



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN  
2016

## MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian  
**Teknik Konstruksi Kayu**



Pedagogik : Pengembangan Strategi Pembelajaran  
Profesional : Perencanaan Gambar Konstruksi Kayu



**KELOMPOK  
KOMPETENSI**





## MODUL GURU PEMBELAJAR

# Paket Keahlian Teknik Konstruksi Kayu

**Penyusun :**  
Drs. Juniman Silalahi, M.Pd  
UNP Padang  
[silalahijunimas@gmail.com](mailto:silalahijunimas@gmail.com)  
08126720156

**Reviewer :**  
Ika Puji Hastuti, ST., MT  
USU Medan  
[ikapuji@gmail.com](mailto:ikapuji@gmail.com)  
081362397999

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



## **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.

Modul Diklat Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan Bagi Guru dan Tenaga Kependidikan ini diharapkan menjadi referensi dan acuan bagi penyelenggara dan peserta diklat dalam melaksakan kegiatan sebaik-baiknya sehingga mampu meningkatkan kapasitas guru. Modul ini disajikan 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 modul ini, mudah-mudahan modul ini dapat menjadi acuan dan sumber informasi dalam diklat PKB.

Jakarta, Maret 2016

Direktur Jenderal Guru dan  
Tenaga Kependidikan,

Sumarna Surapranata, Ph.D,  
NIP 19590801 198503 1002

## DAFTAR ISI

Cover.....	i
Kata Pengantar.....	iii
Daftar Isi.....	iv
Daftar Gambar.....	v
Daftar Tabel.....	v
iDaftar Lampiran.....	vii
Pendahuluan.....	1
A.Latar Belakang.....	1
B. Tujuan.....	3
C. Peta Kompetensi.....	3
D. Ruang Lingkup.....	5
E. Saran Cara Penggunaan Modul.....	5
Kegiatan Pembelajaran 1	7
A. Tujuan.....	7
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	7
C. Uraian Materi.....	7
D. Aktivitas Pembelajaran.....	34
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	35
F. Rangkuman.....	35
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	36
H. Kunci Jawaban.....,	36
Kegiatan Pembelajaran 2.....	38

A. Tujuan.....	38
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	38
C. Uraian Materi.....	38
D. Aktivitas Pembelajaran.....	56
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	57
F. Rangkuman.....	57
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	58
H. Kunci Jawaban.....,	58
 Kegiatan Pembelajaran 3.....	59
A. Tujuan.....	59
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	59
C. Uraian Materi.....	59
D. Aktivitas Pembelajaran.....	98
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	99
F. Rangkuman.....	100
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	100
H. Kunci Jawaban.....,	101
 Kegiatan Pembelajaran 4.....	105
A. Tujuan.....	105
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	105
C. Uraian Materi.....	105
D. Aktivitas Pembelajaran.....	119
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	120
F. Rangkuman.....	120

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	121
H. Kunci Jawaban.....,	121
 Kegiatan Pembelajaran 5.....	123
A. Tujuan.....	123
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	123
C. Uraian Materi.....	123
D. Aktivitas Pembelajaran.....	140
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	141
F. Rangkuman.....	141
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	141
H. Kunci Jawaban.....,	142
 Kegiatan Pembelajaran 6.....	143
A. Tujuan.....	143
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	143
C. Uraian Materi.....	143
D. Aktivitas Pembelajaran.....	151
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	152
F. Rangkuman.....	152
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut.....	153
H. Kunci Jawaban.....,	153
 Penutup.....	157
A. Evaluasi.....	157
B. Daftar Pustaka.....	157

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Guru dan tenaga kependidikan merupakan tenaga profesional yang memiliki 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 dan bermartabat wajib melakukan Pengembangan Keprofesian berkelanjutan (PKB) sebagaimana diamanatkan Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen.

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 kompetensi guru dan tenaga kependidikan secara keseluruhan, berurutan dan terencana, mencakup bidang-bidang yang berkaitan dengan profesi yang didasarkan pada kebutuhan individu guru dan tenaga kependidikan.

Modul Guru Pembelajar Teknik Konstruksi Kayu Kelompok Kompetensi B ini dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional. Kompetensi pedagogik membahas pengembangan kompetensi pembelajaran. Kompetensi profesional membahas tentang perencanaan gambar konstruksi kayu.

Modul Guru Pembelajar Teknik Konstruksi Kayu Kelompok Kompetensi B ini 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 ini berbeda dengan handout, buku teks, atau bahan tertulis lainnya yang sering digunakan dalam kegiatan pelatihan guru, seperti diktat, makalah, atau ringkasan materi/bahan sajian pelatihan. Modul ini pada intinya merupakan model bahan belajar (learning material) yang menuntut peserta pelatihan untuk belajar lebih mandiri dan aktif. Modul ini digunakan pada

kelompok kompetensi B baik yang dilakukan melalui diklat oleh lembaga pelatihan tertentu maupun melalui kegiatan kolektif guru yang terbagi menjadi 10 (sepuluh) kelompok kompetensi.

Manfaat penggunaan modul ini yaitu:

a. Mengatasi kelemahan sistem pembelajaran konvensional dalam pelatihan.

Melalui modul Diklat ini peserta pelatihan diharapkan dapat berusaha untuk mencari dan menggali sendiri informasi secara lebih aktif dan mengoptimalkan semua kemampuan dan potensi belajar yang dimilikinya.

b. Meningkatkan konsentrasi belajar peserta pelatihan.

Konsentrasi belajar dalam kegiatan pelatihan guru menjadi amat penting agar peserta pelatihan tidak mengalami kesulitan pada saat harus menyelesaikan tugas-tugas atau latihan yang disarankan. Sistem pelatihan dengan menggunakan modul dapat mewujudkan proses belajar dengan konsentrasi yang lebih meningkat.

b. Meningkatkan motivasi belajar peserta pelatihan.

Dengan menggunakan modul diklat ini kegiatan pembelajaran dapat disesuaikan dengan kesempatan dan kecepatan belajarnya masing-masing, sehingga peran motivasi belajar akan menjadi indikator utama yang dapat mendukung peserta pelatihan dalam mencapai kompetensi pelatihan secara tuntas (*mastery*).

c. Meningkatkan kreativitas instruktur/fasilitator/narasumber dalam mempersiapkan pembelajaran individual.

Melalui penggunaan modul seorang instruktur/fasilitator/narasumber dituntut untuk lebih kreatif dalam mempersiapkan rencana pembelajaran secara individual. Seorang instruktur/fasilitator/narasumber pelatihan guru harus mampu berfikir secara kreatif untuk menetapkan pengalaman belajar apa yang harus diberikan agar dapat dirasakan oleh peserta pelatihan yang mempelajari modul tersebut.

## B. Tujuan

Modul ini disusun untuk meningkatkan kualitas layanan dan mutu pendidikan di SMK Teknologi serta mendorong guru untuk senantiasa memelihara dan meningkatkan kompetensi secara terus menerus sesuai dengan profesi. Secara khusus bertujuan untuk: (1) meningkatkan kompetensi guru untuk mencapai standar kompetensi yang ditetapkan dalam peraturan perundangan yang berlaku; (2) memenuhi kebutuhan guru dalam peningkatan kompetensi sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan seni; (3) meningkatkan komitmen guru dalam melaksanakan tugas pokok dan fungsinya sebagai tenaga profesional; dan (4) menumbuhkembangkan rasa cinta dan bangga sebagai penyandang profesi guru.

## C. Peta Kompetensi

Pemetaan kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional dari modul ini didasarkan pada mata pelajaran yang diampu yang difokuskan pada kelompok peminatan paket keahlian (C3). Adapun dasar hukum yang dirujuk dalam penyusunan peta kompetensi dalam modul ini adalah Peraturan Menteri Pendidikan Nasional No. 16 Tahun 2007 tentang Standar Kualifikasi Akademik dan Kompetensi Guru.

Pemetaan kompetensi diperoleh dengan melakukan analisis terhadap pencapaian kompetensi yang diharapkan. Analisis ini menghasilkan Diagram Pencapaian Kompetensi. Diagram pencapaian kompetensi merupakan tahapan atau tata urutan logis kompetensi yang diajarkan dan dilatihkan kepada peserta diklat dalam kurun waktu yang dibutuhkan. Diagram pencapaian kompetensi dibuat untuk setiap kelompok muatan/objek kompetensi yang sejenis (mata pelajaran yang diampu).

Setelah analisis dan diagram pencapaian kompetensi, maka dilakukan analisis untuk sinkronisasi pencapaian kompetensi, yakni antara kelompok kompetensi pedagogik dengan kompetensi profesional. Peta kompetensi Modul Guru Pembelajar Teknik Konstruksi Kayu Kelompok Kompetensi B ini dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

**Tabel 1. Peta Modul Guru Pembelajar Teknik Konstruksi Kayu  
Kelompok Kompetensi B**

<b>KOMPETENSI UTAMA</b>	<b>KOMPETENSI INTI</b>	<b>KOMPETENSI GURU</b>	<b>INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI</b>
Pedagogik	2. Menguasai teori belajar dan prinsip-prinsip pembelajaran yang mendidik	2.2 Menerapkan berbagai pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran yang mendidik secara kreatif dalam mata pelajaran yang diampu.	2.2.1 Pendekatan pembelajaran saintifik diterapkan sesuai dengan karakteristik matei yang akan diajarkan.  2.2.2 Berbagai strategi/model pembelajaran (Problem based learning, Discovery Learning dan Inquiry Learning) dibedakan dengan tepat.  2.2.3 Berbagai metoda dan teknik pembelajaran dijelaskan dengan benar.  2.2.4 Berbagai metoda dan teknik pembelajaran diterapkan sesuai dengan tujuan pembelajara.
Profesional	20. Menguasai materi, struktur, konsep dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu	20.3 Mengendalikan kualitas bahan konstruksi kayu yang sesuai dengan ketentuan teknis.	20.3.1 Menentukan sepesifikasi dan karakteristik konstruksi kayu untuk konstruksi bangunan.  20.3.2 Memeriksa kualitas kayu secara visual untuk konstruksi bangunan.  20.3.3 Mengelola kualitas bahan konstruksi kayu sesuai dengan ketentuan teknis
		20.4 Mengelola hasil perhitungan statika untuk perencanaan konstruksi kayu.	20.4.1 Mengevaluasi perhitungan statika yang meliputi momen,gaya lintang,gaya normal.  20.4.2 Menyajikan hasil perhitungan statika untuk perencanaan konstruksi kayu.
		20.5 Mengelola pekerjaan sambungan dan hubungan kayu sesuai jenis pekerjaan konstruksi kayu.	20.5.1 Menganalisis konsep sambungan dan hubungan kayu pada berbagai jenis konstruksi kayu.  20.5.2 Mendesain pembuatan sambungan dan hubungan kayu sesuai dengan jenis pekerjaan konstruksi kayu.

## D. Ruang Lingkup

Modul ini disusun untuk beberapa pembelajaran sesuai indikator pencapaian kompetensi yang ada dan dikelompokkan menjadi dua, yaitu kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional. Kompetensi pedagogik, berisi kegiatan pembelajaran 1 membahas tentang berbagai pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran yang mendidik.

Kompetensi profesional, terdiri dari kegiatan pembelajaran 2 membahas tentang mengendalikan kualitas bahan konstruksi kayu yang sesuai dengan ketentuan teknis. Kegiatan pembelajaran 3 membahas tentang perhitungan statika yang meliputi momen, gaya lintang, dan gaya normal. Kegiatan pembelajaran 4 membahas tentang menyajikan hasil perhitungan statika untuk perencanaan konstruksi kayu. Kegiatan pembelajaran 5 membahas tentang menganalisis konsep sambungan dan hubungan kayu pada berbagai jenis konstruksi kayu; dan Kegiatan pembelajaran 6 membahas tentang mendesain pembuatan sambungan dan hubungan kayu sesuai dengan jenis pekerjaan konstruksi kayu.

## E. Saran Cara Penggunaan Modul

1. Pahami setiap materi kegiatan pembelajaran dengan membaca secara cermat dan teliti, kemudian kerjakan soal-soal latihan/kasus/tugas yang diberikan sebagai sarana evaluasi.
2. Catatlah kesulitan yang anda dapatkan dalam modul ini untuk ditanyakan pada Fasilitator atau Widya Iswara pada saat kegiatan tatap muka. Bacalah referensi lainnya yang berhubungan dengan materi modul agar anda mendapatkan tambahan pengetahuan.
3. Untuk menjawab soal latihan/kasus/tugas yang diberikan usahakan memberi jawaban yang singkat, jelas dan kerjakan sesuai dengan kemampuan anda setelah mempelajari modul ini.
4. Bila terdapat penugasan, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan bilamana perlu konsultasikan hasil tersebut pada Fasilitator atau Widya Iswara.

5. Siapkan semua peralatan yang mendukung pelaksanaan kegiatan Diklat Guru Teknik Konstruksi Kayu Kelompok Kompetensi B.
6. Ikuti prosedur dan langkah-langkah kerja secara urut sebagaimana tercantum dalam modul ini.
7. Bila ada yang meragukan segera konsultasikan dengan Fasilitator atau Widya Iswara.
8. Mengawali dan mengakhiri pekerjaan senantiasa dengan berdo'a agar diberikan kelancaran, perlindungan dan keselamatan dari Tuhan Yang Maha Kuasa.

## Kegiatan Pembelajaran 1

### MENERAPKAN BERBAGAI PENDEKATAN, STRATEGI, METODE, DAN TEKNIK PEMBELAJARAN

#### A. Tujuan

Setelah melaksanakan kegiatan pembelajaran yang ada dalam modul diklat ini anda diharapkan dapat menerapkan berbagai pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran yang mendidik secara kreatif dalam mata pelajaran yang diampu.

#### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Pendekatan pembelajaran saintifik diterapkan sesuai dengan karakteristik materi yang akan diajarkan.
2. Berbagai strategi/model pembelajaran (Problem based learning, Discovery Learning dan Inquiry Learning).
3. Berbagai metoda dan teknik pembelajaran dijelaskan dengan benar.
4. Berbagai metoda dan teknik pembelajaran diterapkan sesuai dengan tujuan pembelajaran.

#### C. Uraian Materi

##### 1. Pendekatan Saintifik

###### a. Pengertian Pendekatan Saintifik

Pendekatan adalah konsep dasar yang mewadahi, menginspirasi, menguatkan, dan melatari pemikiran tentang bagaimana metode pembelajaran diterapkan berdasarkan teori tertentu. Oleh karena itu banyak pandangan yang menyatakan bahwa pendekatan sama artinya dengan metode.

Pendekatan ilmiah merupakan pendekatan yang merujuk pada teknik-teknik investigasi atas fenomena atau gejala, memperoleh pengetahuan baru, atau mengoreksi dan memadukan pengetahuan

sebelumnya. Untuk dapat disebut ilmiah, metode pencarian (*method of inquiry*) harus berbasis pada bukti-bukti dari objek yang dapat diobservasi, empiris, dan terukur dengan prinsip-prinsip penalaran yang spesifik. Karena itu, pendekatan ilmiah umumnya memuat serial aktivitas pengoleksian data melalui observasi dan eksperimen, kemudian memformulasi dan menguji hipotesis.

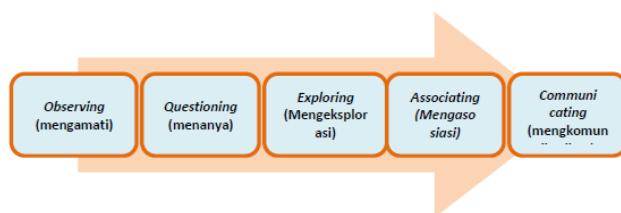
b. Kriteria Pendekatan Saintifik

- 1) Materi pembelajaran berbasis pada fakta;
- 2) Penjelasan guru, respon siswa, dan interaksi edukatif guru-siswa terbebas dari prasangka yang serta-merta, pemikiran subjektif, atau penalaran yang menyimpang dari alur berpikir logis.
- 3) Mendorong dan menginspirasi siswa berpikir secara kritis, analitis, dan tepat dalam mengidentifikasi, memahami, memecahkan masalah, dan mengaplikasikan materi pembelajaran.
- 4) Mendorong dan menginspirasi siswa mampu berpikir hipotetik dalam melihat perbedaan, kesamaan, dan tautan satu sama lain dari materi pembelajaran
- 5) Mendorong dan menginspirasi siswa mampu memahami, menerapkan, dan mengembangkan pola berpikir yang rasional dan objektif dalam merespon materi pembelajaran.
- 6) Berbasis pada konsep, teori, dan fakta empiris yang dapat dipertanggungjawabkan.
- 7) Tujuan pembelajaran dirumuskan secara sederhana dan jelas, namun menarik sistem penyajiannya.

c. Langkah-langkah Pembelajaran dengan Pendekatan Ilmiah

Dalam proses pembelajaran berbasis pendekatan ilmiah, ranah sikap menggambarkan transformasi substansi atau materi ajar agar

peserta didik “tahu mengapa.” Ranah keterampilan menggambit transformasi substansi atau materi ajar agar peserta didik “tahu bagaimana”. Ranah pengetahuan menggambit transformasi substansi atau materi ajar agar peserta didik “tahu apa”. Hasil akhirnya adalah peningkatan dan keseimbangan antara kemampuan untuk menjadi manusia yang baik (*soft skills*) dan manusia yang memiliki kecakapan dan pengetahuan untuk hidup secara layak (*hard skills*) dari peserta didik yang meliputi aspek kompetensi sikap, keterampilan, dan pengetahuan. Seperti gambar 1.1 di bawah ini.



Gambar 1.1 Langkah-langkah Pembelajaran dengan Pendekatan Saintifik

Kurikulum 2013 menekankan pada dimensi pedagogik modern dalam pembelajaran, yaitu menggunakan pendekatan ilmiah. Pendekatan ilmiah (*scientific approach*) dalam pembelajaran sebagaimana dimaksud meliputi mengamati, menanya, mencoba, mengolah, menyajikan, menyimpulkan, dan mencipta untuk semua mata pelajaran. Untuk mata pelajaran, materi, atau situasi tertentu, sangat mungkin pendekatan ilmiah ini tidak selalu tepat diaplikasikan secara prosedural. Pada kondisi seperti ini, tentu saja proses pembelajaran harus tetap menerapkan nilai-nilai atau sifat-sifat ilmiah dan menghindari nilai-nilai atau sifat-sifat nonilmiah. Pendekatan ilmiah dalam pembelajaran disajikan sebagai berikut:

### 1) Mengamati

Metode mengamati mengutamakan kebermaknaan proses pembelajaran (*meaningfull learning*). Metode ini memiliki keunggulan tertentu, seperti menyajikan media obyek secara nyata, peserta didik senang dan tertantang, dan mudah pelaksanaannya. Metode

mengamati sangat bermanfaat bagi pemenuhan rasa ingin tahu peserta didik. Sehingga proses pembelajaran memiliki kebermaknaan yang tinggi.

Dalam kegiatan mengamati, guru membuka secara luas dan bervariasi kesempatan peserta didik untuk melakukan pengamatan melalui kegiatan: melihat, menyimak, mendengar, dan membaca. Guru memfasilitasi peserta didik untuk melakukan pengamatan, melatih mereka untuk memperhatikan (melihat, membaca, mendengar) hal yang penting dari suatu benda atau objek.

## 2) Menanya

Dalam kegiatan mengamati, guru membuka kesempatan secara luas kepada peserta didik untuk bertanya mengenai apa yang sudah dilihat, disimak, dibaca atau dilihat. Guru perlu membimbing peserta didik untuk dapat mengajukan pertanyaan-pertanyaan tentang yang hasil pengamatan objek yang konkret sampai kepada yang abstra berkenaan dengan fakta, konsep, prosedur, atau pun hal lain yang lebih abstrak. Pertanyaan yang bersifat faktual sampai kepada pertanyaan yang bersifat hipotetik.

