kontraktor dan juga di kantor pemeriksa.

THE DETAILING PROCESS

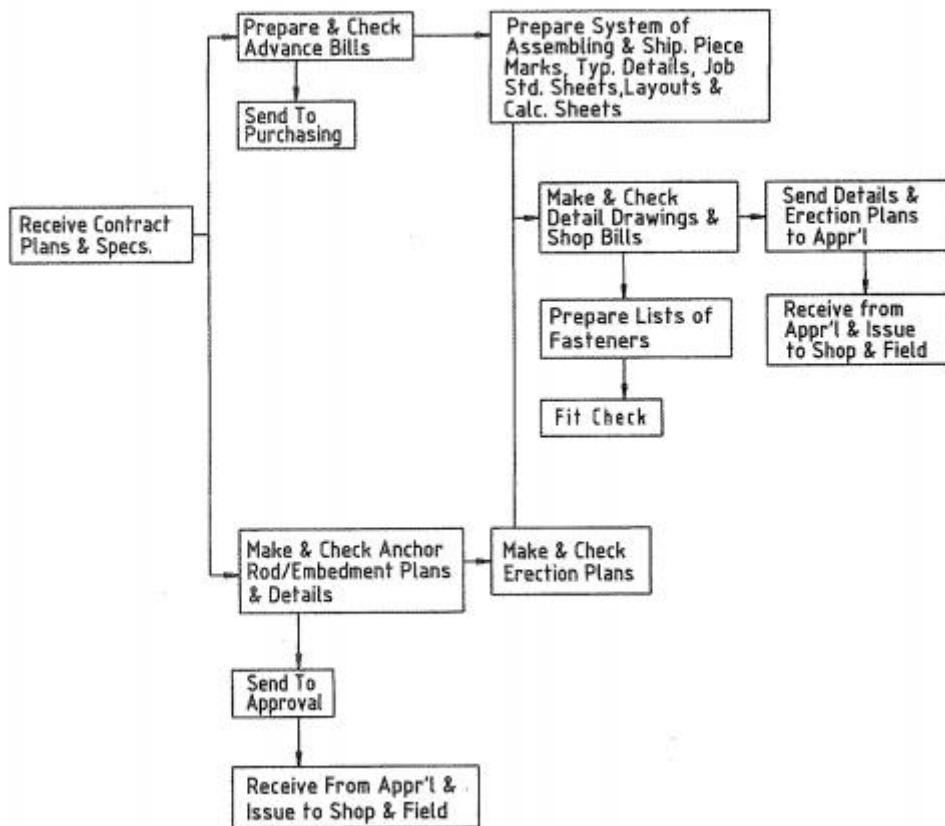


Figure 2-4. Detailing process sequence of operations diagram.

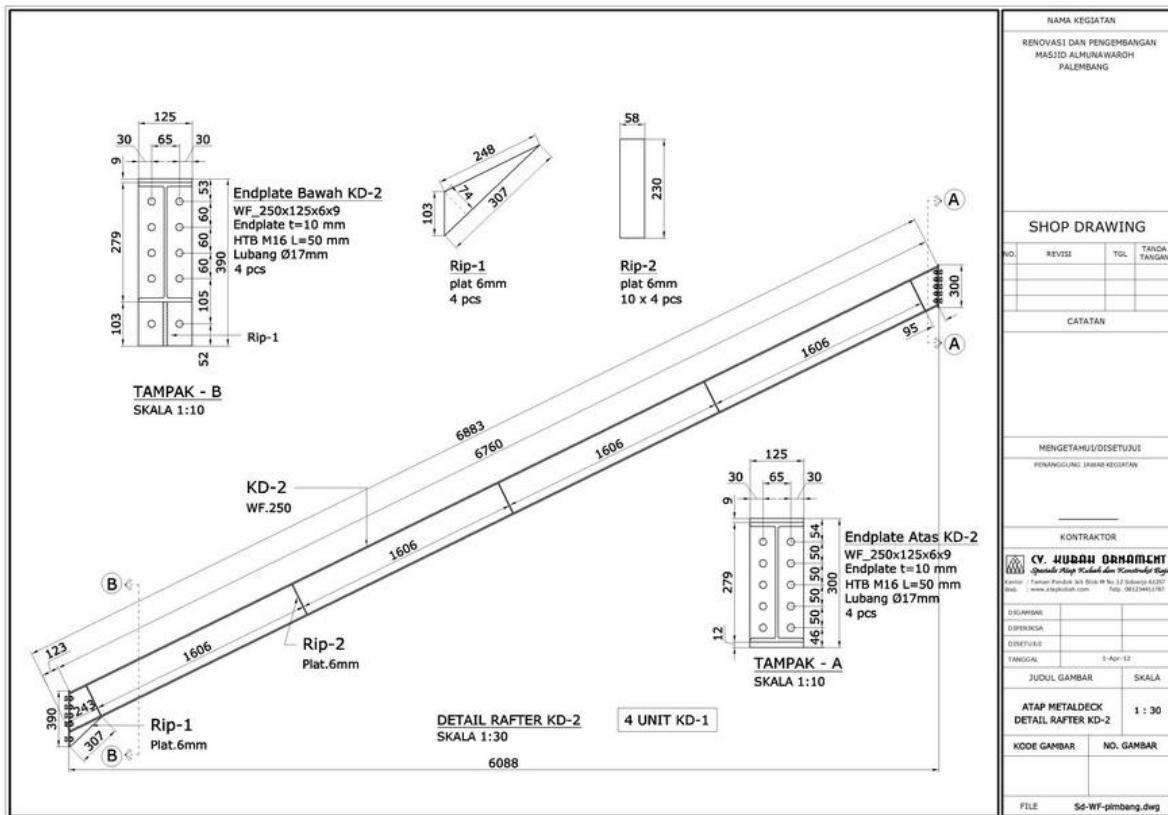
Gambar 6.1. Alur Pembuatan *Shop Drawing*

Kendala Yang terjadi dalam gambar *ShopDarwing* dalam pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

1. Terdapat Gambar yang tidak detail. Gambar kontrak sebagai bagian dari produk perencana paling tidak memiliki item-item pekerjaannya yang tergambar secara jelas. Jika kekurangan detail itu hanya tentang dimensi atau identifikasi jenis material, maka itu dapat langsung ditambahkan pada proses *shop drawing*. Tapi jika ada item pekerjaan yang sebenarnya harus ada secara sistem tapi tidak tergambar, maka perlu klarifikasi dengan pihak MK atau perencana

2. Adanya Perbedaan gambar kontrak, BQ dan RKS. Sering terjadi perbedaan antara gambar kontrak, BQ dan RKS, baik menyangkut item pekerjaan maupun volume pekerjaannya. Untuk itu shop drawing dapat berfungsi untuk memperjelas, mana yang akan dipakai. Hal ini tentunya melalui forum rapat koordinasi dengan pihak MK/owner, sehingga dicapai kesepahaman atas adanya perbedaan tersebut, yang tentunya mengacu pada tercapainya sistem yang optimal. Karena dari *shop drawing* inilah akan dihitung volume pekerjaan yang dilaksanakan.
3. Dapat memberikan acuan yang jelas dan detail. Kesepahaman terhadap pekerjaan juga diperlukan dalam pelaksanaan di lapangan. Dan ini harus dimulai dari kejelasan *shop drawing* itu sendiri, selain melalui forum sosialisasi *shop drawing* kepada tim lapangan (*site manager*, pelaksana/supervisi, subkontraktor, mandor dan pekerja).
4. Dapat mendukung Jadwal Pelaksanaan Pekerjaan (*schedule*) Shop drawing mutlak diperlukan, selain untuk kejelasan dan kesepahaman terhadap pelaksanaan pekerjaan, juga untuk menghindari kesalahan dalam pekerjaan yang berakibat pada terjadinya re-work, yang tentunya berdampak pada pembengkakan waktu dan biaya.