Situasi di mana peserta didik dilatih menggunakan pertanyaan dari guru, masih memerlukan bantuan guru untuk mengajukan pertanyaan sampai ke tingkat di mana peserta didik mampu mengajukan pertanyaan secara mandiri. Melalui kegiatan bertanya dikembangkan rasa ingin tahu peserta didik. Semakin terlatih dalam bertanya maka rasa ingin tahu semakin dapat dikembangkan. Pertanyaan tersebut menjadi dasar untuk mencari informasi yang lebih lanjut dan beragam dari sumber yang ditentukan guru sampai yang ditentukan peserta didik, dari sumber yang tunggal sampai sumber yang beragam.

## 3) Mengumpulkan data

Tindak lanjut menanya yaitu menggali dan mengumpulkan informasi dari berbagai sumber melalui berbagai cara. Aplikasi

pengembangan aktivitas pembelajaran untuk meningkatkan daya menalar peserta didik dapat dilakukan dengan cara: (a) Guru menyusun bahan pembelajaran dalam bentuk yang sudah siap sesuai dengan tuntutan kurikulum; (b) Guru tidak banyak menerapkan metode ceramah atau metode kuliah. Tugas utama guru adalah memberi instruksi singkat tapi jelas dengan disertai contoh-contoh, baik dilakukan sendiri maupun dengan cara simulasi; (c) Bahan pembelajaran disusun secara berjenjang atau hierarkis, dimulai dari yang sederhana (persyaratan rendah) sampai pada yang kompleks (persyaratan tinggi); (d) Kegiatan pembelajaran berorientasi pada hasil yang dapat diukur dan diamati; (e) Seriap kesalahan harus segera dikoreksi atau diperbaiki; (f) Perlu dilakukan pengulangan dan latihan agar perilaku yang diinginkan dapat menjadi kebiasaan atau pelaziman; (g) Evaluasi atau penilaian didasari atas perilaku yang nyata atau otentik; (h) Guru mencatat semua kemajuan peserta didik untuk kemungkinan memberikan tindakan pembelajaran perbaikan.

#### 4) Mengasosiasi

Untuk memperoleh hasil belajar yang nyata atau otentik, peserta didik harus mencoba atau melakukan percobaan, terutama untuk materi atau substansi yang sesuai. Peserta didik pun harus memiliki keterampilan proses untuk mengembangkan pengetahuan tentang alam sekitar, serta mampu menggunakan metode ilmiah dan bersikap ilmiah untuk memecahkan masalah-masalah yang dihadapinya sehari-hari.

Aplikasi metode eksperimen atau mencoba dimaksudkan untuk mengembangkan berbagai ranah tujuan belajar, yaitu sikap, keterampilan, dan pengetahuan. Aktivitas pembelajaran yang nyata untuk ini adalah: (1) menentukan tema atau topik sesuai dengan kompetensi dasar menurut tuntutan kurikulum; (2) mempelajari cara-cara penggunaan alat dan bahan yang tersedia dan harus disediakan; (3) mempelajari dasar teoritis yang relevan dan hasil-

hasil eksperimen sebelumnya; (4) melakukan dan mengamati percobaan; (5) mencatat fenomena yang terjadi, menganalisis, dan menyajikan data; (6) menarik simpulan atas hasil percobaan; dan (7) membuat laporan dan mengkomunikasikan hasil percobaan.

Agar pelaksanaan percobaan dapat berjalan lancar maka: (1) Guru hendaknya merumuskan tujuan eksperimen yang akan dilaksanakan murid (2) Guru bersama murid mempersiapkan perlengkapan yang dipergunakan (3) Perlu memperhitungkan tempat dan waktu (4) Guru menyediakan kertas kerja untuk pengarahan kegiatan murid (5) Guru membicarakan masalah yang akan yang akan dijadikan eksperimen (6) Membagi kertas kerja kepada murid (7) Murid melaksanakan eksperimen dengan bimbingan guru, dan (8) Guru mengumpulkan hasil kerja murid dan mengevaluasinya, bila dianggap perlu didiskusikan secara klasikal. Kegiatan pembelajaran dengan pendekatan eksperimen atau mencoba dilakukan melalui tiga tahap, yaitu, persiapan, pelaksanaan, dan tindak lanjut.

### 5) Mengkomunikasikan

Kegiatan berikutnya adalah menuliskan atau menceritakan apa yang ditemukan dalam kegiatan mencari informasi, mengasosiasikan dan menemukan pola. Hasil tersebut disampaikan di kelas dan dinilai oleh guru sebagai hasil belajar peserta didik atau kelompok peserta didik tersebut.

## 2. Jenis-jenis model pembelajaran saintifik

Model pembelajaran merupakan kerangka konseptual yang digunakan sebagai pedoman dalam melakukan pembelajaran yang disusun secara sistimatis untuk mencapai tujuan belajar yang menyangkut sintaksis, sistem sosial, prinsip reaksi dan sistem pendukung (Joice&Wells).

Tujuan penggunaan model pembelajaran sebagai strategi bagaimana belajar yang membantu peserta didik mengembangkan dirinya baik berupa informasi, gagasan, ketrampilan nilai dan cara-cara berfikir dalam meningkatkan kapasitas berfikir secara jernih, bijaksana dan membangun ketrampilan sosial serta komitmen (Joice & Wells).

Pada Kurikulum 2013 dikembangkan 3 (tiga) model pembelajaran utama yang diharapkan dapat membentuk perilaku saintifik, perilaku sosial serta mengembangkan rasa keingintahuan. Ketiga model tersebut adalah: model Pembelajaran Berbasis Masalah (*Problem Based Learning*), model Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project Based Learning*), dan model Pembelajaran Melalui Penyingkapan/Penemuan (*Discovery/Inquiry Learning*). Tidak semua model pembelajaran tepat digunakan untuk semua KD/materi pembelajaran. Model pembelajaran tertentu hanya tepat digunakan untuk materi pembelajaran tertentu pula. Demikian sebaliknya mungkin materi pembelajaran tertentu akan dapat berhasil maksimal jika menggunakan model pembelajaran tertentu. Untuk itu guru harus menganalisis rumusan pernyataan setiap KD, apakah cenderung pada pembelajaran penyingkapan (*Discovery/Inquiry Learning*) atau pada pembelajaran hasil karya (*Problem Based Learning dan Project Based Learning*).

## Discovery Learning

*Discovery learning* merupakan suatu rangkaian kegiatan pembelajaran yang melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan peserta didik untuk mencari dan menyelidiki secara sistematis, kritis, dan logis sehingga mereka dapat menemukan sendiri pengetahuan, sikap dan keterampilan sebagai wujud adanya perubahan perilaku.

Metode ini berusaha menggabungkan cara belajar aktif, berorientasi pada proses, mengarahkan peserta didik lebih mandiri, dan reflektif. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa metode *discovery* adalah suatu metode dimana dalam proses belajar mengajar guru

memperkenankan peserta didiknya menemukan sendiri beragam informasi yang dibutuhkan. Ada beberapa fungsi metode *discovery learning*, yaitu sebagai berikut:

- a. Membangun komitmen dikalangan peserta didik untuk belajar, yang diwujudkan dengan keterlibatan, kesungguhan dan loyalitas terhadap mencari dan menemukan sesuatu dalam proses pembelajaran.
- b. Membangun sikap, kreatif, dan inovatif dalam proses pembelajaran dalam rangka mencapai tujuan pengajaran.
- c. Membangun sikap percaya diri (*self confidance*) dan terbuka (*openess*) terhadap hasil temuannya.

Adapun tahap-tahap penerapan belajar melalui metode *discovery learning* adalah:

- a. *Stimulasi* (pemberian perangsang)

Guru mulai dengan bertanya mengajukan persoalan, atau menyuruh peserta didik membaca atau mendengarkan uraian yang memusat permasalahan.

- b. *Problem Statement* (mengidentifikasi masalah)

Peserta didik diberi kesempatan mengidentifikasi berbagai permasalahan, sebanyak mungkin memilihnya yang dipandang lebih menarik dan fleksibel untuk dipecahkan.

- c. *Data Collection* (pengumpulan data)

Untuk menjawab pertanyaan atau membuktikan benar tidaknya hipotesis itu, peserta didik diberi kesempatan untuk mengumpulkan berbagai informasi yang relevan, dengan jelas membaca literatur, mengamati objeknya, mencoba sendiri dan sebagainya.

d. *Data Prosessing* (pengolahan data)

Semua informasi itu diolah, diacak, diklarifikasi, ditabulasi, bahkan kalau perlu dihitung dengan cara tertentu serta ditafsirkan pada tingkat kepercayaan tertentu.

e. *Verifikasi*

Berdasarkan hasil pengolahan dan tafsiran, atau informasi yang ada tersebut, pertanyaan yang telah dirumuskan terdahulu dicek, apakah terbukti atau tidak.

f. *Generalisasi*

Berdasarkan verifikasi, siswa belajar menarik generalisasi atau kesimpulan tertentu.

(1) Sintaksis model *Discovery Learning*

- (a) Pemberian rangsangan (*Stimulation*);
- (b) Pernyataan/Identifikasi masalah (Problem Statement);
- (c) Pengumpulan data (Data Collection);
- (d) Pembuktian (Verification), dan
- (e) Menarik kesimpulan/generalisasi (*Generalization*).

(2) Sintaksis model *Inquiry Learning* Terbimbing.

Model pembelajaran yang dirancang membawa peserta didik dalam proses penelitian melalui penyelidikan dan penjelasan dalam setting waktu yang singkat (Joice & Wells, 2003).

Merupakan kegiatan pembelajaran yang melibatkan secara maksimal seluruh kemampuan siswa untuk mencari dan menyelidiki sesuatu secara sistematis kritis dan logis sehingga mereka dapat merumuskan sendiri penemuannya.

Sintak /tahap model inkuiiri meliputi:

- (a) Orientasi masalah;
- (b) Pengumpulan data dan verifikasi;
- (c) Pengumpulan data melalui eksperimen;
- (d) Pengorganisasian dan formulasi eksplanasi, dan
- (e) Analisis proses inkuiiri.

### *Model Pembelajaran Problem Based Learning*

Merupakan pembelajaran yang menggunakan berbagai kemampuan berpikir dari peserta didik secara individu maupun kelompok serta lingkungan nyata untuk mengatasi permasalahan sehingga bermakna, relevan dan kontekstual.

Tujuan PBL adalah untuk meningkatkan kemampuan dalam menerapkan konsep-konsep pada permasalahan baru/nyata, pengintegrasian konsep *High Order Thinking Skills* (HOTS), keinginan dalam belajar, mengarahkan belajar diri sendiri dan keterampilan (Norman and Schmitdt).

Sintaksis model *Problem Based Learning* dari Bransford and Stein (dalam Jamie Kirkley, 2003:3) terdiri atas:

- (a) Mengidentifikasi masalah;
- (b) Menetapkan masalah melalui berpikir tentang masalah dan menseleksi informasi-informasi yang relevan;
- (c) Mengembangkan solusi melalui pengidentifikasi alternatif-alternatif, tukar-pikiran dan mengecek perbedaan pandang;
- (d) Melakukan tindakan strategis, dan
- (e) Melihat ulang dan mengevaluasi pengaruh-pengaruh dari solusi yang dilakukan.

Sintaksis model *Problem Based Learning* Jenis *Trouble Shooting* (David H. Jonassen, 2011:93) terdiri atas:

- (a) Merumuskan uraian masalah;
- (b) Mengembangkan kemungkinan penyebab;
- (c) Mengetes penyebab atau proses diagnosis, dan
- (d) Mengevaluasi.

### *Model pembelajaran Project Based Learning (PJBL)*

Pembelajaran otentik menggunakan proyek nyata dalam kehidupan yang didasarkan pada motivasi yang tinggi, pertanyaan yang menantang, tugas-tugas atau permasalahan untuk membentuk

penguasaan kompetensi yang dilakukan secara kerjasama dalam upaya memecahkan masalah, (Barel, 2000 and Baron 2011)

Tujuan PJBL adalah meningkatkan motivasi belajar, team work, keterampilan kolaborasi dalam pencapaian kemampuan akademik level tinggi/taksonomi tingkat kreativitas yang dibutuhkan pada abad 21 (Cole & Wasburn Moses, 2010).

Sintaksis/Tahapan Model Pembelajaran *Project Based Learning*, meliputi:

- (1) Penentuan pertanyaan mendasar (*Start with the Essential Question*);
- (2) Mendesain perencanaan proyek;
- (3) Menyusun jadwal (*Create a Schedule*);
- (4) Memonitor peserta didik dan kemajuan proyek (*Monitor the Students and the Progress of the Project*);
- (5) Menguji hasil (*Assess the Outcome*), dan
- (6) Mengevaluasi pengalaman (*Evaluate the Experience*).

#### a. Problem-Based Learning (PBL)

##### 1) Definisi PBL

PBL adalah pembelajaran yang didasari oleh dorongan penyelesaian masalah. Pengertian tersebut sejalan dengan yang diutarakan oleh Barrows & Tamblyn:

“...the learning which result from the process of working towards the understanding of, or resolution of a problem.” (Barrows & Tamblyn, 1980).

Sebagai model pembelajaran, PBL menggunakan masalah sebagai langkah awal dalam mengumpulkan dan mengintegrasikan pengetahuan baru.

##### 2) Prinsip Dasar

- a) Pembelajaran berawal dari adanya masalah (soal, pertanyaan, dsb) yang perlu diselesaikan.

b) Masalah yang dihadapi akan merangsang peserta didik untuk mencari solusinya; peserta didik mencari/membentuk pengetahuan baru untuk menyelesaikan masalah.

3) Tujuan PBL

- a) Mendorong peserta didik untuk terlibat secara aktif dalam proses belajar
- b) Menilai sejauh mana pemahaman peserta didik tentang materi yang dipelajari

4) Beberapa Kelebihan PBL

- a) PBL merangsang keterbukaan pikiran serta mendorong peserta didik untuk melakukan pembelajaran yang reflektif, kritis dan aktif.
- b) PBL merangsang peserta didik untuk bertanya dan menggali pengetahuan secara mendalam.
- c) PBL mencerminkan sifat alamiah pengetahuan, yaitu: kompleks dan berubah-ubah sesuai kebutuhan, sebagai respons terhadap masalah yang dihadapi.

5) Kompetensi yang dikembangkan

- a) Beradaptasi dan berpartisipasi dalam perubahan.
- b) Mengenali dan memahami masalah serta mampu membuat keputusan yang beralasan dalam situasi baru.
- c) Menalar secara kritis dan kreatif.
- d) Mengadopsi pendekatan yang lebih universal atau menyeluruh.
- e) Mempraktikkan empati dan menghargai sudut pandang orang lain.
- f) Berkolaborasi secara produktif dalam kelompok.
- g) Mengenal kekuatan dan kelemahan diri sendiri serta menemukan cara untuk mengatasi kelemahan diri; self-directed learning.

6) Karakteristik Masalah PBL

- a) Masalah dapat berupa tugas melakukan sesuatu, pertanyaan atau hasil identifikasi dari keadaan yang ada di sekitar peserta didik.

- b) Masalah berupa tugas yang tidak memiliki struktur yang jelas sehingga merangsang peserta didik untuk mencari informasi untuk memperjelasnya.
- c) Masalah harus cukup kompleks dan ambigu sehingga peserta didik terdorong untuk menggunakan berbagai strategi penyelesaian masalah, teknik dan ketrampilan berpikir.
- d) Masalah harus bermakna dan ada hubungannya dengan kehidupan sehari-hari
- e) sehingga peserta didik termotivasi mengarahkan dirinya untuk menyelesaikan masalah dan mengujinya secara praktis.

7) Sumber Pembelajaran

- a) Bahan bacaan, baik yang disediakan secara langsung maupun yang ada di sekitar tempat belajar.
- b) Informasi dari narasumber (dijelaskan sekilas dan berdasarkan pertanyaan peserta didik).
- c) Lingkungan dan hasil uji coba praktis.
- d) Sumber-sumber lain yang dapat diakses peserta didik.

8) Metode dalam PBL

- a. Diskusi kelompok.
- b. Belajar mandiri (individual).
- c. Eksperimen kelompok.
- d. Observasi gejala dan wawancara terhadap narasumber.
- e. Komparasi dengan hasil-hasil penyelesaian masalah yang sudah ada.

9) Karakteristik Kelompok

- a) Peserta didik dibagi secara acak.
- b) Jumlah anggota kelompok berkisar antara 5-8 orang.
- c) Heterogen (latar belakang dan kemampuan cukup beragam).
- d) Waktu kerja disesuaikan dengan jadwal belajar dan kesediaan anggota kelompok.

10) Peran Guru

- a) Guru berperan sebagai fasilitator
- b) Menyusun 'trigger problems'
- c) Guru juga dapat berperan sebagai narasumber terutama utk informasi yang sulit diperoleh dari sumber lain
- d) Memastikan jalannya proses pembelajaran dan setiap anggota kelompok terlibat
- e) Melakukan evaluasi

11) Langkah-langkah PBL

- a) Guru menjelaskan tujuan pembelajaran. Menjelaskan logistik yang dibutuhkan. Memotivasi peserta didik untuk terlibat dalam aktivitas pemecahan masalah yang dipilih.
- b) Guru membantu peserta didik mendefinisikan dan mengorganisasi tugas belajar yang berhubungan dengan masalah tersebut (menetapkan topik, tugas, jadwal, dll.).
- c) Guru mendorong peserta didik untuk mengumpulkan informasi yang sesuai, eksperimen untuk mendapatkan penjelasan dan pemecahan masalah, pengumpulan data, hipotesis, pemecahan masalah.
- d) Guru membantu peserta didik dalam merencanakan menyiapkan karya yang sesuai seperti laporan dan membantu mereka berbagi tugas dengan temannya.
- e) Guru membantu peserta didik untuk melakukan refleksi atau evaluasi terhadap penyelidikan mereka dan proses-proses yang mereka gunakan.

Contoh Pelaksanaan PBL

- (1) Proses Sasaran Hasil
- (2) Tutor memulai sesi dengan presentasi masalah Peserta didik dirangsang untuk dapat mengidentifikasi masalah konkret
- (3) Pembelajaran tentang konteks masalah dan ruang lingkup materi

- (4) Peserta didik mencari dan menyusun kerangka berpikir untuk menyelesaikan masalah Peserta didik aktif menggali berbagai sumber untuk memperoleh info yang dibutuhkan
- (5) Belajar secara kumulatif dan mengaitkan berbagai pengetahuan
- (6) Peserta didik menguji pendekatan dan solusi masalah mereka Peserta didik melatih kemampuan logika dan analisis
- (7) Meningkatkan perkembangan mental lebih kompleks  
Peserta didik mengevaluasi dan merevisi solusi mereka; memanfaatkan feed-back
- (8) Membandingkan dengan kelompok lain dan menerima umpan balik
- (9) Memperoleh tambahan pengetahuan tentang masalah  
Peserta didik menyusun ‘teori’ baru berdasarkan pengalaman penyelesaian masalah Peserta didik belajar melakukan abstraksi dan generalisasi berdasarkan pengalaman
- (10) Mampu mengintegrasikan pengetahuan yang diperoleh dari pengalaman  
Peserta didik menerapkan ‘teori’ untuk membahas masalah baru dan evaluasi kritis Peserta didik menguji apakah pengetahuan yang diperolehnya berguna/ tidak.
- (11) Mampu membuat solusi yang realistik dan tepat-guna.

#### 4. Model Pembelajaran Inquiry Training

Model pembelajaran Inquiry Training adalah model pembelajaran yang diarahkan untuk membantu peserta didik mengembangkan keterampilan intelektual yang terkait dengan penalaran sehingga mampu merumuskan masalah, membangun konsep dan hipotesis serta menguji untuk mencari jawaban.

Langkah-Langkah Kegiatan Belajar

- a. Fase satu, mengidentifikasi masalah
- b. Fase dua: mengumpulkan informasi yang dilihat dan dialami terkait dengan masalah

- c. Fase tiga , mengelompokkan data:
  - 1) Memisahkan variabel-variabel yang relevan.
  - 2) Membuat hipotesa tentang hubungan-hubungan penyebab.
- d. Fase empat, mengorganisasikan data dan memformulasikan suatu paparan.
- e. Fase lima, menganalisis strategi inquiri dan mengembangkan model pembelajaran yang lebih efektif.