Gambar 6.2. Contoh Gambar *Shop Drawing*

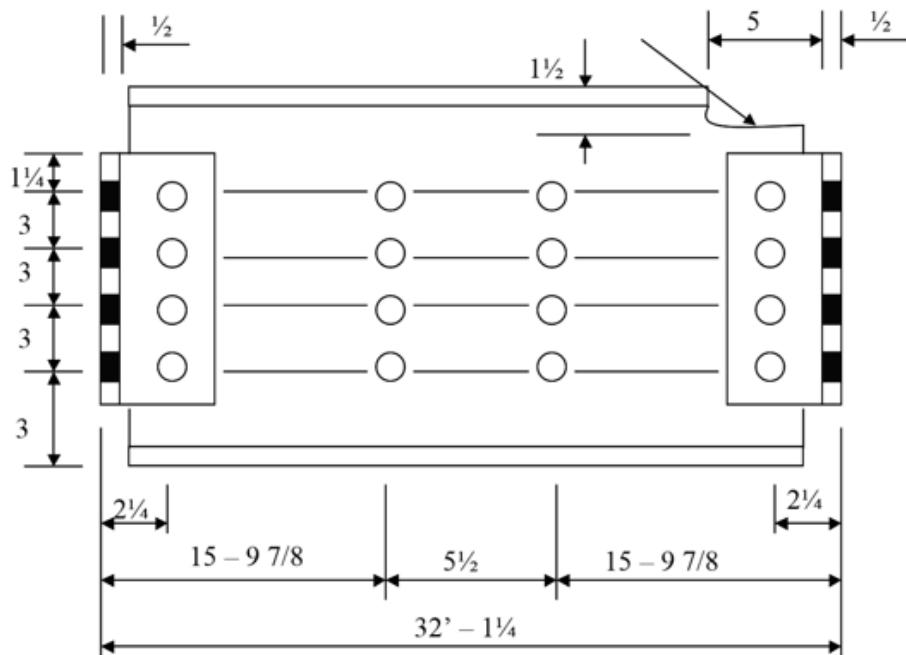


6. Pengertian gambar arsitektur

Gambar detail arsitektural : karakteristik menitik beratkan pada penjelasan bentuk rancangan elemen bangunan/ruang (proporsi, prinsip bentuk) (Dra. RR. Tjahyani Busono, MT.Modul dasar menggambar bangunan, 2008)

7. Pembacaan Gambar Kerja

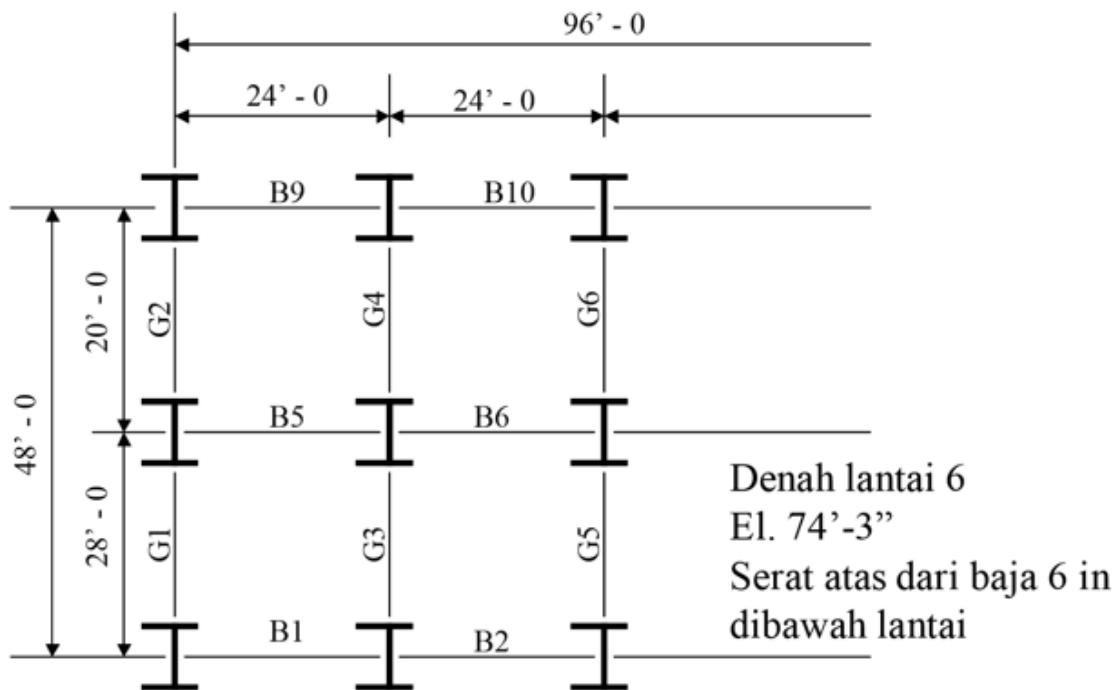
Baja struktur dirancang oleh ahli teknik bersama konsultan arsitek. Perencana membuat gambar rancangan yang memperlihatkan ukuran elemen, dimensi, dan sambungan. Sebagian dari gambar detail untuk balok baja sambungan baut diberikan dalam Gambar 6.3. Lubang dan persegi hitam menyatakan bahwa baut dipasang dilapangan, sedangkan lubang dan persegi polos/tidak hitam menyatakan bahwa sambungan dipasang dibengkel.



Balok B4F6
W16 x 40 x 32' - 1/4

Gambar 6.3. Bagian dari Gambar Detail

Dalam gambar balok, girder, dan kolom dinyatakan dengan huruf B, G, C yang diikuti dengan nomor elemen, misalnya B5, G12, dll. Pada bangunan tingkat tinggi dari rangka baja akan terdapat beberapa lantai yang identik atau hampir sama sistem rangkanya. Jadi satu rencana pelaksanaan dapat digunakan untuk beberapa lantai. Untuk situasi seperti ini notasi elemen kolom, balok, dan balok anak akan mempunyai notasi yang sama. Misalnya kolom C15(3-5) adalah kolom 15, lantai ke 3 s.d. 5, sedangkan B4F6, atau B4(6) menyatakan balok B4 lantai ke-6.



Gambar 6.4.

Bagian dari Gambar Pelaksanaan Memperlihatkan Letak Setiap Elemen

D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN

Aktivitas pembelajaran pada kegiatan pembelajaran mengevaluasi hasil pengujian mutu baja pada pekerjaan konstruksi baja adalah :

1. Mengamati

Mengamati penjelasan mengenai merencanakan gambar kerja (shop drawing) konstruksi baja dari terjemahan gambar arsitektur secara manual

2. Menanya

Mengkondisikan situasi belajar agar terbiasa mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang prinsip-prinsip gambar kerja secara manual

3. Mengumpulkan informasi/Eksperimen (mencoba)

Mengumpulkan data yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkret, dokumen,buku, praktek/praktikum) melalui penerjemahan detail gambar kerja konstruksi baja

4. Mengasosiasi/Mengolah Informasi

Mengkategorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnya menyimpulkan dengan urutan sederhana sampai kepada urutan yang lebih kompleks tentang prinsip gambar kerja

5. Mengkomunikasikan

Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang gambar kerja melalui pembuatan detail gambar kerja konstruksi baja.

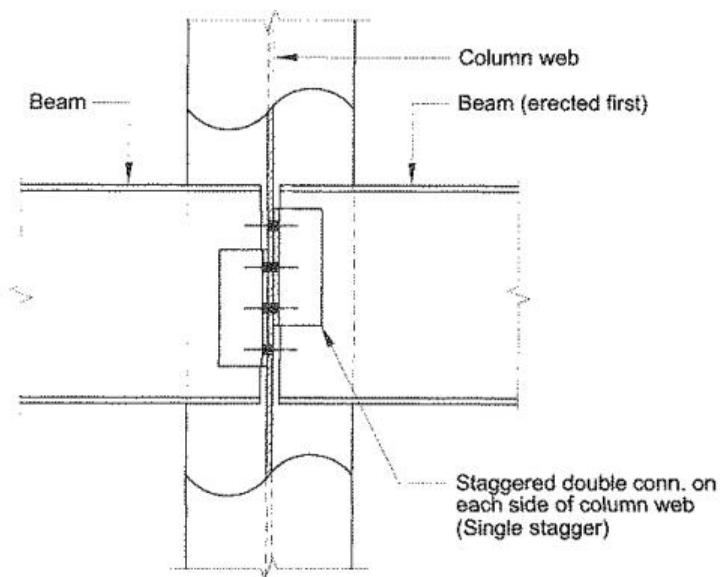
E. LATIHAN/KASUS/TUGAS

TUJUAN TUGAS:

Tugas ini bertujuan agar guru mampu menggambar detail pada konstruksi baja.

URAIAN TUGAS:

Gambarlah detail dari sambungan berikut ini :

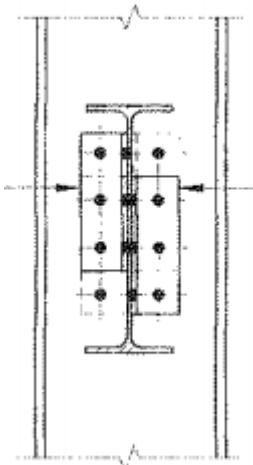


F. RANGKUMAN

Shop Drawing dapat dibuat oleh kontraktor, pemasok, produsen, subkontraktor. *Shop Drawing* biasanya diperlukan untuk prefabrikasi komponen. Contoh ini meliputi: lift, baja struktural, gulungan, pra-cor, jendela, peralatan, lemari, unit penanganan udara, dan *millwork*. Juga penting adalah gambar instalasi dan toko koordinasi MEP perdagangan seperti lembaran membutuhkan saluran kerja logam, pipa, pipa, perlindungan kebakaran, dan listrik. *Shop Drawing* biasanya

menampilkan lebih detail dari dokumen konstruksi. *Model shop drawing* biasanya sangat berbeda dari gambar arsitek.

G. KUNCI JAWABAN



F. DAFTAR PUSTAKA

APEGBC Quality Management Guidelines – Use of the APEGBC SealGuide to the Letters of Assurance in the B.C. Building Code 2006 (December 2010, Edition 5a) [Building & Safety Standards Branch, Ministry of Public Safety & Solicitor General, Province of British Columbia]

AIBC/APEGBC Practice Note 16: Professional Design and Field Review by Supporting Registered Professionals (September 2010, First Edition)

APEGBC/ABCfp Guidelines for Professional Services in the Forest Sector – Crossings (March 2005, Revised September 2008)

Agus Setiawan. **Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD** (Sesuai SNI 03-1729-2002). Penerbit Erlangga.

AISC2005.2005. *Specification for Structural Steel Building.*

ASTM A370-02. Standard Test Methods and Definition for Mechanical Testing of Steel Products

Badan Standar Nasional. 2015. Standar Nasional Indonesia **SNI 03-1729-2015**.

Jakarta

Daftar Profil Konstruksi Baja.

Laboratorium Mekanika Struktur, **Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung Menggunakan**

Marjono, Fitri. 2006. **Catatan Kuliah Struktur Baja 1.** Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.

Metoda LRFD. Penerbit ITB

Salmon, Johnson. **Struktur Baja Desain dan Perilaku Jilid 1.** Penerbit Erlangga.

Sumargo.2009. Perancangan Struktur Baja Metode LRFD Elemen Aksial. Polban. Bandung.

KEGIATAN PEMBELAJARAN 5

Merencanakan Pengawasan Pengadaan Material, Peralatan Dan Tenaga Kerja.

A. TUJUAN

Melalui modul tentang merencanakan pengawasan pengadaan material, peralatan dan tenaga kerja ini diharapkan guru dapat memahami penggunaan baja sebagai material konstruksi untuk berbagai elemen struktur, memahami konsep perencanaan struktur baja, merancang dimensi batang tarik, batang tekan dan batang lentur pada konstruksi baja berdasarkan SNI 1726-2015 mengenai perancangan struktur baja.

B. INDIKATOR

1. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang merencanakan pengawasan pengadaan material, peralatan dan tenaga kerja.
2. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang merencanakan pengawasan pengadaan material, peralatan dan tenaga kerja Guru dapat mengetahui, dan memahami penggunaan mesin uji tarik dengan benar (SNI 2837-2008).
3. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang merencanakan pengawasan pengadaan material, peralatan dan tenaga kerja Guru dapat mengetahui dan memahami tentang langkah kerja pengujian yang sesuai dengan spesifikasi teknis dan persyaratan yang berlaku (SNI 2629-1991).
4. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang

C. URAIAN MATERI

Pada proyek konstruksi, biaya material dapat mencapai separuh bahkan lebih dari biaya total proyek. Oleh karenanya manajemen material harus dilakukan

dengan sungguh-sungguh karena berpengaruh besar terhadap keuntungan dan keberhasilan suatu pekerjaan konstruksi. Perencanaan penanganan material konstruksi yang matang, baik dari segi harga, waktu pengadaan, spesifikasi ataupun kualitas, akan menjadi senjata andalan untuk memenangkan tender yang ada.

1. Manajemen dalam Pengawasan Kualitas Konstruksi Baja

a. Pengertian Manajemen Pengawasan

Manajemen pengawasan dapat diartikan sebagai kemampuan untuk memperoleh suatu hasil dalam rangka pencapaian tujuan tertentu melalui kegiatan sekelompok orang yang memiliki kemampuan atau keahlian masing-masing dalam hal ini adalah penjaminan mutu material, peralatan dan pekerja dalam konstruksi baja.

b. Fungsi Manajemen

Manajemen berfungsi untuk melaksanakan semua kegiatan yang bertujuan untuk mencapai hasil yang diinginkan. Material konstruksi meliputi semua material yang akan digunakan untuk melaksanakan kegiatan membangun suatu bangunan, yang dibedakan menjadi dua, yaitu :

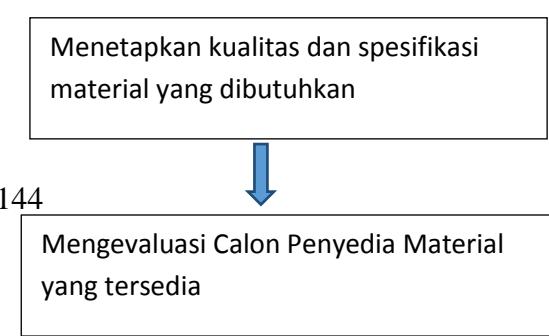
1. Material yang akan menjadi bagian tetap dari struktur dan material yang hanya dibutuhkan dalam proses pembangunan tetapi tidak akan menjadi bagian dari struktur. Manajemen material konstruksi dapat diartikan sebagai pengelolaan material yang akan digunakan untuk pelaksanaan konstruksi dengan cara atau metode tertentu agar diperoleh suatu penanganan material yang baik, yang meliputi aspek waktu, biaya, kualitas maupun spesifikasi dan jumlah material.