## 5. Model Bermain Peran (Role Playing)

Model pembelajaran yang digunakan untuk mengembangkan kemampuan analogi tentang situasi permasalahan kehidupan yang sebenarnya.

Langkah-Langkah Pembelajaran

- a. Fase pertama memotivasi kelompok dengan mengidentifikasi dan menjelaskan masalah, menginterpretasikan; mengekplorasi isu-isu, menjelaskan peran.
- b. Fase kedua, memilih peran.
- c. Fase ketiga, menyiapkan pengamat.
- d. Fase keempat, menyiapkan tahap-tahap peran.
- e. Fase kelima, pemeran.
- f. Fase keenam, diskusi dan evaluasi.
- g. Fase ketujuh, pemeran ulang.
- h. Fase kedelapan, diskusi dan evaluasi.
- i. Fase kesembilan, membagi pengalaman dan menarik generalisasi.

## 6. Beberapa Model Pembelajaran SMK

Model pembelajaran adalah suatu kegiatan pembelajaran yang dirancang atau dikembangkan dengan menggunakan pola pembelajaran tertentu. Pola pembelajaran yang dimaksud dapat menggambarkan kegiatan guru dan peserta didik dalam mewujudkan kondisi belajar atau sistem lingkungan yang menyebabkan terjadinya proses belajar. Pola

pembelajaran menjelaskan karakteristik serentetan kegiatan yang dilakukan oleh guru-peserta didik. Pola pembelajaran dikenal dengan istilah sintak (Bruce Joyce, 1985)

Pada penjelasan pelaksanaan pembelajaran yang tertuang pada Lampiran Permendiknas Nomor 41 tahun 2007, tentang Standar Proses, II poin C, dinyatakan tentang beberapa model pembelajaran alternatif yang dapat dikembangkan dan digunakan secara inovatif sesuai dengan kebutuhan dan situasi yang dihadapi di kelas serta untuk mendukung iklim belajar PAKEM (pembelajaran aktif, kreatif, efektif dan menyenangkan). Iklim belajar PAKEM diharapkan dapat menumbuhkembangkan secara optimal multi kecerdasan yang dimiliki setiap peserta didik.

Model-model pembelajaran yang dapat digunakan antara lain:

a. Project work

Project work adalah model pembelajaran yang mengarahkan peserta didik pada prosedur kerja yang sistematis dan standar untuk membuat atau menyelesaikan suatu produk (barang atau jasa), melalui proses produksi/pekerjaan yang sesungguhnya. Model pembelajaran project work sering digunakan untuk program pembelajaran produktif.

Langkah-langkah pembelajaran project work

Perencanaan Project Work

1) Inventarisasi jenis pekerjaan (job), standar kompetensi dan produk yang dapat dihasilkan. Inventarisasi Standar Kompetensi Lulusan.

Kegiatan ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi standar kompetensi (SK) yang terdapat dalam kurikulum/silabus.

2) Inventarisasi Pekerjaan (Job)

Pendataan jenis pekerjaan (job) dapat mengacu: kepada jenis pekerjaan yang ada di kurikulum, Standar Kompetensi Kerja (SKK) yang berlaku, dan atau standar pekerjaan lain yang ada di DU/DI/masyarakat. Setiap kompetensi keahlian pada umumnya

memiliki lebih dari satu bidang/jenis pekerjaan yang dapat diisi oleh lulusan.

3) Inventarisasi Produk (Barang/Jasa) Setiap Pekerjaan

Kegiatan ini dimaksudkan untuk mengidentifikasi produk yang dapat dihasilkan oleh setiap bidang/jenis pekerjaan sehingga peserta didik memiliki orientasi produk yang akan dihasilkan pada setiap pembelajaran.

4) Analisis Standar Kompetensi Terhadap Produk (Barang/Jasa)

Hasil inventarisasi standar kompetensi lulusan, bidang pekerjaan, dan produk tersebut, selanjutnya dianalisis standar kompetensi yang dibutuhkan untuk menghasilkan setiap produk dan bidang pekerjaan dengan menggunakan tabel Analisis Standar Kompetensi Terhadap Jenis Produk

5) Penetapan Bukti Belajar/Evidence of Learning

Berdasarkan hasil analisis standar kompetensi terhadap produk, guru diminta untuk menetapkan bukti-bukti belajar (Evidence Of Learning) yang akan digunakan sebagai acuan dalam penilaian hasil belajar peserta didik.

Pelaksanaan Model Pembelajaran Pendekatan Project Work Pembelajaran dengan pendekatan Project Work dilaksanakan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

1) Guru menyampaikan:

- a) tujuan pembelajaran yang akan dicapai
- b) strategi pembelajaran dengan pendekatan project work
- c) alternatif judul/nama produk/jasa yang dapat dipilih peserta.
- d) ruang lingkup standar kompetensi yang akan dipelajari oleh peserta didik untuk setiap judul/nama produk/jasa
- e) menyusun dan menetapkan pedoman penilaian kompetensi sesuai dengan judul project work
- f) memfasilitasi bimbingan kepada peserta didik dengan memanfaatkan lembar bimbingan.

2) Peserta didik

- a) memilih salah satu judul/nama produk/jasa. Dan menyusun rencana ProjectWork sesuai dengan judul yang dipilih. Kerangka rencana Project Work sebagai berikut.
- b) melakukan proses belajar sesuai dengan proses produksi yang telah direncanakan. Kegiatan dilakukan sesuai dengan rambu-rambu yang telah ditetapkan dalam proposal di bawah bimbingan dan pengawasan guru. Proses belajar menekankan pada pencapaian standar kompetensi yang dibuktikan dengan bukti belajar (learning evidence) dan diorganisasi dalam bentuk portofolio.
- c) mengorganisasi bukti belajar sebagai portofolio.
- d) melaksanakan kegiatan kulminasi (presentasi/pengujian/penyajian/display).
- e) menyusun laporan sesuai dengan pengalaman belajar yang diperoleh.

### 3) Penilaian Hasil Belajar

Penilaian hasil belajar dengan pendekatan project work pada dasarnya adalah penilaian standar kompetensi yang mencakup aspek pengetahuan, keterampilan, sikap, kesesuaian produk/jasa, dan kesesuaian waktu pelaksanaan. Komponen project work yang dinilai terdiri dari penyusunan rencana Project Work, pelaksanaan proses produksi, laporan, kegiatan, dan kulminasi (presentasi/ pengujian/penyajian/display). Peserta didik dinyatakan kompeten apabila memenuhi standar minimal yang dipersyaratkan pada indikator dari setiap kompetensi dasar. Penetapan pencapaian nilai mengacu pada Pedoman Penilaian dan Pelaporan Hasil Belajar Peserta Didik SMK.

## b. Contextual Teaching and Learning (CTL)

Pembelajaran CTL (Contextual Teaching And Learning) merupakan suatu proses belajar yang holistik, bertujuan membantu peserta didik untuk memahami makna materi pelajaran yang dipelajari dengan mengaitkan materi tersebut dengan konteks

kehidupan peserta didik sehari-hari (konteks pribadi, sosial dan kultural). Dengan demikian, mereka memiliki pengetahuan/keterampilan yang secara fleksibel dapat diterapkan (ditransfer) dari satu permasalahan/konteks ke permasalahan/konteks lainnya.

#### Karakteristik Pembelajaran Berbasis CTL

- 1) Kerjasama
- 2) Saling menunjang
- 3) Menyenangkan
- 4) Tidak membosankan
- 5) Belajar dengan bergairah
- 6) Pembelajaran terintegrasi
- 7) Menggunakan berbagai sumber
- 8) Peserta didik aktif

Guru perlu mengkondisikan dan mempersiapkan materi pembelajaran sesuai dengan tujuan pembelajaran, dan mengaitkannya dengan realitas dan kebenaran (konstruktivisme).

Guru perlu memahami:

- 1) Belajar adalah kegiatan aktif, yaitu peserta didik membangun sendiri pengetahuannya, mencari sendiri arti dari apa yang mereka pelajari dan bertanggung jawab terhadap hasil belajarnya.
- 2) Belajar bukanlah suatu proses mengumpulkan sesuatu, tetapi merupakan suatu proses menemukan sesuatu melalui pengembangan pemikiran dengan cara membuat kerangka pengertian yang baru.
- 3) Peserta didik mempunyai cara untuk mengerti sendiri, sehingga setiap peserta didik perlu mengerti kekhasan, keunggulan dan kelemahannya dalam menghadapi suatu apapun.
- 4) Mengajar bukanlah memindahkan pengetahuan dari guru ke peserta didik, tetapi suatu kegiatan yang memungkinkan peserta didik membangun sendiri pengetahuannya.

- 5) Mengajar berarti berpartisipasi dengan peserta didik dalam membentuk pengetahuan, membuat makna, mempertanyakan kejelasan, bersikap kritis, mengadakan justifikasi.
- 6) Guru berperan sebagai mediator dan fasilitator untuk membantu proses belajar peserta didik agar berjalan baik. Proses belajar lebih ditekankan pada peserta didik yang belajar.

#### c. Komponen CTL

##### 1) Inquiry (merumuskan masalah)

Bagaimana cara melukiskan suasana kerja di suatu unit kerja?

Dapat dilakukan antara lain melalui:

- a) mengamati atau melakukan observasi.
- b) menganalisis dan menyajikan hasil dalam tulisan atau gambar.
- c) mengkomunikasikan atau menyajikan hasil karya pada pembaca, teman sekelas, guru, atau audien yang lain.

##### 2) Questioning ( bertanya)

Questioning dapat diterapkan antara peserta didik dengan peserta didik, antara guru dengan peserta didik, antara peserta didik dengan guru, antara peserta didik dengan orang lain yang didatangkan ke kelas. Questioning juga dapat dilakukan saat berdiskusi, bekerja dalam kelompok, ketika mengamati atau menemui kesulitan.

#### d. Konstruktivisme

Merancang pembelajaran dalam bentuk peserta didik bekerja praktik mengerjakan sesuatu, berlatih secara fisik, menulis karangan, mendemonstrasikan atau menciptakan ide.

#### e. Learning community (masyarakat belajar)

Masyarakat belajar dapat diterapkan sesuai dengan kebutuhan. Materi yang diberikan, antara lain berupa pembentukan kelompok kecil, kelompok besar, mendatangkan ahli ke kelas, bekerja

dengan kelas sederajat atau bekerja dengan kelas di atasnya, dan bekerja dengan masyarakat di lingkungan sekolah.

- f. Authentic assessment (penilaian yang sebenarnya)
  - 1) Kemajuan belajar dinilai dari proses dan hasil.
  - 2) Menilai pengetahuan, keterampilan dan sikap (performansi) yang diperoleh peserta didik.
  - 3) Penilai tidak hanya oleh guru, tetapi juga bisa teman atau orang lain.
  - 4) Karakteristik Penilaian dilaksanakan selama dan sesudah proses pembelajaran. Penilaian dilakukan dalam bentuk formatif maupun sumatif
  - 5) Obyek yang diukur adalah pengetahuan dan keterampilan, bukan sekedar mengingat fakta, bersifat berkesinambungan, terintegrasi dan dapat digunakan sebagai feed back.

g. Modeling (pemodelan)

Guru bukan satu-satunya model, tetapi bisa juga model dari peserta didik yang memiliki kelebihan dengan cara mendemonstrasikan kemampuannya atau dari pihak luar yang bertindak sebagai native speaker.

h. Reflection (refleksi)

Kegiatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi hal-hal yang sudah diketahui, dan hal-hal yang belum diketahui agar dapat dilakukan suatu tindakan penyempurnaan. Realisasi dari refleksi dapat berupa:

- 1) Pernyataan langsung tentang apa yang diperoleh peserta didik
- 2) Catatan atau jurnal peserta didik.
- 3) Kesan dan saran peserta didik mengenai pembelajaran
- 4) Proses dan hasil Diskusi.
- 5) Hasil karya.

7. Model pembelajaran CTL dilaksanakan dengan langkah sebagai berikut:

- a) Mengkaji materi ajar yang bersifat konsep atau teori yang akan dipelajari peserta didik.
- b) Memahami latar belakang dan pengalaman hidup peserta didik melalui prosespengkajian secara seksama.Kembangkan pemikiran bahwa anak akan belajar lebih bermakna dengan cara bekerja sendiri, menemukan sendiri, dan mengkonstruksi pengetahuan dan ketrampilan barunya;
- c) Mempelajari lingkungan sekolah dan tempat tinggal peserta didik, selanjutnya memilih dan mengaitkannya dengan konsep atau teori yang akan dibahas.
- d) Merancang pengajaran dengan mengaitkan konsep atau teori yang dipelajari dengan mempertimbangkan pengalaman peserta didik dan lingkungan kehidupannya.
- e) Melaksanakan pengajaran dengan selalu mendorong peserta didik untuk mengaitkan apa yang sedang dipelajari dengan pengetahuan/pengalaman sebelumnya dan fenomena kehidupan sehari-hari, serta mendorong peserta didik untuk membangun kesimpulan yang merupakan pemahaman peserta didik terhadap konsep atau teori yang sedang dipelajarinya.
- f) Kembangkan sikap ingin tahu siswa dengan bertanya
- g) Lakukan repleksi akhir pertemuan
- h) Melakukan penilaian autentik (authentic assessment) yang memungkinkan peserta didik untuk menunjukkan penguasaan tujuan dan pemahaman yang mendalam terhadap pembelajarannya, sekaligus pada saat yang bersamaan dapat meningkatkan dan menemukan cara untuk peningkatan pengetahuannya.

## 8. Penerapan Pendekatan Saintifik dalam Pembelajaran pada Mata Pelajaran Paket KeahlianTeknik Konstruksi Kayu

### a. Konsep

Proses pembelajaran merupakan suatu proses yang mengandung serangkaian kegiatan mulai dari perencanaan, pelaksanaan hingga penilaian.

Pembelajaran adalah proses interaksi antar peserta didik dan antara peserta didik dengan pendidik dan sumber belajar pada suatu lingkungan belajar yang berlangsung secara edukatif, agar peserta didik dapat membangun sikap, pengetahuan dan keterampilannya untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.

### b. Prinsip Pembelajaran

Proses pembelajaran mengacu pada prinsip-prinsip sebagai berikut:

- 1) Dari peserta didik diberi tahu menuju peserta didik mencari tahu;
- 2) Dari guru sebagai satu-satunya sumber belajar menjadi belajar berbasis aneka sumber belajar;
- 3) Dari pendekatan tekstual menuju proses sebagai penguatan penggunaan pendekatan ilmiah;
- 4) Dari pembelajaran berbasis konten menuju pembelajaran berbasis kompetensi;
- 5) Dari pembelajaran yang menekankan jawaban tunggal menuju pembelajaran dengan jawaban yang kebenarannya multi dimensi;
- 6) Dari pembelajaran verbalisme menuju keterampilan aplikatif;
- 7) Peningkatan dan keseimbangan antara keterampilan fisikal (hardskills) dan keterampilan mental (softskills);
- 8) Pembelajaran yang mengutamakan pembudayaan dan pemberdayaan peserta didik sebagai pembelajar sepanjang hayat;

- 9) Pembelajaran yang menerapkan nilai-nilai dengan memberi keteladanan (ing ngarso sung tulodo), membangun kemauan (ing madyo mangun karso), dan mengembangkan kreativitas peserta didik dalam proses pembelajaran (tut wuri handayani);
- 10) Pembelajaran yang berlangsung di rumah, di sekolah, dan di masyarakat;
- 11) Pembelajaran yang menerapkan prinsip bahwa siapa saja adalah guru, siapa saja adalah siswa, dan di mana saja adalah kelas.
- 12) Pemanfaatan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pembelajaran; dan
- 13) Pengakuan atas perbedaan individual dan latar belakang budaya peserta didik.

## 9. Penerapan Metoda dan Teknik Pembelajaran Saintifik

### a. Perencanaan Pembelajaran

Perencanaan pembelajaran dirancang dalam bentuk silabus yang disusun serta ditetapkan secara nasional. Rancangan tersebut perlu dirancang/dijabarkan lebih lanjut oleh guru ke dalam rencana pembelajaran dalam bentuk program tahunan/semesteran. Adapun perencanaan pembelajaran secara mikro dikenal sebagai Rencana

Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) yang disusun oleh guru mata pelajaran dengan mengacu pada silabus. RPP dikembangkan untuk mengarahkan kegiatan pembelajaran peserta didik dalam upaya memenuhi tuntutan KD, disusun secara lengkap dan sistematis agar pembelajaran berlangsung secara interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, efisien, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, konstektual dan kolaboratif, serta memberikan ruang yang cukup dalam melakukan prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik serta psikologis peserta didik. RPP dibuat berdasar pasangan KD dari KI-3 dan KD dari KI-4, dengan ketentuan sebagai berikut,

- Satu pasangan KD dibuat dalam satu RPP
- Satu RPP dapat dibuat untuk satu kali pertemuan atau lebih

a) Perumusan indikator

Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK) dirumuskan dalam pernyataan perilaku yang dapat diukur dan/atau diobservasi untuk kompetensi dasar (KD) pada kompetensi inti (KI)-3 dan KI-4.

b) Perumusan tujuan

Tujuan pembelajaran mengandung unsur peserta didik (*audience*), perilaku (*behavior*), kondisi (*condition*), dan kriteria (*degree*). Rumusan tujuan pembelajaran harus mencerminkan keterikatan antara sikap-sikap yang terkandung dalam KD dari KI-1 dan KD dari KI-2 yang dapat di pilih dan di bentuk melalui porses pembelajaran KD-3 dan KD-4. Perumusan tujuan juga harus mencerminkan aspek penilaian otentik berupa proses dan produk.

Rumusan kriteria dalam tujuan pembelajaran berupa kriteria kompetensi sikap, kompetensi pengetahuan, kompetensi keterampilan. Kriteria dapat berupa perilaku, proses atau produk yang dapat diamati dan atau diukur.

c) Langkah pembelajaran

Langkah-langkah pembelajaran berisikan pendekatan pembelajaran saintifik dan model pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik KD yang akan diajarkan.

b. Pelaksanaan Pembelajaran

Langkah-langkah pembelajaran berpendekatan saintifik harus dapat dipadukan secara sinkron dengan langkah-langkah kerja (*syntax*) model pembelajaran. Model pembelajaran merupakan kerangka konseptual yang digunakan sebagai pedoman dalam melakukan pembelajaran yang disusun secara sistimatis untuk mencapai tujuan

belajar yang menyangkut sintaksis, sistem sosial, prinsip reaksi dan sistem pendukung (Joice&Wells).

Tujuan penggunaan model pembelajaran sebagai strategi bagaimana belajar yang membantu peserta didik mengembangkan dirinya baik berupa informasi, gagasan, ketrampilan nilai dan cara-cara berfikir dalam meningkatkan kapasitas berfikir secara jernih, bijaksana dan membangun ketrampilan sosial serta komitmen (Joice & Wells).

Pada Kurikulum 2013 dikembangkan 3 (tiga) model pembelajaran utama yang diharapkan dapat membentuk perilaku saintifik, perilaku sosial serta mengembangkan rasa keingintahuan. Ketiga model tersebut adalah: model Pembelajaran Berbasis Masalah (*Problem Based Learning*), model Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project Based Learning*), dan model Pembelajaran Melalui Penyingkapan/Penemuan (*Discovery/Inquiry Learning*). Tidak semua model pembelajaran tepat digunakan untuk semua KD/materi pembelajaran. Model pembelajaran tertentu hanya tepat digunakan untuk materi pembelajaran tertentu pula.

Demikian sebaliknya mungkin materi pembelajaran tertentu akan dapat berhasil maksimal jika menggunakan model pembelajaran tertentu. Untuk itu guru harus menganalisis rumusan pernyataan setiap KD, apakah cenderung pada pembelajaran penyingkapan (*Discovery/Inquiry Learning*) atau pada pembelajaran hasil karya (*Problem Based Learning dan Project Based Learning*).