Manajemen material konstruksi biasanya ditangani oleh bagian pengadaan suatu organisasi manajemen proyek, baik di kantor pusat maupun di lapangan. Sedangkan koordinasi dan pengendalian mutu material

2. merupakan tanggung jawab bagian pengawasan dan pengendalian mutu. Hal-hal yang diperlukan pada pengendalian proses manajemen material konstruksi meliputi pengendalian terhadap :
 - bentuk informasi material
 - proses pembelian
 - kualitas dan spesifikasi material
 - proses produksi
 - manajemen kualitas material
 - informasi kualitas material
 - proses pemeriksaan dan pengujian material serta
 - pengendalian terhadap proses penerimaan akhir. \

Pada proses manajemen material konstruksi terdapat beberapa tahapan yang penting yang harus dilaksanakan dengan baik, yaitu:

- a. Perencanaan pembelian material, berupa perencanaan spesifikasi material, jumlah material, waktu pengadaan dan biaya pengadaan material. Perencanaan spesifikasi material berupa perincian mutuatau kualitas, ukuran, warna dan jenis material yang akan dibeli, biasanya telah ditetapkan dalam rencana kerja dan syarat-syarat pekerjaan suatu proyek konstruksi. Perencanaan jumlah material yang akan dibeli dilakukan dengan memperhatikan :



Gambar 7.1. Alur Pemeriksaan Kualitas Konstruksi Baja

- jumlah kebutuhan material untuk pelaksanaan proyek
- kemungkinan adanya material yang tidak dapat digunakan (waste material)

- kapasitas penyimpanan apabila material tidak langsung digunakan.

Perencanaan waktu pengadaan material perlu dibuat karena material yang dibutuhkan harus tersedia pada saat pekerjaan akan dilakukan. Perencanaan waktu pengadaan material harus memperhitungkan pelaksanaan pekerjaan di lapangan dengan lead time material, sehingga proyek dapat berjalan sesuai dengan *time schedule*. Perencanaan biaya pengadaan material terdiri dari biaya pembelian, biaya pengiriman dan biaya penyimpanan. Penyederhanaan sistem administrasi, penjadwalan pengiriman dan pengaturan jumlah material yang baik merupakan hal yang dapat dilakukan untuk melakukan penghematan biaya material.

b. Pembelian material, berupa pencarian informasi material yang akan dibeli dan pemilihan pemasok serta melakukan transaksi pembelian.

Informasi material yang akan dibeli berupa :

- keterangan spesifikasi material
- gambar
- harga serta informasi khusus yang ada.

Informasi dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti media cetak maupun elektronik. Pemilihan pemasok yang tepat merupakan kunci untuk mendapatkan penyediaan material dengan kualitas yang diharapkan, tepat waktu, harga yang sesuai, dukungan teknis dan pelayanan sesuai dengan yang diharapkan. Transaksi pembelian dilakukan setelah bagian pengadaan material menetapkan jenis material dan pemasok yang dipilih. Transaksi pembelian sebaiknya diawali dengan penandatanganan kontrak pembelian yang antara lain berisi spesifikasi material, jumlah material, harga, syarat dan waktu pembayaran, tanggal pengiriman ke lokasi proyek, serta ketentuan-ketentuan lain sesuai dengan kesepakatan dari kedua pihak pelaku transaksi.

c. Pengiriman material ke lokasi proyek atau tempat penyimpanan material, dapat dilakukan oleh pihak pemasok material atau dilakukan sendiri oleh bagian pengadaan, sesuai dengan perjanjian yang tertera pada kontrak pembelian.

Pengiriman material sangat berpengaruh pada mutu dan waktu persediaan material, oleh karena itu kontrol terhadap proses pengiriman material harus dilakukan dengan baik untuk memastikan pengiriman yang sesuai jadwal dan cara pengiriman yang tidak mengurangi mutu material.

d. Penerimaan material, merupakan tahap transisi, ditandai dengan selesainya proses pembelian material, untuk selanjutnya disimpan dan siap digunakan untuk kegiatan konstruksi. Pemeriksaan material yang teliti diperlukan sebelum material diputuskan untuk diterima. Ketelitian pada saat pemeriksaan akhir sebelum material diterima dibutuhkan agar tidak terjadi kerugian dari segi kualitas maupun kuantitas material.

e. Penyimpanan material harus dijaga dan dilakukan dengan cara yang benar sebelum digunakan untuk mencegah terjadinya kehilangan dan kerusakan yang dapat menyebabkan material tidak dapat digunakan.

Keamanan selama proses penyimpanan material dan kesiapan yang meliputi kesiapan untuk menerima material dan menyerahkannya ke bagian pelaksanaan pekerjaan merupakan hal yang penting dalam penyimpanan material.

Prosedur penyimpanan setiap jenis material harus ditetapkan dengan jelas, sehingga kontrol terhadap proses penyimpanan dapat dilakukan dengan mudah dan berlandaskan langkah dan ketentuan yang terdapat pada prosedur penyimpanan yang ada.

f. Penyerahan material untuk pelaksanaan konstruksi harus dilakukan pada waktu yang tepat sehingga pekerjaan tidak tertunda, dengan cara yang benar agar tidak merusak material dan mengganggu pelaksanaan pekerjaan. Pengendalian harus dilakukan pada setiap tahap proses yang ada, sehingga kualitas, kuantitas, waktu pengadaan dan biaya material sesuai dengan yang direncanakan atau bahkan dapat lebih baik.

Pengendalian dilakukan dengan prosedur yang baik sehingga dapat dijalankan tanpa adanya kendala dalam pelaksanaannya dan dapat menghasilkan suatu penanganan material konstruksi yang baik sehingga secara umum dapat melancarkan pelaksanaan kegiatan proyek konstruksi.

Pembelian material konstruksi dari pemasok menjadi hal yang penting karena sebagian besar material yang diperlukan untuk kegiatan konstruksi diperoleh dengan cara membeli. Proses pembelian harus ditangani dengan sungguh-sungguh, mulai perencanaan pembelian, pembelian sampai dengan proses pengiriman material ke lokasi.

Kegiatan pembelian mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap manajemen proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu, bagian pengadaan material juga harus bertanggung jawab terhadap mutu material, harga dan waktu penyerahan yang tepat untuk pelaksanaan pembangunan.

Pada tahap pembelian material, bagian pengadaan akan melakukan seleksi untuk memilih pemasok yang akan diajak bekerja sama. Faktor yang dipertimbangkan dalam memilih pemasok terdiri dari keadaan umum pemasok, keadaan pelayanan pemasok dan keadaan material dari pemasok. Keadaan material dari pemasok merupakan faktor terpenting yang dipertimbangkan, yang terdiri dari :

- kualitas material
- kesesuaian dengan spesifikas

- harga material
- keseragaman materia
- jaminan yang diberikan
- publikasi hasil pengujian.

Saat material baja sudah berada di lokasi proyek, maka harus dilakukan beberapa persyaratan pengawasan untuk memastikan baja yang digunakan sesuai dengan kualitas yang disyaratkan :

1. Semua material yang digunakan harus baru dengan kualitas terbaik dengan persyaratan dan disetujui oleh pengawas. Pengawas berhak untuk meminta diadakan pengujian atas bahan-bahan tersebut dan pelaksana harus bertanggungjawab atas segala biaya yang dikeluarkan untuk hal tersebut.
2. Pola (mal) pengukuran dan peralatan-peralatan yang dibutuhkan untuk menjamin ketelitian harus disediakan oleh pelaksana. Semua pengukuran harus dilaksanakan dengan menggunakan pita baja yang telah disetujui oleh pengawas, ukuran-ukuran dari pekerjaan baja yang tertera pada gambar rencana dianggap ukuran pada suhu 35° C.

Secara Teknis, material baja yang akan digunakan harus memenuhi syarat berikut :

1. Baja struktur harus mempunyai mutu sesuai dengan ASTM A36 dengan $E=2800 \text{ Kg/cm}^2$.
2. Baut, mur dan ring dari jenis *High strength* ASTM A325 *galvanized* atau sekurang-kurangnya dari standar FE 360 (ST. 37). Semua baut dan mur mempunyai kepala yang tepat, konsentris dan siku terhadap batangnya, dengan kepala serta mur yang berbentuk horizontal. Batang baut harus lurus dan baik, dengan diameter ring yang digunakan tertera dalam gambar rencana. Diameter ring yang digunakan 1,5 mm lebih besar dari diameter baut. Untuk diameter steel, harus dari baut hitam dengan diameter 1,5 mm lebih besar dari diameter lubang yang dipergunakan.

3. Pengelasan dengan *Acrh Welding Electrodes* sesuai AWS A.S.5-69.
4. Semua baja yang digunakan harus sesuai bentuk, ukuran dan ketebalannya serta tahan dari karat, cacat karena tumbukan, tekuk atau puntir, dengan berat sesuai dengan gambar rencana.
5. Semua material baja harus diperoleh dari *supplier* yang dapat dipertanggungjawabkan dengan disertai sertifikat dari pabrik. Pelaksana harus menyerahkan data mengenai produksi baja, meliputi :
 - a. Tahan produksi.
 - b. Hasil pengujian (*test report*) dari semua jenis-jenis pengujian yang dibutuhkan berhubungan dengan semua bagian konstruksi baja.

3. Kualitas pekerja dan pekerjaan

1. Pekerjaan ini mencakup segala sesuatu yang dibutuhkan untuk pelaksanaan konstruksi baja secara lengkap sesuai dengan gambar rencana dan persyaratan teknis ini.
Pekerjaan ini meliputi penyediaan semua material, peralatan, tenaga kerja, upah dan fabrikasi konstruksi baja. Yang termasuk dalam fabrikasi struktur baja adalah gording, plat penyambung, trekstang, ring mur baut, ikatan angin, penggantung talang, kanopi, dan lain-lain.
2. Pelaksanaan pekerjaan pengecatan (*protective painting*) pada seluruh bidang konstruksi.
3. Pengangkutan dari tempat fabrikasi ke lokasi pekerjaan.
4. Penyimpanan pada tempat-tempat yang terlindung (beratap) dan diletakkan diatas landasan kayu.
5. *Erection* pemasangan konstruksi baja sampai keseluruhan komponen terpasang sesuai dengan gambar rencana.

4. Kualitas Pabrikasi

Sebelum fabrikasi dilakukan maka pelaksana harus mengajukan gambar kerja (*shop drawing*) sesuai dengan gambar rencana untuk disetujui oleh

pengawas dan pelaksana tidak diperkenankan memulai pekerjaan sebelum gambar rencana kerja tersebut disetujui, antara lain:

- a. Dimensi *lay out* dalam metrik.
 - b. Tipe dan lokasi sambungan.
 - c. Daftar baut atau sambungan las secara detail.
 - d. Dimensi bagian konstruksi, bentuk detail dan berat untuk setiap unit konstruksi.
1. Pelaksana harus meminta ijin dan persetujuan dari pengawas dari batasan toleransi yang akan digunakan sehubungan dengan fabrikasi dan fabrikasi harus dilaksanakan dalam batasan toleransi yang disetujui.
 2. Untuk konstruksi baja yang lebih pendek dari 10 meter, toleransi ketepatan yang digunakan dari bagian-bagiannya yang tidak boleh lebih dari 1.5 mm menurut detail, sedangkan bentuk bagian yang lebih panjang, tidak boleh menyimpang dari 3 meter.
 3. Bagian-bagian yang mengalami batang tekan tidak boleh mempunyai deviasi kelurusinan lebih dari 1/1000 panjang jarak tumpuan.
 4. Fabrikasi harus dilaksanakan oleh tenaga ahli yang berpengalaman sesuai macam pekerjaan dan mempunyai sertifikat sehingga dapat diperoleh mutu pekerjaan yang sesuai standar, rapi dan sempurna.
 5. Fabrikasi harus dilaksanakan dalam bengkel (*workshop*) yang mempunyai persyaratan terlindung dari pengaruh cuaca dan banjir. Pelaksana harus membuat bengkel dilapangan sesuai dengan ruang lingkup pekerjaan dengan persetujuan pengawas. Apabila fabrikasi diluar lokasi, maka pelaksana harus menanggung pelaksanaan pekerjaan tersebut.
 6. Pemotongan harus dilakukan dengan menggunakan mesin potong dari kualitas terbaik atau bila disetujui pengawas dapat dilakukan dengan las potong yang cukup memadai dengan ketentuan bahwa ujung bekas potongan harus digerinda sampai halus dan rata permukaannya.
 7. Pengelasan

Las yang digunakan harus setara dengan las busur nyala terlindung dengan mutu las E70. Ukuran elektroda yang dipilih harus sesuai dengan ukuran las yang akan dibuat.

Tata laksana pengelasan :

1. Logam dasar yang akan disambungkan harus bersih dari segala macam kotoran.
2. Sebelum dilas harus dipastikan garis las yang akan dibuat, untuk menghindari terjadinya eksentrisitas tambahan.
3. Sebelum digunakan elektroda harus dipanggang terlebih dahulu sampai uap air yang ada dipastikan hilang/kering.
4. Tidak diperkenankan melakukan pendinginan mendadak.
5. Untuk menghindari pelengkungan logam dasar, pengelasan harus dilakukan selang-seling, bergantian, sampai akhirnya penuh.

Untuk pengawasan peralatan maka harus diperhatikan adalah kontraktor diwajibkan menyediakan peralatan, bahan, tenaga yang diperlukan, pelaksanaan pengelasan bias menghabiskan kualitas seperti yang diharapkan. Peralatan yang dipergunakan harus dalam keadaan yang baik. Jenis dan jumlah peralatan yang digunakan harus sesuai dengan spesifikasi las dan disetujui oleh pengawas.

D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN

Aktivitas pembelajaran pada kegiatan merencanakan pengawasan pengadaan material, peralatan dan tenaga kerja adalah :

1. Mengamati
Mengamati penjelasan mengenai merencanakan pengawasan pengadaan material, peralatan dan tenaga kerja
2. Menanya

Mengkondisikan situasi belajar agar terbiasa mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang prinsip-prinsip merencanakan pengawasan pengadaan material, peralatan dan tenaga kerja

3. Mengumpulkan informasi/Eksperimen (mencoba)

Mengumpulkan data yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkret, dokumen,buku, praktek/praktikum) melalui merencanakan pengawasan pengadaan material, peralatan dan tenaga kerja

4. Mengasosiasi/Mengolah Informasi

Mengkategorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnya menyimpulkan dengan urutan sederhana sampai kepada urutan yang lebih kompleks tentang prinsip merencanakan pengawasan pengadaan material, peralatan dan tenaga kerja

5. Mengkomunikasikan

Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang merencanakan pengawasan pengadaan material, peralatan dan tenaga kerja

E. LATIHAN/KASUS/TUGAS

TUJUAN TUGAS:

Guru dapat memahami alur untuk merencanakan pengawasan pengadaan material, peralatan dan tenaga kerja