**Rambu-rambu penentuan model penyingkapan/penemuan:**

- a) Pernyataan KD-3 dan KD-4 mengarah ke pencarian atau penemuan;
- b) Pernyataan KD-3 lebih menitikberatkan pada pemahaman pengetahuan faktual, konseptual, dan procedural; dan
- c) Pernyataan KD-4 pada taksonomi mengolah dan menalar.

**Rambu-rambu penemuan model hasil karya (*Problem Based Learning* dan *Project Based Learning*) dengan kriteria:**

- a) Pernyataan KD-3 dan KD-4 mengarah pada hasil karya berbentuk jasa atau produk;
- b) Pernyataan KD-3 pada bentuk pengetahuan metakognitif;

- c) Pernyataan KD-4 pada taksonomi menyaji dan mencipta, dan
- d) Pernyataan KD-3 dan KD-4 yang memerlukan persyaratan penguasaan pengetahuan konseptual dan prosedural.

## D. Aktivitas Pembelajaran

1. Pahami setiap materi kegiatan pembelajaran dengan membaca secara cermat dan teliti, kemudian kerjakan soal latihan/kasus/tugas yang diberikan sebagai sarana evaluasi.
2. Catatlah kesulitan yang anda dapatkan dalam modul ini untuk ditanyakan pada Fasilitator atau Widyaaiswara pada saat kegiatan tatap muka. Bacalah referensi lainnya yang berhubungan dengan materi modul agar anda mendapatkan tambahan pengetahuan.
3. Untuk menjawab soal latihan/kasus/tugas yang diberikan usahakan memberi jawaban yang singkat, jelas dan kerjakan sesuai dengan kemampuan anda setelah mempelajari modul ini.
4. Bila terdapat penugasan, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan bilamana perlu konsultasikan hasil tersebut pada Fasilitator atau Widyaaiswara.
5. Siapkan semua peralatan yang mendukung pelaksanaan kegiatan Diklat Guru Teknik Teknik Konstruksi Kayu kelompok kompetensi B.
6. Ikuti prosedur dan langkah-langkah kerja secara urut sebagaimana tercantum dalam modul ini.
7. Bila ada yang meragukan segera konsultasikan dengan Fasilitator atau Widyaaiswara.
8. Mengawali dan mengakhiri pekerjaan senantiasa dengan berdo'a agar diberikan kelancaran, perlindungan dan keselamatan dari Tuhan Yang Maha Kuasa.

## E. Latihan/Kasus/Tugas

Jelaskan perbedaan konsep pendekatan pembelajaran Project Work, Pembelajaran Berbasis masalah, dan CTL

## F. Rangkuman

Untuk dapat melaksanakan tugasnya secara profesional, seorang guru dituntut dapat memahami dan memiliki keterampilan yang memadai dalam mengembangkan berbagai model pembelajaran yang efektif, kreatif dan menyenangkan, sebagaimana diisyaratkan dalam Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan.

Mencermati upaya reformasi pembelajaran yang sedang dikembangkan di Indonesia, para guru atau calon guru saat ini banyak ditawari dengan aneka pilihan model pembelajaran, yang kadang-kadang untuk kepentingan penelitian (penelitian akademik maupun penelitian tindakan) sangat sulit menermukan sumber-sumber literarturnya.

Jika para guru telah dapat memahami konsep atau teori dasar pembelajaran yang merujuk pada proses (beserta konsep dan teori) pembelajaran sebagaimana dikemukakan di atas, maka pada dasarnya guru pun dapat secara kreatif mencobakan dan mengembangkan model pembelajaran tersendiri yang khas, sesuai dengan kondisi nyata di tempat kerja masing-masing, sehingga pada gilirannya akan muncul model-model pembelajaran versi guru yang bersangkutan, yang tentunya semakin memperkaya khazanah model pembelajaran yang telah ada.

Beberapa model pembelajaran yang biasanya dapat dikembangkan guru di SMK antara lain:

1. Project work adalah model pembelajaran yang mengarahkan peserta didik pada prosedur kerja yang sistematis dan standar untuk membuat atau menyelesaikan suatu produk (barang atau jasa), melalui proses produksi/pekerjaan yang sesungguhnya. Model pembelajaran project work sering digunakan untuk program pembelajaran produktif.

2. Pembelajaran CTL (Contextual Teaching And Learning) merupakan suatu proses belajar yang holistik, bertujuan membantu peserta didik untuk memahami makna materi pelajaran yang dipelajari dengan mengaitkan materi tersebut dengan konteks kehidupan peserta didik sehari-hari (konteks pribadi, sosial dan kultural).
3. Problem-Based Learning (PBL); adalah pembelajaran yang didasari oleh dorongan penyelesaian masalah. Pengertian tersebut sejalan dengan yang diutarakan oleh Barrows & Tamblyn: "...the learning which result from the process of working towards the understanding of, or resolution of a problem." (Barrows & Tamblyn, 1980).
4. Model mengajar Inquiry Training; adalah model pembelajaran yang diarahkan untuk membantu peserta didik mengembangkan keterampilan intelektual yang terkait dengan penalaran sehingga mampu merumuskan masalah, membangun konsep dan hipotesis serta menguji untuk mencari jawaban dari permasalahan2 desain dan pekerjaan bangunan
5. Model Bermain Peran (Role Playing); digunakan untuk mengembangkan kemampuan analogi tentang situasi permasalahan kehidupan yang di pembelajaran SMK berkaitan permasalahan desain dan struktur gedung yang sebenarnya.

## G. Umpan Balik/Tindak Lanjut

Setelah mempelajari modul ini anda diharapkan dapat menerapkan berbagai pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran yang mendidik secara kreatif dalam mata pelajaran yang diampu.

## H. Kunci Jawaban

Project work adalah model pembelajaran yang mengarahkan peserta didik pada prosedur kerja yang sistematis dan standar untuk membuat atau menyelesaikan suatu produk (barang atau jasa), melalui proses produksi/pekerjaan yang sesungguhnya.

Problem-Based Learning (PBL) adalah pembelajaran yang didasari oleh dorongan penyelesaian masalah. Merupakan pembelajaran yang menggunakan berbagai kemampuan berfikir dari peserta didik secara individu maupun kelompok serta lingkungan nyata untuk mengatasi permasalahan sehingga bermakna, relevan dan konstektual.

Sedangkan pembelajaran CTL (Contextual Teaching And Learning) merupakan suatu proses belajar yang holistik, bertujuan membantu peserta didik untuk memahami makna materi pelajaran yang dipelajari dengan mengaitkan materi tersebut dengan konteks kehidupan peserta didik sehari-hari (konteks pribadi, sosial dan kultural).

## Kegiatan Pembelajaran 2

### MENGENDALIKAN KUALITAS BAHAN KONSTRUKSI KAYU SESUAI KETENTUAN TEKNIS

#### A. Tujuan

Setelah melaksanakan kegiatan pembelajaran yang ada dalam modul diklat ini anda diharapkan dapat mengendalikan kualitas bahan konstruksi kayu yang sesuai dengan ketentuan teknis.

#### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Menentukan spesifikasi dan karakteristik konstruksi kayu untuk konstruksi bangunan.
2. Memeriksa kualitas kayu secara visual untuk konstruksi bangunan.
3. Mengelola kualitas bahan konstruksi kayu sesuai dengan ketentuan teknis.

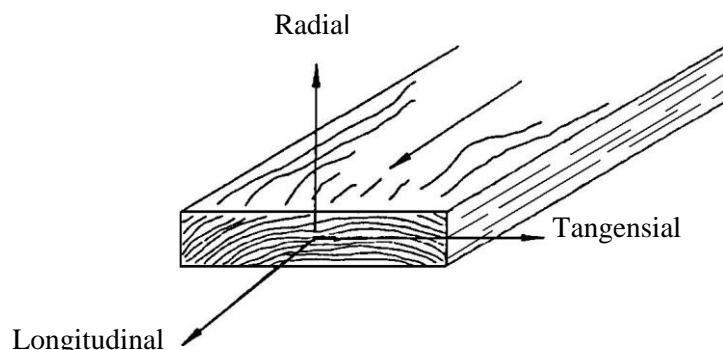
#### C. Uraian Materi

##### 1. Spesifikasi dan karakteristik kayu untuk konstruksi bangunan

Kayu merupakan salah satu material yang banyak digunakan dalam pembuatan konstruksi bangunan. Banyak jenis kayu yang dapat digunakan sebagai material bangunan yang memiliki sifat dan ciri yang berbeda-beda. Kita sebagai pengguna kayu perlu mengenal sifat-sifat kayu tersebut sehingga dalam pemilihan atau penentuan spesifikasi dan karakteristik kayu untuk konstruksi bangunan harus betul-betul sesuai dengan yang kita inginkan.

Kayu memiliki sifat yang berbeda satu sama lainnya. Bahkan dalam satu pohon, kayu mempunyai sifat yang berbeda-beda. Dari sekian banyak sifat kayu yang berbeda, ada beberapa sifat yang umum pada semua jenis kayu yaitu:

- a. Kayu tersusun dari sel-sel yang memiliki tipe bermacam-macam dan susunan dinding selnya terdiri dari senyawa kimia berupa selulosa dan hemi selulosa (karbohidrat) serta lignin (non karbohidrat).
- b. Semua kayu bersifat anisotropik, yaitu memperlihatkan sifat-sifat yang berlainan jika diuji menurut tiga arah utamanya (longitudinal, radial dan tangensial), lihat Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Arah Serat Kayu

- c. Kayu merupakan bahan yang bersifat higroskopis, yaitu dapat menyerap atau melepaskan kadar air (kelembaban) sebagai akibat perubahan kelembaban dan suhu udara di sekelilingnya.
- d. Kayu dapat diserang oleh hama dan penyakit serta dapat terbakar terutama dalam keadaan kering.

Untuk mengenal/menentukan suatu jenis kayu, tidak selalu dilakukan dengan cara memeriksa kayu dalam bentuk log (kayu bundar), tetapi dapat dilakukan dengan memeriksa sepotong kecil kayu. Penentuan jenis kayu dalam bentuk log, pada umumnya dengan cara memperhatikan sifat-sifat kayu yang mudah dilihat seperti penampakan kulit, warna kayu teras, arah serat, ada tidaknya getah dan sebagainya.

Penentuan beberapa jenis kayu dalam bentuk olahan (kayu gergajian, *moulding*, dan sebagainya) masih mudah dilakukan dengan hanya memperhatikan sifat-sifat kasar yang mudah dilihat. Sebagai contoh, kayu jati (*Tectona grandis*) memiliki gambar lingkaran tumbuh yang jelas. Namun, apabila kayu tersebut diamati dalam bentuk barang jadi dimana sifat-sifat fisik asli tidak dapat dikenali lagi karena sudah dilapisi dengan

cat, maka satu-satunya cara yang dapat dipergunakan untuk menentukan jenisnya adalah dengan cara memeriksa sifat anatomi/ strukturnya. Demikian juga untuk kebanyakan kayu di Indonesia, antar jenis kayu sukar untuk dibedakan. Cara yang lebih lazim dipakai dalam penentuan jenis kayu adalah dengan memeriksa sifat anatominya (sifat struktur).

Jenis dan ciri kayu yang banyak digunakan sebagai material konstruksi bangunan, yaitu:

**Kayu jati** sering dianggap sebagai kayu dengan serat dan tekstur paling indah. Karakteristiknya yang stabil, kuat dan tahan lama membuat kayu ini menjadi pilihan utama sebagai material bahan bangunan. Termasuk kayu dengan Kelas Awet I, II dan Kelas Kuat I, II. Kayu jati juga terbukti tahan terhadap jamur, rayap dan serangga lainnya karena kandungan minyak di dalam kayu itu sendiri. Tidak ada kayu lain yang memberikan kualitas dan penampilan sebanding dengan kayu jati. Warna, tekstur, dan arah serat kayu jati dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Kayu Jati

**Kayu Merbau** termasuk salah satu jenis kayu yang cukup keras dan stabil sebagai alternatif pembanding dengan kayu jati. Merbau juga terbukti tahan terhadap serangga. Warna kayu merbau coklat kemerahan dan kadang disertai adanya highlight kuning. Merbau memiliki tekstur serat garis terputus putus. Pohon merbau termasuk pohon hutan hujan tropis. Termasuk kayu dengan Kelas Awet I, II dan Kelas Kuat I, II. Merbau juga terbukti tahan terhadap serangga. Warna kayu merbau coklat kemerahan dan kadang disertai adanya highlight kuning. Kayu merbau biasanya difinishing dengan melamin warna gelap / tua. Merbau memiliki tekstur

serat garis terputus putus. Pohon merbau termasuk pohon hutan hujan tropis. Pohon Merbau tumbuh subur di Indonesia, terutama di pulau Irian / Papua. Kayu merbau kami berasal dari Irian / Papua. Warna, tekstur, dan arah serat kayu merbau dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Kayu Merbau

**Kayu Bangkirai** termasuk jenis kayu yang cukup awet dan kuat. Termasuk kayu dengan Kelas Awet I, II, III dan Kelas Kuat I, II. Sifat kerasnya juga disertai tingkat kegetasan yang tinggi sehingga mudah muncul retak rambut dipermukaan. Selain itu, pada kayu bangkirai sering dijumpai adanya pinhole. Umumnya retak rambut dan pin hole ini dapat ditutupi dengan wood filler. Secara struktural, pin hole ini tidak mengurangi kekuatan kayu bangkirai itu sendiri. Karena kuatnya, kayu ini sering digunakan untuk material konstruksi berat seperti atap kayu. Kayu bangkirai termasuk jenis kayu yang tahan terhadap cuaca sehingga sering menjadi pilihan bahan material untuk di luar bangunan / eksterior seperti lis plank, outdoor flooring / decking, dll. Pohon Bangkirai banyak ditemukan di hutan hujan tropis di pulau Kalimantan. Kayu berwarna kuning dan kadang agak kecoklatan, oleh karena itulah disebut yellow balau. Perbedaan antara kayu gubal dan kayu teras cukup jelas, dengan warna gubal lebih terang. Pada saat baru saja dibelah/potong, bagian kayu teras kadang terlihat coklat kemerahan. Warna, tekstur, dan arah serat kayu bangkirai dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Kayu Bangkirai

**Kayu kamper** telah lama menjadi alternatif bahan bangunan yang harganya lebih terjangkau. Meskipun tidak setahan lama kayu jati dan sekuat bangkirai, kamper memiliki serat kayu yang halus dan indah sehingga sering menjadi pilihan bahan membuat pintu panil dan jendela. Karena tidak segetas bangkirai, retak rambut jarang ditemui. Karena tidak sekervas bangkirai, kecenderungan berubah bentuk juga besar, sehingga, tidak disarankan untuk pintu dan jendela dengan desain terlalu lebar dan tinggi. Termasuk kayu dengan Kelas Awet II, III dan Kelas Kuat II, I. Pohon kamper banyak ditemui di hutan hujan tropis di Kalimantan. Samarinda adalah daerah yang terkenal menghasilkan kamper dengan serat lebih halus dibandingkan daerah lain di Kalimantan. Warna, tekstur, dan arah serat kayu kamper dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Kayu Kamper

**Kayu kelapa** adalah salah satu sumber kayu alternatif baru yang berasal dari perkebunan kelapa yang sudah tidak menghasilkan lagi (berumur 60 tahun keatas) sehingga harus ditebang untuk diganti dengan bibit pohon

yang baru. Sebenarnya pohon kelapa termasuk jenis palem. Semua bagian dari pohon kelapa adalah serat /fiber yaitu berbentuk garis pendek-pendek. Anda tidak akan menemukan alur serat lurus dan serat mahkota pada kayu kelapa karena semua bagiannya adalah fiber. Tidak juga ditemukan mata kayu karena pohon kelapa tidak ada ranting/ cabang. Pohon kelapa tumbuh subur di sepanjang pantai Indonesia. Namun, yang paling terkenal dengan warnanya yang coklat gelap adalah dari Sulawesi. Pohon kelapa di Jawa umumnya berwarna terang. Warna, tekstur, dan arah serat kayu kelapa dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Kayu Kelapa

**Kayu meranti merah** termasuk jenis kayu keras, warnanya merah muda tua hingga merah muda pucat, namun tidak sepuas meranti putih. Selain bertekstur tidak terlalu halus, kayu meranti juga tidak begitu tahan terhadap cuaca, sehingga tidak dianjurkan untuk dipakai di luar ruangan. Termasuk kayu dengan Kelas Awet III, IV dan Kelas Kuat II, IV. Pohon meranti banyak ditemui di hutan di pulau Kalimantan. Warna, tekstur, dan arah serat kayu meranti merah dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Kayu Meranti Merah

**Kayu Karet**, dan oleh dunia internasional disebut Rubber wood pada awalnya hanya tumbuh di daerah Amzon, Brazil. Kemudian pada akhir abad 18 mulai dilakukan penanaman di daerah India namun tidak berhasil. Lalu dibawa hingga ke Singapura dan negara-negara Asia Tenggara lainnya termasuk tanah Jawa. Kayu karet berwarna putih kekuningan, sedikit krem ketika baru saja dibelah atau dipotong. Ketika sudah mulai mengering akan berubah sedikit kecoklatan. Tidak terdapat perbedaan warna yang menyolok pada kayu gubal dengan kayu teras. Bisa dikatakan hampir tidak terdapat kayu teras pada rubberwood. Kayu karet tergolong kayu lunak - keras, tapi lumayan berat dengan densitas antara 435-625 kg/m<sup>3</sup> dalam level kekeringan kayu 12%. Kayu Karet termasuk kelas kuat II, dan kelas awet III, sehingga kayu karet dapat digunakan sebagai substitusi alternatif kayu alam untuk bahan konstruksi. Warna, tekstur, dan arah serat kayu karet dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Kayu Karet

**Kayu gelam** sering digunakan pada bagian perumahan, perahu, Kayu bakar, pagar, atau tiang tiang sementara. Kayu gelam dengan diameter kecil umumnya dikenal dan dipakai sebagai steger pada konstruksi beton, sedangkan yang berdiameter besar biasa dipakai untuk cerucuk pada pekerjaan sungai dan jembatan. Kayu ini juga dapat dibuat arang atau arang aktif untuk bahan penyerap.



Gambar 2.9. Kayu Gelam

**Kayu Ulin** banyak digunakan untuk bahan bangunan rumah, kantor, gedung, serta bangunan lainnya. Berdasarkan catatan, kayu ulin merupakan salah satu jenis kayu hutan tropika basah yang tumbuh secara alami di wilayah Sumatera Bagian Selatan dan Kalimantan. Jenis ini dikenal dengan nama daerah ulin, bulian, bulian rambai, onglen, belian, tabulin dan telian. Pohon ulin termasuk jenis pohon besar yang tingginya dapat mencapai 50 m dengan diameter samapi 120 cm, tumbuh pada dataran rendah sampai ketinggian 400 m. Kayu Ulin berwarna gelap dan tahan terhadap air laut. Kayu ulin banyak digunakan sebagai konstruksi bangunan berupa tiang bangunan, sirap (atap kayu), papan lantai,kosen, bahan untuk banguan jembatan, bantalan kereta api dan kegunaan lain yang memerlukan sifat-sifat khusus awet dan kuat. Kayu ulin termasuk kayu kelas kuat I dan Kelas Awet I.



Gambar 2.10. Kayu Ulin

**Kayu Akasia** (acacia mangium), mempunyai berat jenis rata-rata 0,75 berarti pori-pori dan seratnya cukup rapat sehingga daya serap airnya kecil. Kelas awetnya II, yang berarti mampu bertahan sampai 20 tahun keatas, bila diolah dengan baik. Kelas kuatnya II-I, yang berarti mampu menahan lentur diatas 1100 kg/cm<sup>2</sup> dan mengantisipasi kuat desak diatas 650 kg/cm<sup>2</sup>. Berdasarkan sifat kembang susut kayu yang kecil, daya retaknya rendah, kekerasannya sedang dan bertekstur agak kasar serta berserat lurus berpadu, maka kayu ini mempunyai sifat penggerjaan mudah, sehingga banyak diminati untuk digunakan sebagai material konstruksi maupun bahan mebel-furnitur.



Gambar 2.11. Kayu Akasia

## 2. Memeriksa kualitas kayu secara visual untuk konstruksi bangunan

Kayu memiliki beberapa sifat yang tidak dapat ditiru oleh bahan-bahan lain, misalnya kayu mempunyai sifat elastis, ulet, mempunyai ketahanan terhadap pembebanan yang tegak lurus dengan seratnya atau sejajar seratnya dan masih ada sifat-sifat lain lagi.. Sifat-sifat seperti ini tidak dipunyai oleh bahan-bahan baja, beton, atau bahan-bahan lain yang bisa dibuat oleh manusia. Pemilihan dan penggunaan kayu untuk suatu tujuan memerlukan pengetahuan tentang sifat-sifat kayu. Sifat-sifat ini sangat penting dalam industri pengolahan kayu, sebab dari pengetahuan sifat tersebut selain dapat memilih jenis kayu yang tepat untuk berbagai macam penggunaan, juga dapat memilih kemungkinan jenis kayu lainnya

sebagai pengganti bilamana jenis yang bersangkutan sulit diperoleh atau terlalu mahal.

Pada dasarnya terdapat 3 (tiga) sifat utama kayu yang dapat dipergunakan untuk mengenal kayu, yaitu sifat fisik (disebut juga sifat kasar atau sifat makroskopis), sifat struktur (disebut juga sifat mikroskopis), dan sifat mekanik. Secara obyektif, sifat struktur atau mikroskopis dan sifat mekanik lebih dapat diandalkan dari pada sifat fisik atau makroskopis dalam mengenal atau menentukan suatu jenis kayu. Namun untuk mendapatkan hasil yang lebih valid, akan lebih baik bila ketiga sifat ini dapat dipergunakan secara bersama-sama, karena sifat fisik akan mendukung sifat struktur dan sifat mekanik dalam menentukan jenis kayu.

Sifat fisik/kasar atau makroskopis adalah sifat yang dapat diketahui secara jelas melalui panca indera, baik dengan penglihatan, penciuman, perabaan dan sebagainya tanpa menggunakan alat bantu. Sifat-sifat kayu yang termasuk dalam sifat kasar antara lain:

- a. Warna, umumnya yang digunakan adalah warna kayu teras,
- b. Tekstur, yaitu penampilan sifat struktur pada bidang lintang,
- c. Arah serat, yaitu arah umum dari sel-sel pembentuk kayu,
- d. Gambar, baik yang terlihat pada bidang radial maupun tangensial
- e. Berat, umumnya dengan menggunakan berat jenis
- f. Kesan raba, yaitu kesan yang diperoleh saat meraba kayu,
- g. Lingkaran tumbuh,
- h. Bau, dan sebagainya.

Penggolongan kayu dapat ditinjau dari aspek fisik, mekanik dan keawetan. Secara fisik terdapat klasifikasi kayu lunak dan kayu keras. Kayu keras biasanya memiliki berat satuan (berat jenis) lebih tinggi dari kayu lunak. Klasifikasi fisik lain adalah terkait dengan kelurusinan dan mutu muka kayu. Mutu kayu dalam perdagangan dikelompokkan menjadi mutu A, B dan C yang merupakan penggolongan kayu secara visual terkait dengan kualitas muka (cacat atau tidak) arah/pola serat dan kelurusinan batang. Cacat maksimum untuk setiap kelas mutu kayu dapat dilihat tabel 2.1.

Tabel 2.1. Cacat Maksimum untuk Setiap Kelas Mutu Kayu

Macam Cacat	Kelas Mutu A	Kelas Mutu B	Kelas Mutu C
Mata kayu:			
Terletak di muka lebar	1/6 lebar kayu	1/4 lebar kayu	1/2 lebar kayu
Terletak di muka sempit	1/8 lebar kayu	1/6 lebar kayu	1/4 lebar kayu
Retak	1/5 tebal kayu	1/6 tebal kayu	1/2 tebal kayu
Pingul	1/10 tebal atau lebar kayu	1/6 tebal atau lebar kayu	1/4 tebal atau lebar kayu
Arah serat	1 : 13	1 : 9	1 : 6
Saluran damar	1/5 tebal kayu eksudasi tidak diperkenankan	2/5 tebal kayu	1/2 tebal kayu
Gubal	Diperkenankan	Diperkenankan	Diperkenankan
Lubang serangga	Diperkenankan asal terpencar dan ukuran dibatasi dan tidak ada tanda-tanda serangga hidup	Diperkenankan asal terpencar dan ukuran dibatasi dan tidak ada tanda-tanda serangga hidup	Diperkenankan asal terpencar dan ukuran dibatasi dan tidak ada tanda-tanda serangga hidup
	Tidak		

Cacat lain (lapuk, hati rapuh, retak melintang)	diperkenankan	Tidak diperkenankan	Tidak diperkenankan
--	---------------	------------------------	------------------------

Pemilahan secara mekanis untuk mendapatkan modulus elastisitas lentur harus dilakukan dengan mengikuti standar pemilahan mekanis yang baku. Berdasarkan modulus elastisitas lentur yang diperoleh secara mekanis, kuat acuan lainnya dapat diambil mengikuti Tabel 2.2. berikut ini. Kuat acuan yang berbeda dapat digunakan apabila ada pembuktian secara eksperimental yang mengikuti standar-standar eksperimen yang baku.

Tabel 2.2. Nilai Kuat Acuan (MPa) Berdasarkan Pemilahan Secara Mekanis pada Kadar Air 15%

Kode mutu	Modulus Elastisitas Lentur Ew	Kuat Lentur Fb	Kuat tarik Sejajar serat Ft	Kuat tekan sejajar serat Fc	Kuat Geser Fv	Kuat tekan Tegak lurus Serat Fc <sub>l</sub>
E26	25000	66	60	46	6.6	24
E25	24000	62	58	45	6.5	23
E24	23000	59	56	45	6.4	22
E23	22000	56	53	43	6.2	21
E22	21000	54	50	41	6.1	20
E21	20000	50	47	40	5.9	19
E20	19000	47	44	39	5.8	18
E19	18000	44	42	37	5.6	17
E18	17000	42	39	35	5.4	16
E17	16000	38	36	34	5.4	15
E16	15000	35	33	33	5.2	14
E15	14000	32	31	31	5.1	13
E14	13000	30	28	30	4.9	12
E13	12000	27	25	28	4.8	11
E12	11000	23	22	27	4.6	11
E11	10000	20	19	25	4.5	10
E10	9000	18	17	24	4.3	9

### 3. Mengelola kualitas bahan konstruksi kayu sesuai dengan ketentuan teknis

Kayu sebagai bahan konstruksi harus dijaga kualitasnya agar memiliki umur pakai yang lebih panjang dalam pemakaian, kekuatannya bertambah, dimensinya stabil, dan mudah diproses sesuai kebutuhan. Untuk mendapatkan kualitas bahan konstruksi kayu, harus dikelola dengan baik sesuai ketentuan teknis. Usaha yang dapat dilakukan adalah dengan proses pengawetan dan proses pengeringan kayu.

Pengawetan kayu secara permanen adalah upaya untuk memasukkan bahan pengawet ke dalam kayu, agar kayu tidak diserang oleh organisme perusak sehingga umur pakai kayu menjadi lebih panjang. Pengawetan kayu hanya memperbaiki mutu sifat keawetannya saja dan tidak dapat memperbaiki sifat keteguhan ataupun kekerasannya.

Pengawetan kayu dapat dilakukan dengan banyak cara, mulai dari cara yang sederhana sampai dengan cara yang sempurna. Masing-masing cara mempunyai tujuan yang sama yaitu untuk memasukkan bahan pengawet ke dalam kayu yang banyak dan kedalamannya sesuai dengan spesifikasi yang dipersyaratkan.

Bahan pengawet yang dapat dipakai adalah bahan pengawet yang mengandung bahan aktif yang dapat mencegah salah satu atau beberapa organisme perusak. Jenis-jenis bahan pengawet tersebut harus memiliki nama dagang dan sudah terdaftar dan diizinkan penggunaannya oleh menteri Pertanian atau komisi pestisida. Formulasi bahan pengawet dapat berupa serbuk, pasta ataupun cairan siap pakai dan dapat dilarutkan dalam air atau pelarut organik. Jenis kayu yang mempunyai kelas awet rendah, bila diawetkan dengan benar dapat bertahan sampai umur pakai di atas 25 tahun.

Kayu dinyatakan awet apabila memiliki umur pakai lama. Kayu akan berumur pakai lama apabila mampu menahan berbagai macam faktor perusak kayu. Jadi, keawetan kayu ialah daya tahan suatu jenis kayu terhadap faktor-faktor perusak yang datang dari tubuh kayu itu sendiri.

Tujuan pengawetan kayu:

- a. Untuk memperbesar keawetan kayu sehingga kayu yang mulanya memiliki umur pakai tidak panjang menjadi lebih panjang dalam pemakaian.
- b. Memanfaatkan penggunaan jenis-jenis kayu yang selama ini belum diperhitungkan dari segi keawetannya (mengingat banyaknya aneka jenis kayu di Indonesia).
- c. Adanya industri pengawetan kayu akan memberi lapangan pekerjaan (dapat mengatasi pengangguran).

Metode pengawetan dapat dikelompokkan atas dua bagian, yaitu

- a. Metode sederhana (rendaman, pencelupan, pelumasan, penyemprotan, dan pembalutan).
- b. Metode khusus (proses sel penuh, dan sel kosong).

*Metode rendaman:*

Kayu direndam di dalam bak larutan bahan pengawet yang telah ditentukan konsentrasi (kepekatan) bahan pengawet dan larutannya, selama beberapa jam atau beberapa hari. Waktu pengawetan (rendaman) kayu harus seluruhnya terendam, jangan sampai ada yang terapung. (dapat diberi beban pemberat dan *sticker*). Beberapa macam pelaksanaan rendaman, antara lain rendaman dingin, rendaman panas, dan rendaman panas dan dingin.

Cara rendaman dingin dapat dilakukan dengan bak yang terbuat dari beton, kayu atau logam anti karat, sedangkan cara rendaman panas atau rendaman panas dan dingin, lazim dilakukan dalam bak dari logam. Bila jumlah kayu yang akan diawetkan cukup banyak, perlu dipersiapkan dua bak rendaman (satu bak untuk rendaman dan bak kedua untuk membuat larutan bahan pengawet, kemudian diberi saluran penghubung). Setelah kayu siap dengan beban pemberat dan lain-lain, maka bahan pengawet dialirkan ke bak berisi kayu tersebut.

Cara rendaman panas dan dingin lebih baik dari pada cara rendaman panas atau dingin saja. Penetrasi dan retensi bahan pengawet lebih dalam dan banyak masuk ke dalam kayu. Larutan bahan pengawet

berupa garam akan memberikan hasil yang lebih baik dari pada bahan pengawet larut minyak atau berupa minyak, karena proses difusi. Kayu yang diawetkan dengan cara ini dapat digunakan untuk bangunan di bawah atap dengan penyerang perusak kayunya tidak hebat.

#### *Metode Pencelupan:*

Kayu dimasukkan ke dalam bak berisi larutan bahan pengawet dengan konsentrasi yang telah ditentukan, dengan waktu hanya beberapa menit bahkan detik. Kelemahan cara ini: penetrasi dan retensi bahan pengawet tidak memuaskan, hanya mampu melapisi permukaan kayu sangat tipis, tidak berbeda dengan cara penyemprotan dan pelaburan (pemolesan).

Cara ini umumnya dilakukan di industri-industri penggergajian untuk mencegah serangan jamur *blue stain*. Bahan pengawet yang dipakai Natrium Pentachlorophenol. Hasil pengawetan ini akan lebih baik bila kayu yang akan diawetkan dalam keadaan kering dan bahan pengawetnya dipanaskan lebih dulu.

#### *Metode Pelumasan dan penyepotan:*

Cara pengawetan ini dapat dilakukan dengan alat sederhana. Bahan pengawet yang masuk dan diam di dalam kayu sangat tipis. Bila pada kayu terdapat retak-retak, penembusan bahan pengawet tentu lebih dalam. Cara pengawetan ini hanya dipakai untuk maksud tertentu.

Hal yang penting lainnya dalam peningkatan kualitas kayu adalah pengeringan kayu. Kayu merupakan bahan hygroskopis, dimana kayu sangat peka terhadap kondisi kelembaban udara di sekitarnya. Untuk mempertinggi kestabilan dimensi agar kayu tidak lagi mengalami penyusutan atau pengembangan yang berarti perlu pengeringan. Kembang susut kayu dapat terjadi pada kayu selama dalam pemakaian akibat adanya perbedaan suhu dan kelembaban yang menyolok. Kayu yang sudah dikeringkan hanya kemungkinan kecil akan mengalami retak, pecah ataupun cacat lainnya.

Pengeringan kayu juga dapat berfungsi untuk menghindari serangan bubuk kayu basah dan jamur biru serta membuat warna yang lebih cerah terutama pada jenis-jenis kayu tertentu. Pengeringan harus dilakukan sedini mungkin, dimulai sejak kayu keluar dari penggergajian. Kayu segar yang dikeringkan sampai kadar 25% tidak lagi mendapat serangan kumbang ambrosia, sedangkan pada kadar air kayu yang mencapai 18% jamur biru tidak dapat berkembang dengan baik.

Pengeringan kayu juga diperlukan untuk mempermudah dalam proses pengolahan selanjutnya. Kayu yang sudah dikeringkan akan mudah dalam pengrajin dengan alat mesin, direkat dan finishing. Demikian juga kayu yang sudah kering lebih mudah diawetkan dengan menggunakan bahan pengawet larut minyak ataupun larut air dan akan lebih cepat berfiksasi.

Secara umum dikenal dua cara pengeringan kayu, yaitu pengeringan alam/udara dan pengeringan buatan. Masing memiliki keuntungan dan kerugian.

a. Pengeringan alam/udara:

Keuntungannya:

- 1) Biaya relatif murah, tanpa peralatan mahal
- 2) Pelaksanaannya lebih mudah, tanpa memerlukan tenaga ahli
- 3) Pengeringan dengan tenaga alam/udara (matahari)
- 4) Kapasitas dan sortimen kayu tidak terbatas.

Kerugiannya:

- 1) Waktu yang diperlukan cukup lama (tergantung cuaca)
- 2) Memerlukan areal/lapangan yang cukup luas
- 3) Cacat-cacat yang timbul sulit diperbaiki kembali
- 4) Kadar air akhir umumnya masih cukup tinggi.

Cepat lambatnya kayu mengering dengan sistem ini tergantung dari beberapa faktor, yaitu: iklim, suhu, kelembaman udara, peredaran udara, kadar air awal, jenis kayu, letak kayu, dimensi kayu, dan cara penyusunan atau penumpukannya.

Penyusunan (penumpukan) kayu dapat dilakukan dengan cara penumpukan vertikal (penumpukan silang, dan sandar), dan penumpukan horizontal (penumpukan sejajar, persegi, bersilang, dan segitiga).

Syarat-syarat penumpukan kayu:

- 1) Tempat harus rata/datar serta tinggi, sehingga tidak tergenang air saat musim hujan
- 2) Sumber hama dan penyakit kayu harus dihindarkan.
- 3) Jarak timbunan dari lantai dianjurkan setinggi  $\pm$  50 cm guna ruang kosong sirkulasi udara.
- 4) Antara tumpukan yang satu dengan lainnya harus ada ruang yang cukup untuk lintas udara dan memudahkan pengambilan dan penumpukan.
- 5) Tinggi penyusunan jangan terlalu tinggi ( $\pm$  3 m) dan bagian atas diberi beban pemberat.
- 6) Papan disusun dengan menggunakan kayu ganjal (lat, *stricker*), ganjal ini pada tiap lapisan harus disusun satu di atas yang lain sehingga garis lurus yang vertikal. Ganjal harus dibuat dari kayu yang sehat (bebas cacat), keadaan kering, bentuk persegi dan seragam.

Ukuran kayu ganjal sebagai berikut:

Tebal kayu  $<$  3 cm  $\rightarrow$  tebal ganjal 1,6 cm, lebar 2,5 cm, jarak 40 – 80 cm

Tebal kayu 3 s.d. $<$  6 cm  $\rightarrow$  tebal ganjal 2,5 cm, lebar 2,5cm, dan jarak 60–100 cm

Tebal kayu  $>$  6 cm  $\rightarrow$  tebal ganjal 4 cm, lebar 4 cm, jarak 80 - 120 cm

b. Pengeringan buatan (*klin drying*):

Pengeringan ini merupakan lanjutan hasil perkembangan pengeringan udara. Dengan kemajuan dan perkembangan teknologi modern, meningkatnya permintaan akan kayu berkualitas tinggi maka timbul usaha pengeringan buatan yang lebih efektif dan efisien dibanding pengeringan udara.



Gambar 2.12. Proses Pengeringan Kayu Buatan

Keuntungannya:

- 1) Waktu pengeringan sangat singkat
- 2) Kadar air akhir dapat diatur sesuai keinginan, dapat disesuaikan dengan tujuan penggunaan.
- 3) Kelembaban udara, temperature, dan sirkulasi udara dapat diatur sesuai jadwal pengeringan.
- 4) Terjadinya cacat kayu dapat dihindari, dan beberapa jenis kayu dapat diperbaiki.
- 5) Kontinuitas produksi tidak terganggu dan tidak diperlukan persediaan kayu yang banyak.
- 6) Tidak membutuhkan tempat yang luas
- 7) Kualitas hasil jauh lebih baik.

Kerugiannya:

- 1) Membutuhkan investasi/modal yang besar
- 2) Memerlukan tenaga ahli yang berpengalaman
- 3) Sortiran kayu yang akan dikeringkan tertentu.

Selain pengawetan dan pengeringan, terdapat proses peningkatan berat jenis kayu atau dikenal dengan istilah “densifikasi”. Seperti telah diketahui, berat jenis adalah salah satu parameter penting dalam kualitas kayu terutama sifat mekanisnya. Semakin tinggi berat jenis kayu, semakin kuat kayu tersebut.

Secara teori proses densifikasi dapat dibagi dua yaitu secara mekanis dan menggunakan bahan kimia/polymerisasi. Secara mekanis kayu dengan berat jenis rendah dikukus terlebih dahulu untuk kemudian ditekan/dipress dengan pemberian beban tertentu. Pemberian panas selama pengukusan mempunyai tujuan melunakkan ikatan sel-sel kayu untuk kemudian ditekan dan mengurangi ruang udara antar sel-sel kayu untuk kemudian ditekan dan mengurangi ruang udara antar sel kayu.

Secara kimia, peningkatan mutu kayu dapat dilakukan dengan modifikasi sifat kayu yaitu perlakuan kayu yang diberi bahan kimia, bertujuan untuk meningkatkan kekerasan dan sifat mekanis, juga ketahanan terhadap api, kelembaban dan kerusakan. Modifikasi sifat kayu dapat dilakukan secara fisik maupun kimia atau kombinasi keduanya. Modifikasi sifat kayu meliputi impregnasi bahan kimia, dengan bantuan panas dan tekanan atau kombinasi keduanya. Beberapa cara untuk memodifikasi sifat kayu antara lain dengan impregnasi, furfurilasi, asetilasi dan polimerisasi. Impregnasi adalah penyimpanan dan pengendapan bahan kimia ke dalam struktur kosong pada kayu, dinding sel atau berasiksinya bahan kimia dengan komponen dinding sel tanpa merusak struktur kayu.

Tujuan impregnasi pada umumnya untuk meningkatkan resistensi terhadap biodegradasi dan fotodegradasi, memperbaiki stabilitas dimensi, memperbaiki sifat-sifat kekuatan lainnya serta untuk meningkatkan daya tahan terhadap api. Hal tersebut tergantung dari jenis dan bahan kimia yang dipakai.

#### D. Aktivitas Pembelajaran

1. Pahami setiap materi kegiatan pembelajaran dengan membaca secara cermat dan teliti, kemudian kerjakan soal-soal latihan/kasus/tugas yang diberikan sebagai sarana evaluasi.
2. Catatlah kesulitan yang Anda dapatkan dalam modul ini untuk ditanyakan pada Fasilitator atau Widyaiswara pada saat kegiatan tatap muka. Bacalah

referensi lainnya yang berhubungan dengan materi modul agar Anda mendapatkan tambahan pengetahuan.