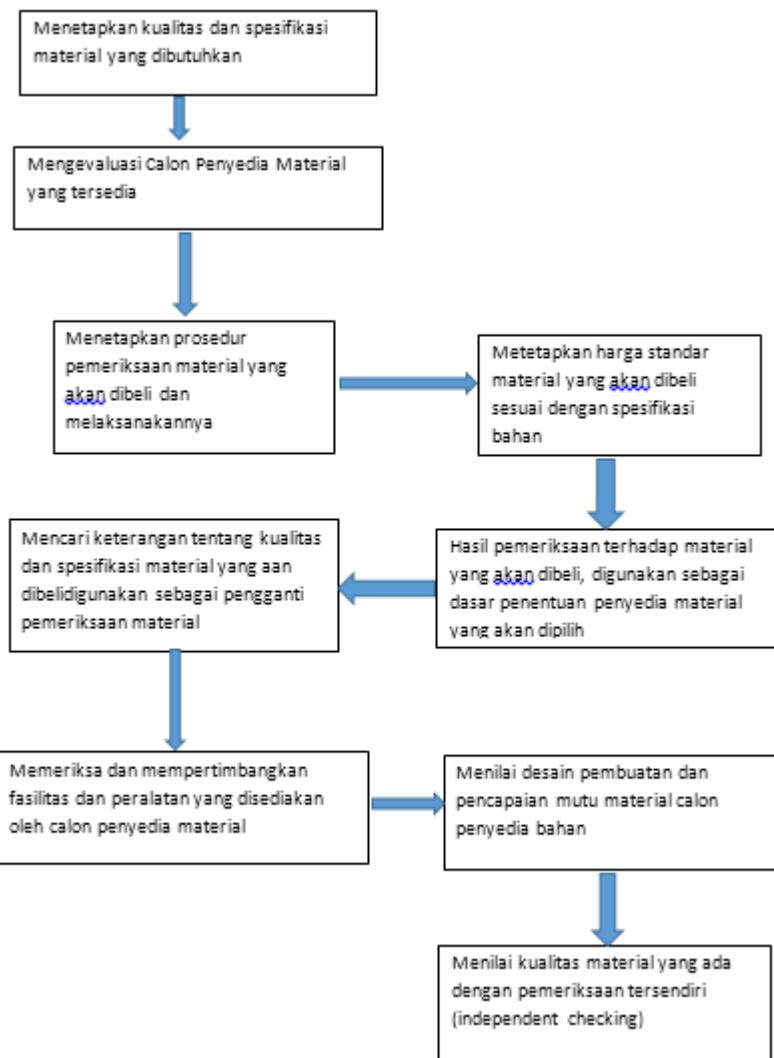
URAIAN TUGAS:

Uraikanlah alur perencanaan pengawasan material pada konstruksi baja

F. RANGKUMAN

Pada proyek konstruksi, biaya material dapat mencapai separuh bahkan lebih dari biaya total proyek. Oleh karenanya manajemen material harus dilakukan dengan sungguh-sungguh karena berpengaruh besar terhadap keuntungan dan keberhasilan suatu pekerjaan konstruksi. Perencanaan penanganan material konstruksi yang matang, baik dari segi harga, waktu pengadaan, spesifikasi ataupun kualitas, akan menjadi senjata andalan untuk memenangkan tender yang ada.

G. KUNCI JAWABAN



G. DAFTAR PUSTAKA

Agus Setiawan. **Perencanaan Struktur Baja dengan Metode LRFD** (Sesuai SNI 03-1729-2002). Penerbit Erlangga.

AISC2005.2005. *Spesification for Structural Steel Building.*

ASTM A370-02. Standard Test Methods and Defenition for Mechanical Testing of Steel Products

Badan Standar Nasional. 2015. Standar Nasional Indonesia **SNI 03-1729-2015. Jakarta**

Daftar Profil Konstruksi Baja.

Laboratorium Mekanika Struktur, **Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung Menggunakan**

Marjono, Fitri. 2006. **Catatan Kuliah Struktur Baja 1.** Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.

Metoda LRFD. Penerbit ITB

Salmon, Johnson. **Struktur Baja Desain dan Perilaku Jilid 1.** Penerbit Erlangga.

Sumargo.2009. Perancangan Struktur Baja Metode LRFD Elemen Aksial. Polban. Bandung.

Dep.PU. 2008. Pedoman Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung no.24

KEGIATAN BELAJAR 6

Merencanakan Pengecatan Ulang Bangunan

A. TUJUAN

Melalui modul tentang merencanakan pengecatan ulang bangunan ini diharapkan guru dapat memahami penggunaan baja sebagai material konstruksi untuk berbagai elemen struktur, memahami konsep perencanaan struktur baja, merancang dimensi batang tarik, batang tekan dan batang lentur pada konstruksi baja berdasarkan SNI 1726-2015 mengenai perancangan struktur baja.

B. INDIKATOR

1. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang pengecatan ulang bangunan.
2. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang pengertian, tujuan dan syarat-syarat pelaksanaan pengecatan ulang bangunan dengan benar (SNI 2837-2008).
3. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang pengecatan ulang bangunan
4. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang langkah pengecatan ulang bangunan.
5. Guru dapat mengetahui dan memahami tentang langkah kerja pengecatan ulang bangunannya yang tahapan pelaksanaannya berkaitan dengan Kesehatan dan Keselamatan Kerja serta ramah terhadap lingkungan hidup.

C. URAIAN MATERI

Ketentuan Pengecatan Berdasarkan SNI-1729-2015

1. Persyaratan Umum

Pengecatan tidak diperlukan kecuali disyaratkan dalam dokumen kontrak.

2. Permukaan yang Tidak Dapat Diakses

Kecuali untuk permukaan kontak, permukaan yang tidak dapat diakses setelah perakitan harus dibersihkan dan dicat sebelum dirakit, jika diminta dalam *dokumen pelaksanaan*

3. Permukaan Jadi

Permukaan yang difinish dengan mesin harus dilindungi terhadap korosi dengan pelapisan tahan karat yang dapat dihilangkan sebelum ereksi, atau pelapisan yang memiliki karakteristik tidak memerlukan penghapusan sebelum ereksi.

4. Permukaan yang Berdekatan dengan Las Lapangan

Kecuali disyaratkan lain dalam dokumen desain, permukaan di dalam 2 in. (50 mm) dari setiap lokasi las lapangan harus bebas dari material yang akan mencegah pengelasan yang tepat atau menghasilkan bau yang tajam yang tidak menyenangkan selama pengelasan.

Merencanakan Pengecatan Ulang Bangunan

Merencanakan pengecatan ulang bangunan merupakan salah satu upaya perawatan bangunan gedung sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.24/PRT/M/2008 Tanggal 30 Desember 2008 dengan tujuan :

1. Memelihara secara baik dan teratur unsur-unsur struktur bangunan gedung dari pengaruh korosi, cuaca, kelembaban, dan pembebanan di luar batas kemampuan struktur, serta pencemaran lainnya.
2. Memelihara secara baik dan teratur unsur-unsur pelindung struktur.
3. Melakukan pemeriksaan berkala sebagai bagian dari perawatan preventif (*preventive maintenance*).
4. Mencegah dilakukan perubahan dan/atau penambahan fungsi kegiatan yang menyebabkan meningkatnya beban yang berkerja pada bangunan gedung, di luar batas beban yang direncanakan.
5. Melakukan cara pemeliharaan dan perbaikan struktur yang benar oleh petugas yang mempunyai keahlian dan/atau kompetensi di bidangnya

6. Memelihara bangunan agar difungsikan sesuai dengan penggunaan yang direncanakan.

Material baja memiliki kuat tarik dan daktalitas yang tinggi dan lebih ringan dibanding material yang lain, namun baja mempunyai kekurangan antara lain :

1. Umumnya material baja sangat rentan terhadap korosi jika dibiarkan terjadi kontak dengan udara dan air sehingga perlu dicat secara periodik.
2. Meskipun baja tidak mudah terbakar tetapi kekuatannya menurun drastis jika terjadi kebakaran. Selain itu baja juga merupakan konduktor panas yang baik sehingga dapat menjadi pemicu kebakaran pada komponen lain. Akibatnya, portal dengan kemungkinan kebakaran tinggi perlu diberi pelindung. Ketahanan material baja terhadap api dipersyaratkan dalam Pasal 14 SNI 03-1729-2002

Kapan struktur baja harus dicat ?

Sebagaimana yang dinyatakan dalam AISC M33.1.tahun 2005 dan SNI-1729-2015 bahwa cat dasar tidak dibutuhkan jika tidak dinyatakan dalam dokumen kontrak. Oleh karena itu, baja struktur pabrikasi umumnya tidak dicat kecuali terdapat ketentuan harus dicat terteta dalam dokumen kontrak.