3. Untuk menjawab soal latihan/kasus/tugas yang diberikan usahakan memberi jawaban yang singkat, jelas dan kerjakan sesuai dengan kemampuan anda setelah mempelajari modul ini.
4. Bila terdapat penugasan, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan bilamana perlu konsultasikan hasil tersebut pada Fasilitator atau Widya Iswara.
5. Siapkan semua peralatan yang mendukung pelaksanaan kegiatan Diklat Guru Teknik Konstruksi Kayu kelompok kompetensi B.
6. Ikuti prosedur dan langkah-langkah kerja secara urut sebagaimana tercantum dalam modul ini.
7. Bila ada yang meragukan segera konsultasikan dengan Fasilitator atau Widya Iswara.
8. Mengawali dan mengakhiri pekerjaan senantiasa dengan berdo'a agar diberikan kelancaran, perlindungan dan keselamatan dari Tuhan Yang Maha Kuasa.

## E. Latihan/Kasus/Tugas

Jelaskan sifat utama kayu yang dapat dipergunakan untuk mengenal kayu.

## F. Rangkuman

Untuk mengenal/menentukan suatu jenis kayu, tidak selalu dilakukan dengan cara memeriksa kayu dalam bentuk log (kayu bundar), tetapi dapat dilakukan dengan memeriksa sepotong kecil kayu. Penentuan jenis kayu dalam bentuk log, pada umumnya dengan cara memperhatikan sifat-sifat kayu yang mudah dilihat seperti penampakan kulit, warna kayu teras, arah serat, ada tidaknya getah dan sebagainya.

Penentuan beberapa jenis kayu dalam bentuk olahan (kayu gergajian, *moulding*, dan sebagainya) masih mudah dilakukan dengan hanya

memperhatikan sifat-sifat kasar yang mudah dilihat. Sebagai contoh, kayu jati (*Tectona grandis*) memiliki gambar lingkaran tumbuh yang jelas. Namun, apabila kayu tersebut diamati dalam bentuk barang jadi dimana sifat-sifat fisik asli tidak dapat dikenali lagi karena sudah dilapisi dengan cat, maka satu-satunya cara yang dapat dipergunakan untuk menentukan jenisnya adalah dengan cara memeriksa sifat anatomi/ strukturnya. Demikian juga untuk kebanyakan kayu di Indonesia, antar jenis kayu sukar untuk dibedakan. Cara yang lebih lazim dipakai dalam penentuan jenis kayu adalah dengan memeriksa sifat anatominya (sifat struktur).

#### **G. Umpan Balik/Tindak Lanjut**

Setelah mempelajari modul ini anda diharapkan dapat mengendalikan kualitas bahan konstruksi kayu yang sesuai dengan ketentuan teknis.

#### **H. Kunci Jawaban**

Pada dasarnya terdapat 3 (tiga) sifat utama kayu yang dapat dipergunakan untuk mengenal kayu, yaitu sifat fisik (disebut juga sifat kasar atau sifat makroskopis), sifat struktur (disebut juga sifat mikroskopis), dan sifat mekanik. Secara obyektif, sifat struktur atau mikroskopis dan sifat mekanik lebih dapat diandalkan dari pada sifat fisik atau makroskopis dalam mengenal atau menentukan suatu jenis kayu. Namun untuk mendapatkan hasil yang lebih valid, akan lebih baik bila ketiga sifat ini dapat dipergunakan secara bersama-sama, karena sifat fisik akan mendukung sifat struktur dan sifat mekanik dalam menentukan jenis kayu.

## Kegiatan Pembelajaran 3

### PERHITUNGAN STATIKA MELIPUTI MOMEN, GAYA LINTANG, DAN GAYA NORMAL

#### A. Tujuan

Setelah melaksanakan kegiatan pembelajaran yang ada dalam modul diklat ini anda diharapkan dapat mengevaluasi perhitungan statika yang meliputi momen, gaya lintang, dan gaya normal.

#### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

mengevaluasi perhitungan statika yang meliputi momen, gaya lintang, dan gaya normal.

#### C. Uraian Materi

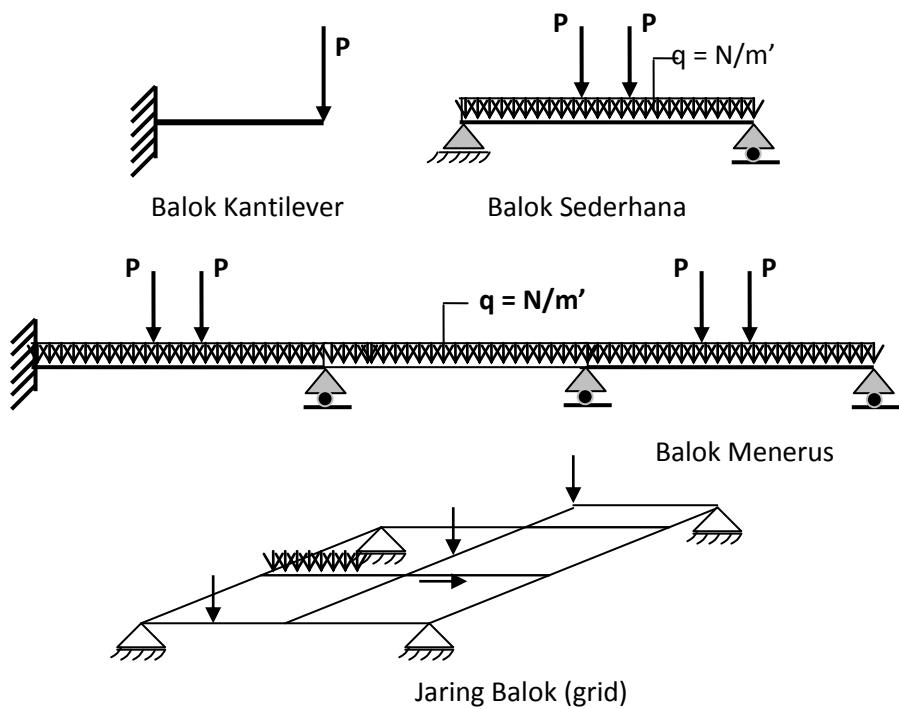
##### 1. Pendahuluan

Mekanika Teknik adalah ilmu yang membahas tentang statika dan dinamika suatu struktur. Statika membahas mengenai semua benda atau struktur yang tetap (statis). Dinamika membahas mengenai semua benda atau struktur yang bergerak (dinamis). Struktur merupakan suatu kerangka yang dirancang dalam bentuk tertentu, antara lain struktur bangunan gedung, menara, dermaga, jembatan, jalan, dan bendungan.

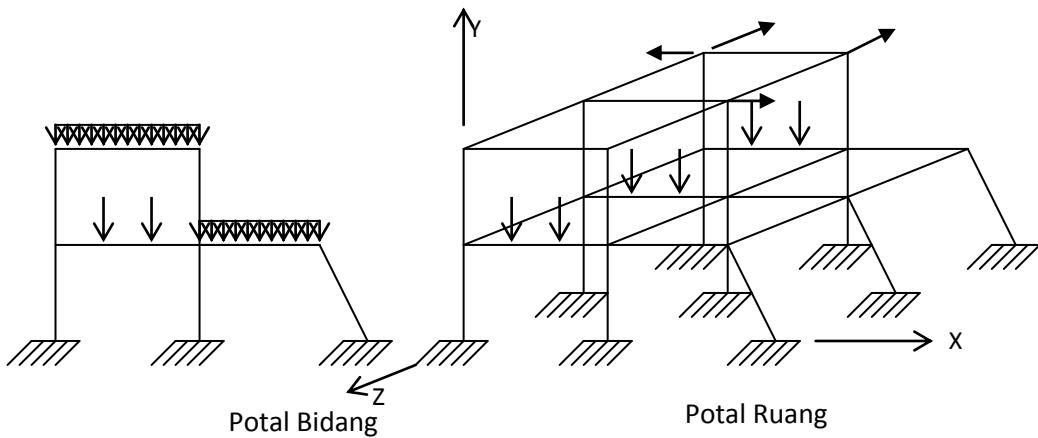
Sebagian besar struktur digolongkan atas balok (gelagar), rangka kaku (portal), dan rangka batang (truss). Balok (gelagar), yaitu batang struktural yang terletak di atas tumpuan, dirancang untuk mampu mendukung atau menahan muatan/beban vertikal dan horizontal maupun miring (Gambar 3.1). Rangka kaku (portal), yaitu struktur yang terdiri dari batang vertikal dan horizontal maupun miring, masing-masing dihubungkan dengan sambungan kaku (disebut titik simpul atau titik buhul). Struktur ini dirancang sedemikian untuk mampu mendukung atau menahan

muatan/beban vertikal dan horizontal maupun miring (Gambar 3.2). Rangka batang (truss), yaitu struktur yang dibentuk atas beberapa segi tiga batang, yang semua batang dihubungkan oleh titik-titik simpul yang dianggap sendi. Dengan demikian, momen pada batang tersebut dapat diabaikan atau dihilangkan (Gambar 3.3.).

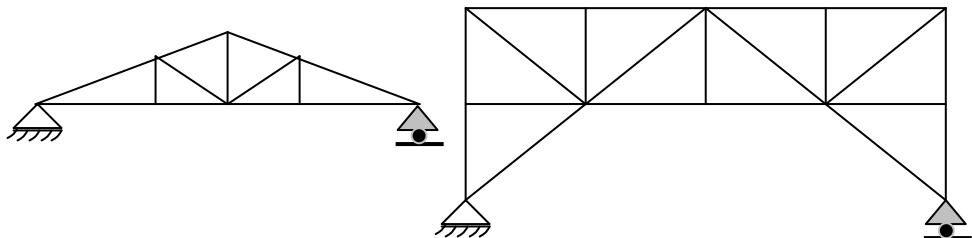
Umumnya analisis struktur menggunakan dasar statika. Statika dapat dibedakan menjadi dua, yaitu statis tertentu dan statis tak tentu. Struktur dikategorikan sebagai statis tertentu dan statis tak tentu tergantung jenis dan banyak tumpuan yang digunakan serta banyak reaksi tumpuan yang harus diketahui.



Gambar 3.1. Balok (Gelagar)

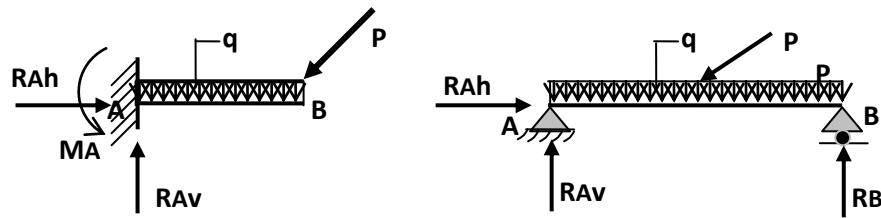


Gambar 3.2. Rangka Kaku (Portal)

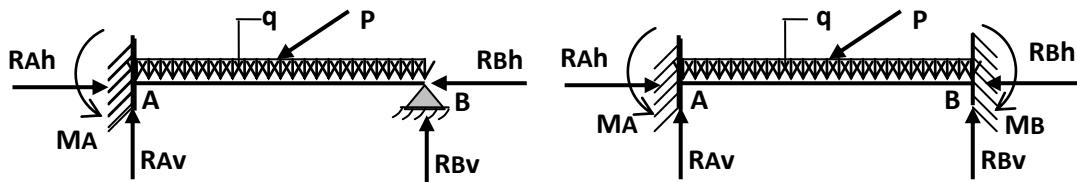


Gambar 3.3. Rangka Batang (Truss)

Untuk tinjauan sebidang atau dua dimensi, apabila jumlah reaksi tumpuan tidak lebih dari tiga dan dapat diketahui atau dihitung dengan persamaan keseimbangan statika (tiga syarat keseimbangan:  $\Sigma V=0$ ,  $\Sigma H=0$ , dan  $\Sigma M=0$ ), maka struktur dikategorikan sebagai struktur statis tertentu. Sebaliknya, jika jumlah reaksi tumpuan lebih dari tiga sehingga tidak dapat diketahui atau dihitung langsung dengan bantuan persamaan keseimbangan statika, maka struktur dikategorikan sebagai statis tak tentu. Untuk jelasnya dapat dilihat Gambar 3.4 dan 3.5. berikut ini.



Gambar 3.4. Balok Statis Tertentu

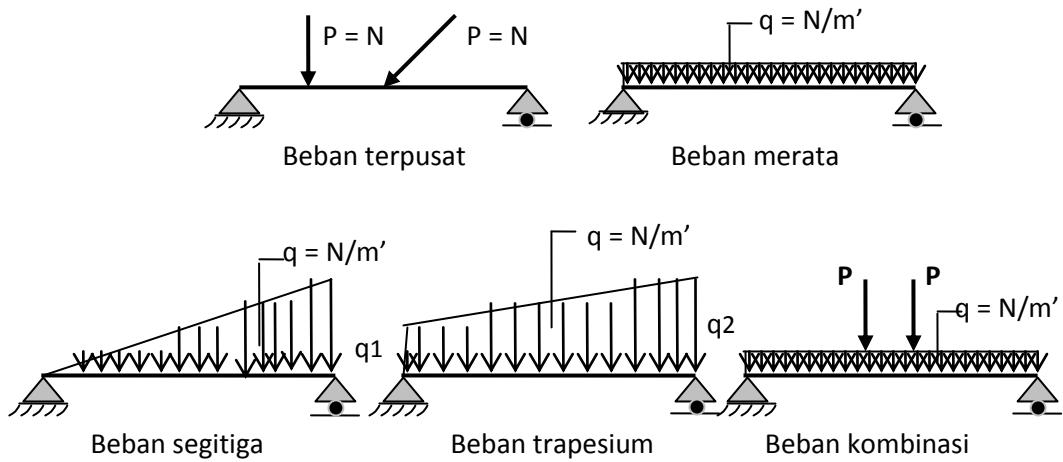


Gambar 3.5. Balok Statis Tak Tertentu

Mengingat statika hanya memberikan tiga syarat keseimbangan untuk sebuah sistem gaya-sejajar sebidang, maka yang dapat ditentukan hanyalah tiga reaksi saja. Setiap reaksi tambahan adalah berlebih, disebut sebagai derajat ketidaktentuan statis. Misalnya, suatu struktur memiliki lima reaksi, maka struktur tersebut bersifat statis tak tentu derajat ke dua. Dengan kata lain, derajat ketidaktentuan struktur sama dengan dua.

## 2. Pembebanan

Beban adalah segala kekuatan yang bekerja pada suatu benda atau struktur yang dapat dibedakan berdasarkan bentuk dan lamanya pembebanan. Berdasarkan bentuk antara lain beban titik (beban terpusat), beban merata, beban segi tiga, beban trapesium, dan beban kombinasi (lihat Gambar 3.6). Berdasarkan lamanya pembebanan, beban terbagi atas beban mati dan beban hidup.



Gambar 3.6. Jenis-jenis Pembebanan

Peraturan, pedoman, atau standar tata cara di bidang bangunan, misalnya Standar Normalisasi Indonesia (SNI) menetapkan persyaratan dan pedoman mengenai sistem pembebanan dan semua nilai-nilai bebannya. Semua ketentuan tersebut didasarkan pada informasi yang diberikan dalam Standar Nasional, seperti Pedoman Perencanaan Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung 1987. Namun, dalam banyak kasus di Indonesia, masih banyak data pembebanan struktur yang menggunakan standar peraturan asing terutama dari USA sebagai refensinya. Untuk bangunan gedung misalnya, paling tidak diambil dari dua sumber yaitu *American National Standards Institute* (ANSI) dan *Uniform Building Code* (UBC). Sedangkan untuk beban jalan raya dan jembatan berasal dari *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO). Kemudian pedoman untuk perancangan material merujuk kepada spesifikasi yang dimuat dalam Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982). Untuk spesifikasi material khusus mengambil ketentuan dari Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia (PPBBI 1983), Standar Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI-03-2847-2002), Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI 1970), atau standar metode pengujian dan perencanaan lain yang diterbitkan Depatemen Pekerjaan Umum RI. Namun demikian, masih banyak pula yang lebih suka menggunakan ketentuan yang dibuat

dan berasal dari berbagai organisasi manca negara (USA), misalnya: *American Institute of Timber Construction* (AITC) untuk material kayu, *American Institute of Steel Construction* (AISC) untuk material baja, dan *American Concrete Institute* (ACI) untuk material beton.

Beban mati adalah berat dari semua bagian struktur (berat sendiri) yang bersifat tetap, termasuk segala tambahan maupun peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari struktur tersebut. Sedangkan beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat pemakaian dan penghunian suatu bangunan, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah dan beban akibat air hujan pada atap.

Pembebanan tidak selalu berupa gaya atau aksi dari luar yang bekerja pada struktur. Beberapa dampak aksi seperti perubahan suhu, penyusutan material, dan penurunan tumpuan, tidak dapat dikatakan sebagai akibat bekerjanya beban luar. Jadi, beban adalah setiap faktor yang menimbulkan resultan dalam bentuk tegangan-tegangan dan regangan-regangan dalam komponen struktur. Dampak dari angin dan beban gravitasi merupakan contoh beban langsung, sementara dampak dari gempa bumi, perubahan suhu, dan penurunan tumpuan merupakan contoh beban tidak langsung.

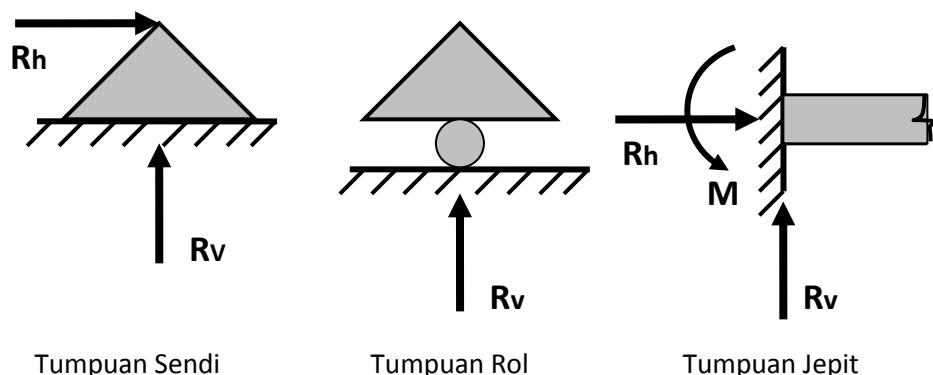
### 3. Tumpuan dan Reaksi Tumpuan

Pembebanan yang diterapkan pada suatu struktur dapat ditransmisikan melalui berbagai komponen struktur ke sejumlah titik tertentu yang disebut dengan dukungan atau perletakan atau lebih dikenal dengan tumpuan. Tumpuan dapat diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu tumpuan sendi atau engsel, tumpuan rol, dan tumpuan jepit. Ketiga jenis tumpuan ini masing-masing memiliki persyaratan tertentu dalam penggunaannya (Gambar 3.7).

Pada tumpuan sendi atau engsel membolehkan elemen strukturnya berotasi secara bebas, tetapi tidak dapat bertranslasi ke arah manapun. Dengan demikian, titik tumpu tersebut tidak dapat memberikan tahanan momen, tetapi dapat memberikan tahanan gaya pada arah manapun. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa tumpuan ini mampu menahan gaya vertikal dan horizontal atau gaya miring, namun tidak dapat memberikan tahanan momen.

Tumpuan rol dapat juga berotasi dengan bebas dan dapat menahan translasi tetapi hanya pada arah yang tegak lurus bidang tumpuan (baik mendekati mapun menjauhi tumpuan). Tumpuan rol ini tidak memberikan tahanan gaya dalam arah sejajar dengan bidang tumpuan. Secara sederhana dapat dikatakan bahwa tumpuan rol hanya mampu menahan gaya vertikal (tidak mampu menahan gaya horizontal maupun momen).

Selanjutnya, tumpuan jepit dapat menahan rotasi maupun translasi ke arah manapun. Dengan demikian, tumpuan ini dapat memberikan tahanan momen dan gaya dalam arah sembarang. Secara sederhana dapat dinyatakan bahwa tumpuan jepit memiliki kemampuan untuk menerima gaya vertikal, horizontal atau miring, dan momen.



Gambar 3.8. Jenis-jenis Tumpuan

Reaksi tumpuan adalah kemampuan suatu tumpuan untuk menahan gaya atau beban yang bekerja di atasnya, sehingga tumpuan senantiasa stabil. Menurut hukum Newton ketiga, secara umum dinyatakan bahwa

apabila ada aksi maka akan ada reaksi yang besarnya sama dengan arah berlawanan. Dengan kata lain, hukum ini menyatakan bahwa apabila suatu benda memberikan gaya pada benda lain, maka benda kedua akan selalu memberikan gaya yang sama besar dan berlawanan arah terhadap benda pertama.

Sebagai contoh, apabila balok dengan dua tumpuan sederhana sendi dan rol menahan suatu beban, maka besar reaksi tumpuan dapat dihitung dengan persamaan keseimbangan statika, yaitu:  $\Sigma V=0$ ,  $\Sigma H=0$ , dan  $\Sigma M=0$ . Dengan  $\Sigma V= 0$ , berarti semua gaya vertikal harus sama dengan nol agar terjadi keseimbangan. Dengan kata lain, aksi yang vertikal sama dengan reaksi yang vertikal. Melalui persamaan ini dapat dikontrol benar tidaknya hasil perhitungan reaksi tumpuan yang telah diperoleh (misalnya  $RA + RB = P_{\text{total}}$ ). Dapat juga digunakan untuk menentukan salah satu besar reaksi tumpuan bila reaksi tumpuan yang satunya sudah diketahui.

Dengan  $\Sigma H = 0$ , berarti semua gaya horizontal harus sama dengan nol agar terjadi keseimbangan. Artinya, aksi yang horizontal sama dengan reaksi yang horizontal. Melalui persamaan ini dapat ditentukan besar reaksi tumpuan arah horizontal (biasanya apabila terdapat beban yang arahnya horizontal pada tumpuan engsel atau jepit, misalnya  $RA_h$ ).

Dengan  $\Sigma M= 0$  berarti semua gaya baik vertikal, horizontal, maupun miring setelah dikalikan dengan jarak masing-masing terhadap tumpuan sebelahnya harus sama dengan nol agar terjadi keseimbangan. Dengan kata lain, jumlah gaya-gaya dikali jarak masing-masing terhadap titik tumpuan sama dengan nol. Melalui persamaan  $\Sigma M = 0$ , dilakukan tinjauan untuk arah ke kiri dan arah ke kanan. Tinjauan arah ke kiri menggunakan persamaan  $\Sigma MB=0$ , artinya semua gaya diarahkan (dikalikan) jaraknya terhadap titik tumpuan B harus sama dengan nol agar terjadi keseimbangan. Melalui persamaan ini dapat diketahui besar reaksi tumpuan A ( $RA$ ). Begitu pula dengan tinjauan arah ke kanan menggunakan persamaan  $\Sigma MA=0$ , artinya semua gaya diarahkan (dikalikan) jaraknya terhadap titik tumpuan A harus sama dengan nol agar terjadi

keseimbangan. Melalui persamaan ini dapat diketahui besar reaksi tumpuan B (RB).

#### 4. Gaya Lintang

Gaya lintang atau disebut juga gaya geser merupakan gaya yang bekerja tegak lurus pada balok atau gelagar. Gaya lintang yang terjadi pada balok atau gelagar dihitung dengan memperhatikan kondisi pembebanan. Apabila balok hanya menerima beban terpusat maka gaya lintang pada balok akan merata dari satu titik ke titik lainnya, misalnya DA-B menunjukkan gaya lintang di titik A hingga titik B besarnya sama. Namun, apabila balok menerima beban merata atau beban kombinasi, maka gaya lintang pada balok akan berbeda di sepanjang balok. Oleh karena itu harus ditinjau di setiap jarak tertentu maupun di setiap titik kombinasi pembebanan, misalnya Dx menunjukkan gaya lintang di setiap titik x yang ditentukan, atau Dc (kiri) dan Dc (kanan) menunjukkan gaya lintang di titik C pada titik kombinasi beban.

Gaya lintang adalah gaya yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu memanjang balok atau gelagar. Gaya ini dapat menimbulkan pergeseran pada arah penampang melintang balok. Apabila suatu balok tidak mampu menahan pengaruh gaya lintang yang bekerja, maka dapat menyebabkan balok patah. Gaya lintang merupakan gaya internal (gaya dalam) yang tidak kelihatan dan bekerja di dalam balok, namun pengaruhnya yang kelihatan, seperti gejala retak miring di sekitar tumpuan. Untuk mengatasi pengaruh gaya geser pada balok beton bertulang, dapat dilakukan dengan memberi tulangan sengkang yang cukup rapat atau dengan kombinasi sengkang dan tulangan miring di sekitar tumpuan. Ditempatkan di sekitar tumpuan karena gaya lintang maksimum berada di titik tumpuan dan berkurang hingga menuju nol di tengah bentang.

Untuk menghindari kekeliruan dalam menentukan besar gaya lintang, perlu disepakati perjanjian tanda sebagai berikut:

- Apabila gaya sebelah kiri arahnya ke atas dan gaya sebelah kanan arahnya ke bawah, maka gaya lintang positif :

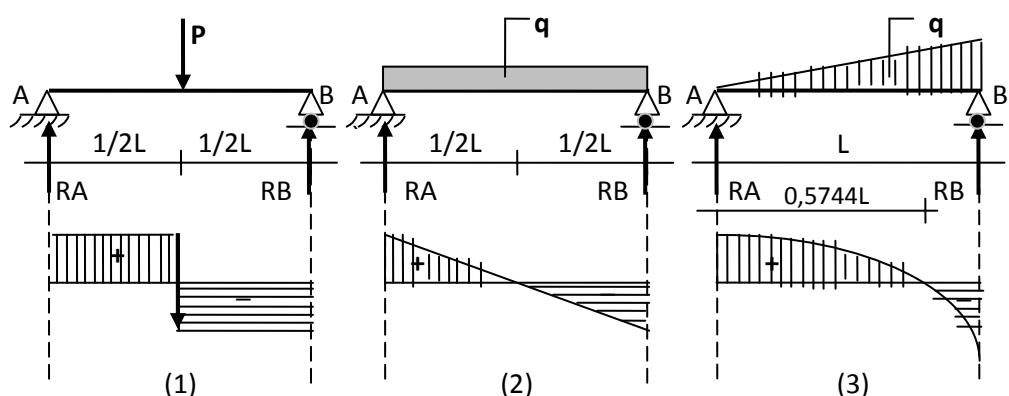


- Apabila gaya sebelah kiri arahnya ke bawah dan gaya sebelah kanan arahnya ke atas, maka gaya lintang negatif :



Diagram gaya lintang positif diletakkan di atas garis netral dengan arsiran vertikal, sedangkan diagram gaya lintang (bidang D) negatif diletakkan di bawah garis netral dengan arsiran horizontal.

Diagram gaya lintang (bidang D) menunjukkan besar gaya lintang yang terjadi pada suatu balok. Bentuk diagram gaya lintang ini bervariasi tergantung pada pengaruh beban yang bekerja. Gambar 3.1 merupakan diagram gaya lintang, yaitu: (1) akibat beban terpusat, diagram gaya geser membentuk garis lurus seja jar dengan garis netral, (2) akibat beban merata, diagram gaya lintang membentuk garis lurus miring, dan (3) akibat beban tidak merata (segitiga), diagram gaya lintang membentuk garis lengkung.

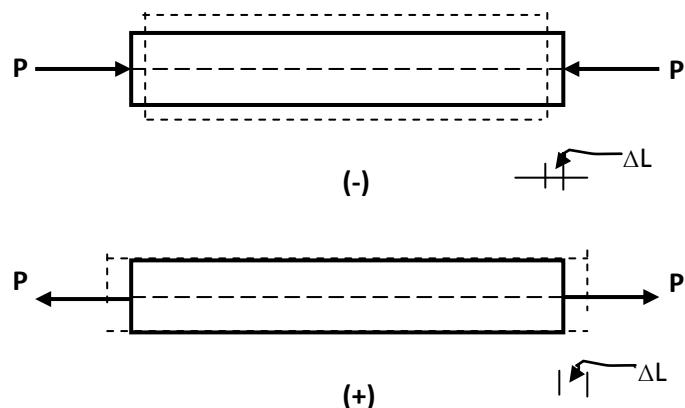


Gambar 3.9. Diagram Gaya Lintang (Bidang D)

## 5. Gaya Normal

Gaya normal merupakan gaya yang bekerja sejajar dengan sumbu memanjang balok atau gelagar. Gaya normal yang terjadi pada balok atau gelagar dihitung dengan memperhatikan kondisi pembebahan. Apabila pada balok tidak terdapat beban atau gaya yang horizontal atau miring maka tidak ada gaya normal (misalnya,  $NA-B = 0$ ). Namun, bila balok menerima gaya tekan horizontal, maka balok akan menderita tegangan tekan (-), sebaliknya balok yang menerima gaya tarik horizontal, maka balok akan menderita tegangan tarik (+).

Gaya normal dapat mengakibatkan balok tertekan atau tertarik tergantung pada arah gaya (lihat Gambar 3.10). Apabila suatu balok tidak mampu menahan pengaruh gaya normal yang bekerja, maka balok akan mengalami perubahan dimensi dan dapat menyebabkan pecah.

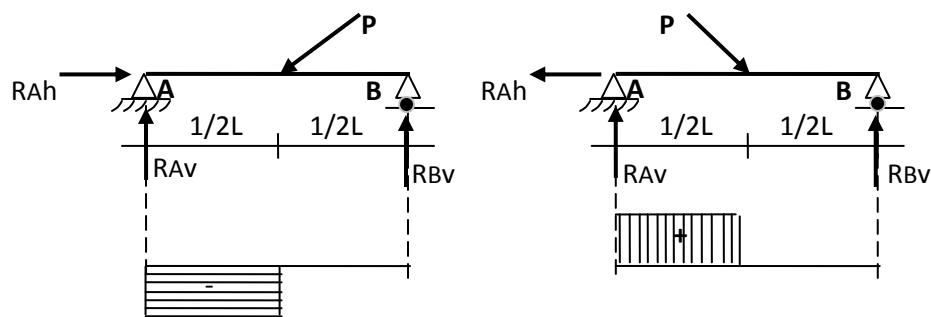


Gambar 3.10. Pengaruh Gaya Normal pada Batang

Akibat gaya normal yang menekan balok, maka balok akan mengalami perpendekan sebesar  $\Delta L$ . Demikian sebaliknya, akibat gaya normal yang menarik balok, maka balok akan mengalami perpanjangan sebesar  $\Delta L$ .

Lukisan yang menunjukkan besar gaya normal yang bekerja pada suatu balok disebut diagram gaya normal (bidang N). Diagram ini

berbentuk persegi panjang yang diletakkan di atas garis netral (+) atau di bawah garis netral (-). Gaya normal yang bekerja menekan balok dinyatakan sebagai gaya normal negatif (mengalami tegangan tekan,  $\sigma_{tk}$ ), dan gaya normal yang bekerja menarik balok dinyatakan sebagai gaya normal positif (mengalami tegangan tarik,  $\sigma_{tr}$ ). Untuk jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11. Diagram Gaya Normal

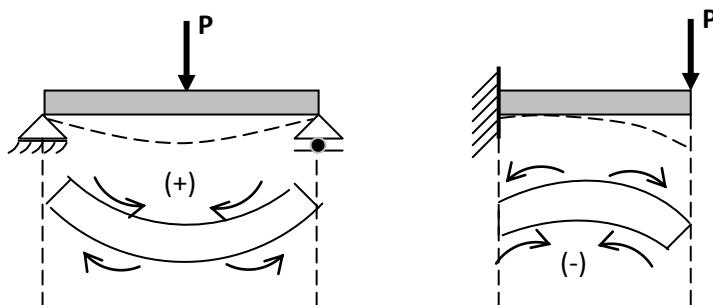
### 3. Momen Lentur

Momen lentur merupakan gaya yang menyebabkan lendutan atau lenturan pada suatu batang atau balok. Besar momen lentur pada titik tertentu suatu batang atau balok sama dengan gaya dikali jarak (lengan) terhadap titik yang ditinjau dengan satuan kNm. Momen lentur dihitung di setiap titik sepanjang batang, misalnya  $MA$  menunjukkan momen lentur di titik A dan seterusnya hingga semua titik sepanjang balok ditinjau untuk selanjutnya dilukiskan dalam bentuk diagram atau diagram lentur.

Momen lentur ialah gaya lentur yang bekerja pada suatu balok atau batang. Besarnya momen lentur di suatu titik sama dengan gaya dikali jarak terhadap titik tersebut. Momen ini dapat mengakibatkan perubahan bentuk pada penampang. Apabila suatu balok tidak mampu menahan pengaruh momen lentur yang bekerja, maka balok tersebut akan mengalami perubahan bentuk menjadi melengkung dan akhirnya patah atau hancur (Gambar 3.12).

Untuk mengatasi pengaruh momen lentur pada balok beton bertulang, dapat dilakukan dengan memberi tulangan pokok atau

tulangan utama pada daerah tarik (bagian serat yang mengalami gaya saling menarik) tergantung jenis momen yang dihasilkan (positif atau negatif). Apabila momen lentur positif, maka tulangan pokok ditempatkan di serat bawah balok. Sebaliknya, bila momen lentur negatif tulangan pokok ditempatkan di serat atas balok.



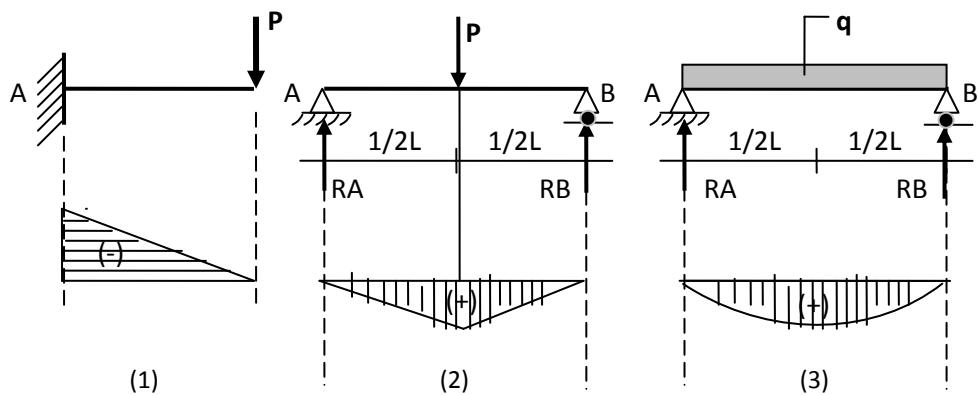
Gambar 3.13. Pengaruh Gaya Momen pada Balok

Lukisan yang menunjukkan besar momen lentur yang bekerja pada balok disebut diagram momen lentur (bidang  $M$ ). Bentuk lukisan diagram momen lentur berbeda-beda sesuai jenis pembebanan atau gaya yang bekerja. Akibat beban terpusat, diagram momen lentur berbentuk segitiga seperti pada Gambar 3.14.(1) dan 3.14.(2). Akibat beban merata, diagram momen lentur berbentuk garis lengkung atau parabola seperti pada Gambar 3.14.(3).

Untuk menghindari kekeliruan saat menentukan momen lentur positif dan negatif perlu diperhatikan beberapa ketentuan sebagai berikut:

- Apabila momen yang bekerja menimbulkan tegangan tekan pada serat bawah dan tegangan tarik pada serat atas balok, maka disebut momen negatif (dilukis di atas garis netral).
- Apabila momen yang bekerja menimbulkan tegangan tekan pada serat atas dan tegangan tarik pada serat bawah balok, maka disebut momen positif (dilukis di bawah garis netral).

c. Apabila momen berputar searah jarum jam, maka momen tersebut dinyatakan sebagai momen positif ( $M+$ ). Sebaliknya, apabila momen berputar berlawanan arah jarum jam, maka momen tersebut dinyatakan sebagai momen negatif ( $M-$ ).

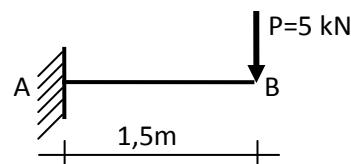


Gambar 3.14. Diagram Momen Lentur

Untuk memahami cara menggambar bidang  $D$ ,  $N$ , dan momen gelagar dan kantilever dapat dijelaskan melalui contoh-contoh kasus berikut ini.

Contoh 1:

Hitunglah dan gambarkan bidang gaya lintang ( $D$ ), dan momen lentur dari balok kantilever seperti pada Gambar 3.15.



Gambar 3.15. Contoh Soal 1

Penyelesaian:

$$\text{Reaksi tumpuan: } \Sigma V = 0; \text{ RA} - P = 0 \\ \text{RA} = P = 5 \text{ kN}$$

Gaya geser:  $VA - B = RA = 5 \text{ kN}$

Momen lentur:  $MB = 0$

$$\begin{aligned} MA &= - (P \cdot 1,5) \\ &= - (5 \cdot 1,5) = -7,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hasil analisis di atas dapat dilukiskan sebagai berikut (lihat Gambar 3.16):

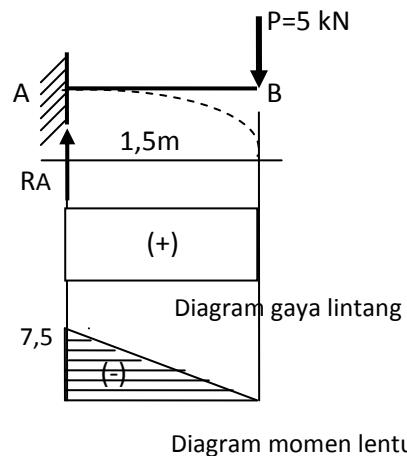
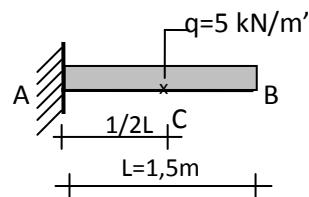


Diagram momen lentur

Gambar 3.16. Hasil Analisis Contoh 1

Contoh 2:

Hitunglah dan gambarkan bidang gaya lintang (D), dan momen lentur dari balok kantilever seperti pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17. Contoh Soal 2

Penyelesaian:

Reaksi tumpuan:  $\Sigma V=0; RA - q \cdot 1,5 = 0$

$$\begin{aligned} RA &= q \cdot 1,5 \\ &= 5 \cdot 1,5 = 7,5 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya lintang:  $DA = RA = 7,5 \text{ kN}$

$$DC = RA - q \cdot 0,75$$

$$= 7,5 - 5 \cdot 0,75 = 3,75 \text{ kN}$$

$$DB = RA - q \cdot 1,5$$

$$= 7,5 - 5 \cdot 1,5 = 0$$

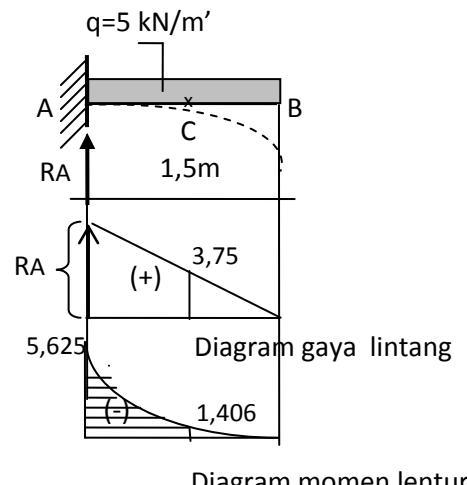
Momen lentur:  $MB = 0$

$$MC = - (q \cdot 0,75 \cdot 0,375)$$

$$= - (5 \cdot 0,75 \cdot 0,375) = -1,406 \text{ kNm}$$

$$MA = - (q \cdot 1,5 \cdot 0,75) = - (5 \cdot 1,5 \cdot 0,75) = -5,625 \text{ kNm}$$

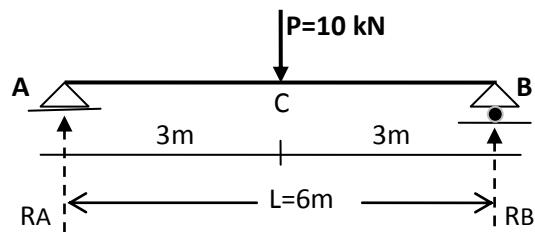
Hasil analisis di atas dapat dilukiskan sebagai berikut (lihat Gambar 3.18):



Gambar 3.18. Hasil Analisis Contoh 2

Contoh 3:

Diketahui balok sederhana dengan bentuk, dimensi, dan pembebanan seperti pada Gambar 3.19, hitunglah dan gambarkan bidang gaya lintang, dan momen lenturnya.