Pada struktur bangunan, baja tidak perlu dicat jika akan ditutup dengan finishing, atau dilapisi dengan lapisan tahan api, atau dilapisi dengan beton. Dalam keadaan tertutup demikian, maka baja berada dalam lingkungan yang terkontrol. Jika baja berada di ruangan yang terekspos udara luar atau dipengaruhi oleh lingkungan,baja harus dilindungi dari korosi dengan mengecat atau sejenisnya. Begitu juga,baja harus dilindungi dari korosif menggunakan aplikasi/cara khusus seperti baja tertanam dalam lingkungan korosif atau berada di lingkungan bergaram.

1. Pengecatan Baja

Terdapat dua jenis pengecatan baja structural

1. Pengecatan awal

Pengecatan awal yaitu pengecatan yang dilakukan pada konstruksi baja yang baru dibangun.

Batang baja baru biasanya sudah diberi lapisan pertama atau cat dasar setelah baja tersebut dipabrikasi dan masih berada di lokasi pabrikasi atau toko. Cat ini kadang disebut sebagai shop coat. Batang-batang tersebut kemudian akan dicat kembali di lapangan-sebanyak 1 atau 2 lapis- dan lapisan ini disebut sebagai lapisan lapangan.

2. Pengecatan ulang

Pengecatan ulang yaitu pengecatan dengan tujuan perawatan. Pengecatan ulang bisa jadi sangat mudah seperti mengecat langsung di atas lapisan lama atau bisa menjadi kompleks seperti melibatkan kegiatan mengikis cat lama dan mengecat ulang semua lapisan.

Dalam hal pengecatan, tetap harus diperhatikan keselamatan pekerja, polusi air dan udara, pengontrolan semprotan dan pembuangan limbah sisa cat. Faktor-faktor tersebut dapat berpengaruh pada keselamatan umum. Untuk itu dalam pengecatan harus diperhatikan semua spesifikasi dan peraturan mengenai masalah ini.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pengecatan adalah :

1. Memastikan bahwa cat yang digunakan cocok dengan spesifikasi yang disyaratkan. Cat harus diperiksa terhadap kemasan dan label.
2. Memeriksa kualitas cat dalam container/kaleng cat dan mengambil sample cat untuk diuji.
3. Cat harus dipastikan tidak mengeras atau membentuk lapisan film (tipis) atau menggumpal saat pertama kali dibuka atau saat kembali dibuka setelah beberapa lama. Saat diaduk, cat harus terlihat halus, seragam. Jika tidak terlihat memiliki kualitas seperti yang dijelaskan, maka cat harus dikembalikan ke supplier.
4. Pencampuran cat harus dilakukan sesuai dengan saran/rekomendasi dari pabrik.
5. Selalu memastikan tanggal lama penyimpanan cat yang terlihat di label tidak terlampaui. Terutama untuk proyek dengan skala besar maka harus

- dipastikan sampel cat memenuhi semua persyaratan dengan melakukan pemeriksaan di laboratorium terkait.
6. Pengecatan tidak boleh dilakukan pada temperature yang terlalu dingin,dalam kondisi berdebu, berangin atau kelembapan yang terlalu tinggi.

4. Menyiapkan Permukaan Struktur Baja Yang Akan Dicat

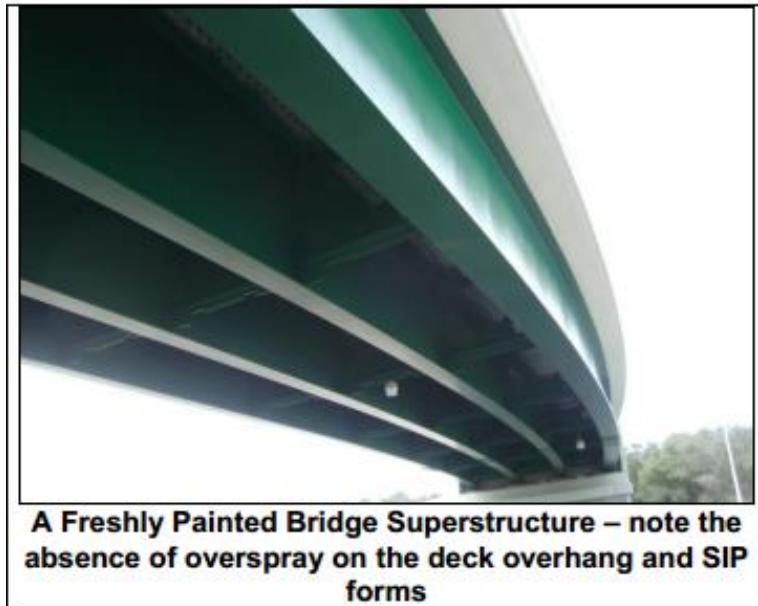
Jika pengecatan dilakukan untuk pertama kalinya, maka batang-batang/profil baja akan diantarkan dengan cat primer terlebih dahulu. Yang harus dilakukan saat material sampai di lapangan adalah :

1. Memeriksa apakah terdapat kerusakan pada lapisan awal selama pengiriman/pengapalan. Jika diketahui terdapat kerusakan pada cat primer, maka harus dilapisi dan pastikan bahwa cat pelapis tersebut adalah cat yang sama yang diberikan di pabrik.



A Primed Plate Girder Arriving from the Fabrication Facility

Gambar 8.1. Profil Baja yang didatangkan dari Pabrik



Gambar 8.2. Profil Baja dengan cat primer

Sebelum melapis cat, pastikan tidak ada debu, kotoran, minyak, oli atau materia lain pada permukaan lapisan awal untuk memastikan bahwa lapisan berikutnya yang dicat ulang akan menyatu dengan baik. Perhatikan permukaan mendatar atau permukaan yang memungkinkan terjadi penumpukan atau pelekatan debu proyek. Permukaan ini biasanya tidak terlihat dan sangat mudah terlewatkan selama proses pembersihan

5. Pekerjaan Pengecatan Ulang untuk Pemeliharaan

Untuk pekerjaan pemeliharaan cat, terdapat beberapa persiapan yang harus diiperhatikan terutama karena pengecatan ulang biasanya lebih rumit dan sulit karena cat yang sudah ada harus dikupas atau dibersihkan terlebih dahulu. Pengelupasan bisa menggunakan cara yang paling mudah yaitu mengelupasnya dengan alat biasa atau menggunakan alat pengelupas besar atau mesin shot blasting. Cat yang sudah dikelupas harus dibuang secepatnya dengan memperhatikan aturan pembuangan limbah konstruksi. Untuk

memastikan semua material sudah dikumpulkan dengan baik,maka lokasi pekerjaan harus ditutup dengan tenda sementara untuk memastikan tidak ada limbah cat yang mencemari udara. Jika limbah cat mengandung zat berbahaya dan beracun, maka pekerja harus menggunakan masker dengan oksigen.

Jika selama proses pengerajan ada peraturan yang dilanggar,maka laporkan ke manejer proyek sehingga dapat dilakukan tindakan yang sesuai,karena semua prosedur berkaitan dengan keselamatan kerja. Selain itu juga dipastikan penanganan pembersihan seragam pekerja dari limbah yangn harus dipatuhi demi kesehatan para pekerja



Gambar 8.3.Proses Perlindungan Lingkungan Saat Pengecatan

Untuk menghindari lingkungan dan benda-benda di sekitar wilayah penngecatan seperti bangunan, rumah, kendaraan, perahu, air terkena percikan cat saat pengecatan dilakukan, maka harus dilakukan isolasi terhadap struktur yang dicat. Seringkali, pengecatan dilakukan pada ketinggian tertentu di mana terdapat pengaruh tiupan angina sehingga membawa sisa-sisa semprotan cat dan mengenai benda-benda yang berdekatan dengannya. Untuk itu kontraktor harus menyediakan penutup untuk menghindari semprotan cat yang

berlebih. Kalaupun kontraktor tidak menggunakan cat semprot misalnya menggunakan cat basah dengan kuas atau roller maka, sisa-sisa cat dapat saja jatuh dan menimpa kendaraan, perahu atau objek lainnya.

Hal ini harus diperhatikan dengan seksama karena jika tidak, maka akan terjadi kerusakan pada area umum dan hak milik pribadi yang akan memunculkan dampak negative hubungan antara masyarakat, pemerintah dan kontraktor. Jika tidak dilaksanakan, maka dapat dilaporkan ke manajer proyek.

Cat kuas

Saat menggunakan cat dengan kuas, pengecatan harus dilakukan hingga mencapai semua celah dan sudut yang ada. Semua lengkungan juga harus dicat secepatnya. Daerah yang sulit dicapai oleh kuas bisa dicat menggunakan kuas tipis. Pengadukan yang baik harus dipastikan dan jika diperlukan bisa digunakan adukan mekanik untuk mendapatkan adukan yang sempurna.



Gambar 8.4.Pengecatan dengan kuas

Cat Semprot

Penyemprotan harus bersih dan rapi. Penyemprot yang bersih dapat menghindarkan cat yang kering merusak cat lapisan akhir. Penyemprot harus diarahkan ke sudut yang benar ke permukaan yang akan dicat dan dengan jarak yang tepat. Penyemprotan dilakukan perlapisan dengan catatan lapisan yang satu harus sudah kering sebelum dilakukan semprotan berikutnya.



A Caulked Field Connection

Gambar 8.5.Pengecatan Semprot

D. AKTIVITAS PEMBELAJARAN

Aktivitas pembelajaran pada kegiatan pembelajaran merencanakan pengecatan ulang bangunan adalah :

1. Mengamati

Mengamati penjelasan mengenai merencanakan pengecatan ulang bangunan

2. Menanya

Mengkondisikan situasi belajar agar terbiasa mengajukan pertanyaan secara aktif dan mandiri tentang prinsip-prinsip merencanakan pengecatan ulang bangunan
Mengumpulkan informasi/Eksperimen (mencoba)

Mengumpulkan data yang dipertanyakan dan menentukan sumber (melalui benda konkret, dokumen,buku, praktek/praktikum) melalui studi literatur untuk menjawab pertanyaan yang diajukan tentang prinsip-prinsip merencanakan pengecatan ulang bangunan

3. Mengasosiasi/Mengolah Informasi

Mengkategorikan data dan menentukan hubungannya, selanjutnya menyimpulkan dengan urutan sederhana sampai kepada urutan yang lebih kompleks tentang prinsip merencanakan pengecatan ulang bangunan

4. Mengkomunikasikan

Menyampaikan hasil konseptualisasi tentang merencanakan pengecatan ulang bangunanmelalui laporan.

E. LATIHAN/KASUS/TUGAS

TUJUAN TUGAS:

.Guru dapat memahami pelaksanaan dan prosedur pengecatan ulang pada struktur baja

URAIAN TUGAS:

- 1) Profil baja harus sampai di lokasi proyek dengan lapisan _____sudah diberikan.
- 2) Salah atau benar: lapisan awal yang rusak harus dilapisis kembali secepatnya.
- 3) Haruskah semua material bekas pengelupasan cat dibuang dengan baik dan tidak mencemari lingkungan
- 4) Kenapa diharuskan untuk melakukan pembuangan sesuai dengan peraturan
- 5) Salah atau benar : jika menggunakan cat kuas maka tidak diperlukan perlindungan terhadap lingkungan/benda di sekitarnya.
- 6) Haruskah kesalahan dalam penanganan limbah cat dilaporkan ke project manager

F. RANGKUMAN

Pada struktur bangunan, baja tidak perlu dicat jika akan ditutup dengan finishing, atau dilapisi dengan lapisan tahan api, atau dilapisi dengan beton. Dalam keadaan tertutup demikian, maka baja berada dalam lingkungan yang terkontrol. Jika baja berada di ruangan yang terekspos udara luar atau dipengaruhi oleh lingkungan, baja harus dilindungi dari korosi dengan mengecat atau sejenisnya. Begitu juga, baja harus dilindungi dari korosi menggunakan aplikasi/cara khusus seperti baja tertanam dalam lingkungan korosif atau berada di lingkungan bergaram.

G. KUNCI JAWABAN

- 1) primer
- 2) benar
- 3) ya
- 4) merusak lingkungan
- 5) salah
- 6) ya

H. DAFTAR PUSTAKA

Badan Standar Nasional. 2015. Standar Nasional Indonesia **SNI 03-1729-2015**.

Jakarta

Bigos, J., G.W. Smith, E.F. Ball, and P.J. Foehl, 1954, "Shop Paint and Painting Practice,"

Salmon, Johnson. **Struktur Baja Desain dan Perilaku Jilid 1**. Penerbit Erlangga.

Sumargo.2009. Perancangan Struktur Baja Metode LRFD Elemen Aksial. Polban. Bandung.

Proceedings of the 1954 AISC National Engineering Conference, AISC, Chicago, IL.

FEMA-353. 2000. Recommended Specification and Quality Assurance Guidelines for Steel

BAB IV

PENUTUP

1. Modul pasca UKG (Ujian Kompetensi Guru) yang membahas tentang
 - Mengevaluasi hasil pengujian mutu baja pada pekerjaan konstruksi baja.
 - Merancang dimensi kontsruksi baja
 - Menentukan beban dan pembebahan pada konstruksi baja
 - Merencanakan gambar kerja (*shop drawing*) konstruksi baja dari terjemahan gambar arsitektur secara manual.
 - Merencanakan pengawasan pengadaan material, peralatan dan tenaga kerja
 - Merencanakan pengecatan ulang bangunandiharapakan dapat berguna bagi anda dalam mengembangkan kompetensi dan meningkatkan kemampuan anda pada level berikutnya.
2. Dengan mengetahui dan memahami tentang topik di atas diharapkan Anda sudah memiliki dasar dan panduan. Anda dapat mengembangkan materi-materi berkaitan dengan mengevaluasi hasil pengujian mutu baja pada pekerjaan konstruksi baja, merancang dimensi kontsruksi baja, menentukan beban dan pembebahan pada konstruksi baja, merencanakan gambar kerja (*shop drawing*) konstruksi baja dari terjemahan gambar arsitektur secara manual, merencanakan pengawasan pengadaan material, peralatan dan tenaga kerja, merencanakan pengecatan ulang bangunan. Modul ini masih butuh pengembangan sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dari hari ke hari.
3. Modul ini juga diharapkan akan membantu anda dalam belajar secara mandiri dan mengukur kemampuan diri sendiri sehingga nantinya anda dapat meningkatkan kemampuan ke level berikutnya.

BAB V

EVALUASI

Pada bagian evaluasi ini, ada 3 jenis latihan yang akan diberikan untuk mengukur kemampuan anda, yaitu:

1. Kognitif skill
 - a. Jelaskan secara tepat dan singkat tentang keunggulan menggunakan metode Load Resistance Factor Design dibandingkan Allowable Stress Design
 - b. Jelaskan tentang pengaruh pembebanan tarik pada baja.
 - c. Jelaskan secara tepat dan singkat tentang metode pengawasan material dan pekerja di lapangan
 - d. Jelaskan secara tepat dan singkat tentang metode pengecatan ulang yang baik
2. Psikomotor Skill
 - a. Lakukan pengujian baja tarik di laboratorium
 - b. Lakukan pembuatan gambar detail *shop drawing* untuk sambungan struktur/ konstruksi baja
 - c. Lakukan perencanaan dan perhitungan batang tarik , tekan dan lentur untuk mengetahui dimensi masing-masing batang tersebut.
3. Atitude Skill

Sebagai sebuah tim dalam melakukan pekerjaan atau praktik pengujian baja tarik dan perencanaan dimensi konstruksi baja, bagaimana cara anda menanamkan rasa ketaqwaan kepada tuhan yang maha esa, rasa tanggung jawab, kebersamaan, kemandirian, kejujuran dan kedisiplinan?