Gambar 3.19. Contoh 3

Penyelesaian:

$$\Sigma MB = 0 ; \quad RA \cdot L - P \cdot 3 = 0$$

$$RA = \frac{P \cdot 3}{L} = \frac{10 \cdot 3}{6} = 5 \text{ kN}$$

$$\Sigma MA = 0 ; \quad -RB \cdot L + P \cdot 3 = 0$$

$$RB = \frac{P \cdot 3}{L} = \frac{10 \cdot 3}{6} = 5 \text{ kN}$$

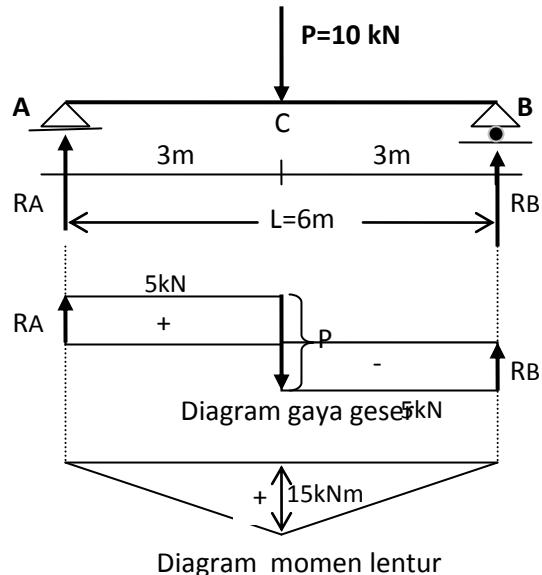
$$\text{Gaya lintang: } VA-C = RA = 5 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} VC-B &= RA - P \\ &= 5 - 10 = -5 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Momen lentur: } MA = 0$$

$$\begin{aligned} MC &= RA \cdot 3 \\ &= 5 \cdot 3 = 15 \text{ kNm} \\ MB &= RA \cdot 6 - P \cdot 3 \\ &= 5 \cdot 6 - 10 \cdot 3 = 0 \end{aligned}$$

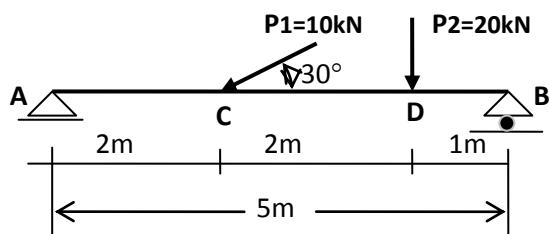
Hasil analisis di atas dapat dilukiskan sebagai berikut (Gambar 3.20):



Gambar 3.20. Hasil Analisis Contoh 3

Contoh 4:

Diketahui balok sederhana dengan bentuk, dimensi, dan pembebanan seperti pada Gambar 3.21, hitunglah dan gambarkan bidang gaya lintang, gaya normal, dan momen lenturnya.



Gambar 3.21. Contoh 4

Penyelesaian:

$$\Sigma H = 0 ; \quad RA_h - P1 \cdot \cos 30^\circ = 0$$

$$RA_h = 10 \cdot 0,866 = 8,660 \text{ kN}$$

$$\Sigma MB = 0 ; \quad RAv \cdot L - P1 \sin 30^\circ \cdot 3 - P2 \cdot 1 = 0$$

$$RAv = \frac{P1 \cdot \sin 30^\circ \cdot 3 + P2 \cdot 1}{L}$$

$$RAv = \frac{10 \cdot 0,5 \cdot 3 + 20 \cdot 1}{5} = 7 \text{ kN}$$

$$\Sigma MA = 0 ; \quad -RB \cdot L + P2 \cdot 4 + P1 \sin 30^\circ \cdot 2 = 0$$

$$RB = \frac{P2 \cdot 4 + P1 \sin 30^\circ \cdot 2}{L}$$

$$RB = \frac{20 \cdot 4 + 10 \cdot 0,5 \cdot 2}{5} = 18 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya lintang: } DA-C = RAv = 7 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} DC-D &= RAv - P1 \cdot \sin 30^\circ \\ &= 7 - 10 \cdot 0,5 = 2 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} DD-B &= RAv - P1 \sin 30^\circ - P2 \\ &= 7 - 10 \cdot 0,5 - 20 \\ &= -18 \text{ kN } (-RB) \end{aligned}$$

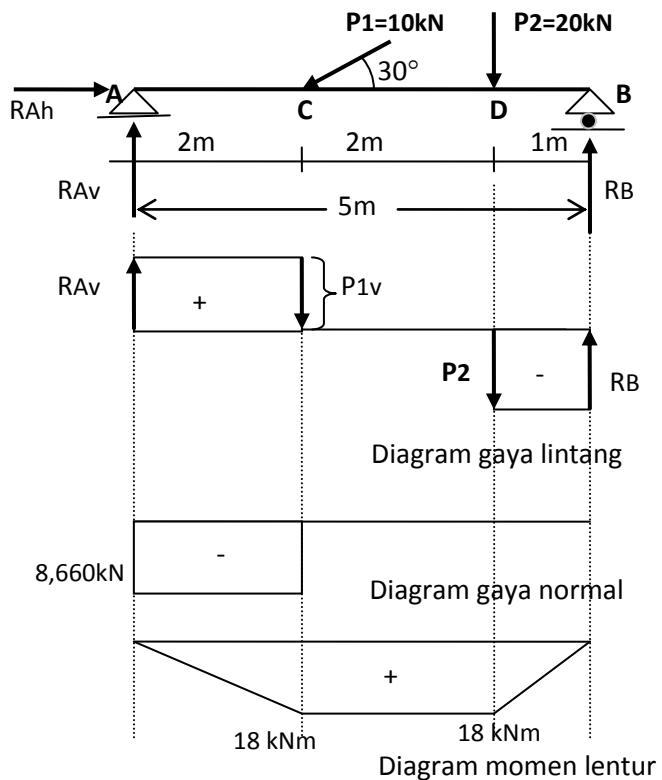
$$\text{Gaya normal: } NA-C = RAh = -8,660 \text{ kN } (\sigma \text{tk})$$

$$\text{Momen lentur: } MA = 0$$

$$MC = RAv \cdot 2 = 7 \cdot 2 = 18 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} MD &= RAv \cdot 4 - P1 \sin 30^\circ \cdot 2 \\ &= 7 \cdot 4 - 10 \cdot 0,5 \cdot 2 = 18 \text{ kNm} \\ MB &= RAv \cdot 5 - P1 \sin 30^\circ \cdot 3 - P2 \cdot 1 \\ &= 7 \cdot 5 - 10 \cdot 0,5 \cdot 3 - 20 \cdot 1 = 0 \end{aligned}$$

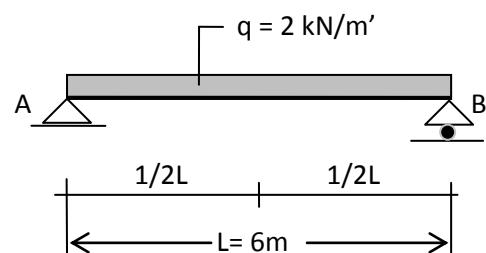
Hasil analisis di atas dapat dilukiskan sebagai berikut (Gambar 3.22):



Gambar 3.23. Hasil Analisis Contoh 4

Contoh 5:

Diketahui balok sederhana dengan bentuk, dimensi, dan pembebanan seperti pada Gambar 3.24, hitunglah dan gambarkan bidang gaya lintang, dan momen lenturnya.



Gambar 3.24. Contoh 5

Penyelesaian:

$$\Sigma MB = 0 ; \quad RA \cdot L - q \cdot L \cdot 1/2 \cdot L = 0$$

$$RA = \frac{1/2 \cdot q \cdot L^2}{L} = \frac{1/2 \cdot 2 \cdot 6^2}{6} = 6 \text{ kN}$$

$$\Sigma MA = 0 ; \quad - RB \cdot L + q \cdot L \cdot 1/2 \cdot L = 0$$

$$RB = \frac{1/2 \cdot q \cdot L^2}{L} = \frac{1/2 \cdot 2 \cdot 6^2}{6} = 6 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya lintang: } DA = RA = 6 \text{ kN}$$

$$Dx = RA - q \cdot x$$

$$x = 0 \text{ m} \rightarrow 6 - 2 \cdot 0 = 6 \text{ kN} = (RA)$$

$$x = 1 \text{ m} \rightarrow 6 - 2 \cdot 1 = 4 \text{ kN}$$

$$x = 2 \text{ m} \rightarrow 6 - 2 \cdot 2 = 2 \text{ kN}$$

$$x = 3 \text{ m} \rightarrow 6 - 2 \cdot 3 = 0 \text{ kN}$$

$$x = 4 \text{ m} \rightarrow 6 - 2 \cdot 4 = -2 \text{ kN}$$

$$x = 5 \text{ m} \rightarrow 6 - 2 \cdot 5 = -4 \text{ kN}$$

$$x = 6 \text{ m} \rightarrow 6 - 2 \cdot 6 = -6 \text{ kN} (-RB)$$

$$\text{Momen lentur: } MA = 0$$

$$Mx = RA \cdot x - 1/2 \cdot q \cdot x^2$$

$$x = 0 \text{ m} \rightarrow 6 \cdot 0 - 1/2 \cdot 2 \cdot 0 = 0$$

$$x = 1 \text{ m} \rightarrow 6 \cdot 1 - 1/2 \cdot 2 \cdot 1^2 = 5 \text{ kNm}$$

$$x = 2 \text{ m} \rightarrow 6 \cdot 2 - 1/2 \cdot 2 \cdot 2^2 = 8 \text{ kNm}$$

$$x = 3 \text{ m} \rightarrow 6 \cdot 3 - 1/2 \cdot 2 \cdot 3^2 = 9 \text{ kNm}$$

$$x = 4 \text{ m} \rightarrow 6 \cdot 4 - 1/2 \cdot 2 \cdot 4^2 = 8 \text{ kNm}$$

$$x = 5 \text{ m} \rightarrow 6 \cdot 5 - 1/2 \cdot 2 \cdot 5^2 = 5 \text{ kNm}$$

$$x = 6 \text{ m} \rightarrow 6 \cdot 6 - 1/2 \cdot 2 \cdot 6^2 = 0 \text{ kNm}$$

$$M \text{ maks} \rightarrow \forall x = 0 \rightarrow RA - q \cdot x = 0$$

$$6 - 2 \cdot x = 0$$

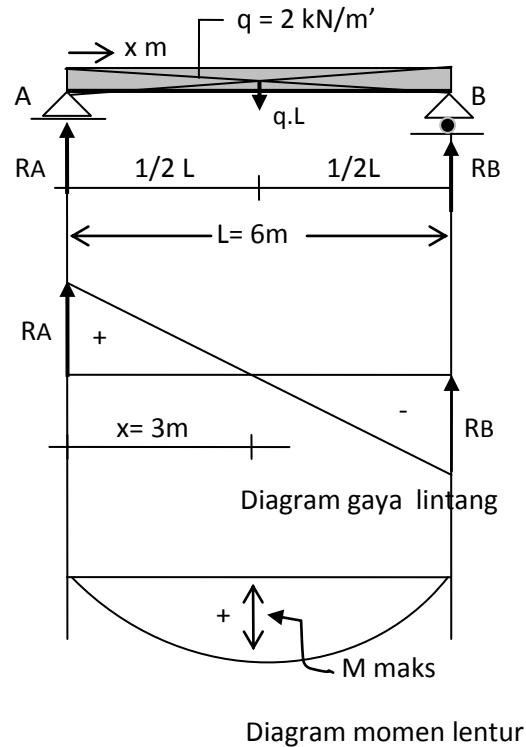
$$x = 3 \text{ m}$$

$$M \text{ maks} = RA \cdot x - 1/2 \cdot q \cdot x^2$$

$$= 6 \cdot 3 - 1/2 \cdot 2 \cdot 3^2$$

$$= 9 \text{ kNm}$$

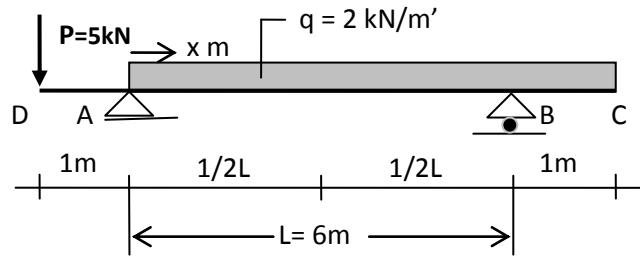
Hasil analisis di atas dapat dilukiskan sebagai berikut (Gambar 3.25):



Gambar 3.25. Hasil Analisis Contoh 5

Contoh 6:

Diketahui balok sederhana dengan bentuk, dimensi, dan pembebanan seperti pada Gambar 3.26, hitunglah dan gambarkan bidang gaya lintang, dan momen lenturnya.



Gambar 3.26. Contoh 6

Penyelesaian:

$$\Sigma MB = 0 ; RA \cdot L - P \cdot 7 - q \cdot L \cdot \frac{1}{2} \cdot L + q \cdot 1 \cdot 0,5 = 0$$

$$RA = \frac{P \cdot 7 + \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 - q \cdot 1 \cdot 0,5}{L}$$

$$= \frac{5 \cdot 7 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 6^2 - 2 \cdot 1 \cdot 0,5}{6}$$

$$= 11,667 \text{ kN}$$

$$\Sigma MA = 0 ; -RB \cdot L + q \cdot 7 \cdot \frac{1}{2} \cdot 7 - P \cdot 1 = 0$$

$$RB = \frac{\frac{1}{2} \cdot q \cdot 7^2 - P \cdot 1}{L}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 7^2 - 5 \cdot 1}{6} = 7,333 \text{ kN}$$

Gaya lintang: DD-A = -P = 5 kN

$$DA = -P + RA = -5 + 11,667$$

$$= 6,667 \text{ kN}$$

$$Dx = -P + RA - q \cdot x$$

$$x = 0 \text{ m} \rightarrow -5 + 11,667 - 2 \cdot 0 = 6,667 \text{ kN}$$

$$x = 1 \text{ m} \rightarrow -5 + 11,667 - 2 \cdot 1 = 4,667 \text{ kN}$$

$$x = 2 \text{ m} \rightarrow -5 + 11,667 - 2 \cdot 2 = 2,667 \text{ kN}$$

$$x = 3 \text{ m} \rightarrow -5 + 11,667 - 2 \cdot 3 = 0,667 \text{ kN}$$

$$x = 4 \text{ m} \rightarrow -5 + 11,667 - 2 \cdot 4 = -1,333 \text{ kN}$$

$$x = 5 \text{ m} \rightarrow -5 + 11,667 - 2 \cdot 5 = -3,333 \text{ kN}$$

$$x = 6 \text{ m} \rightarrow -5 + 11,667 - 2 \cdot 6 = -5,333 \text{ kN (VB kiri)}$$

$$DB \text{ kanan} = -P + RA - q \cdot L + RB$$

$$= -5 + 11,667 - 2 \cdot 6 + 7,333 = 2 \text{ kN}$$

$$DC = -P + RA - q \cdot 7 + RB$$

$$= -5 + 11,667 - 2 \cdot 7 + 7,333$$

$$= 0$$

Momen lentur:  $MD = 0$

$$MA = -P \cdot 1 = -5 \cdot 1 = -5 \text{ kNm}$$

$$Mx = -P \cdot (1+x) + RA \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2$$

$$x = 0 \text{ m} \rightarrow -5 \cdot 1 + 11,667 \cdot 0 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 0 = -5 \text{ kNm}$$

$$x = 1 \text{ m} \rightarrow -5 \cdot 2 + 11,667 \cdot 1 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 1^2 = 2,667 \text{ kNm}$$

$$x = 2 \text{ m} \rightarrow -5 \cdot 3 + 11,667 \cdot 2 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 2^2 = 4,334 \text{ kNm}$$

$$x = 3 \text{ m} \rightarrow -5 \cdot 4 + 11,667 \cdot 3 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 3^2 = 6 \text{ kNm}$$

$$x = 4 \text{ m} \rightarrow -5 \cdot 5 + 11,667 \cdot 4 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 4^2 = 5,668 \text{ kNm}$$

$$x = 5 \text{ m} \rightarrow -5 \cdot 6 + 11,667 \cdot 5 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 5^2 = 3,335 \text{ kNm}$$

$$x = 6 \text{ m} \rightarrow -5 \cdot 7 + 11,667 \cdot 6 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 6^2 = -1 \text{ kNm (MB)}$$

$$MC = -P \cdot 8 + RA \cdot 7 - \frac{1}{2} \cdot q \cdot 7^2 + RB \cdot 1$$

$$= -5 \cdot 8 + 11,667 \cdot 7 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 7^2 + 7,333 \cdot 1$$

$$= 0$$

$$M \text{ maks} \rightarrow Dx = 0 \implies -P + RA - q \cdot x = 0$$

$$-5 + 11,667 - 2 \cdot x = 0$$

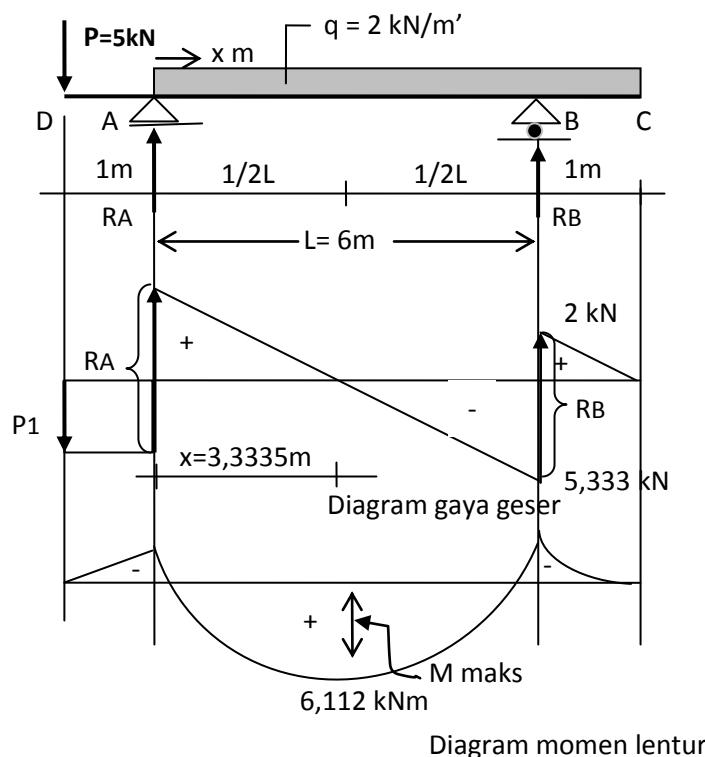
$$x = 3,3335 \text{ m}$$

$$M \text{ maks} = -P \cdot (1+x) + RA \cdot x - \frac{1}{2} \cdot q \cdot x^2$$

$$= -5 \cdot 4,3335 + 11,667 \cdot 3,3335 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 3,3335^2$$

$$= 6,112 \text{ kNm}$$

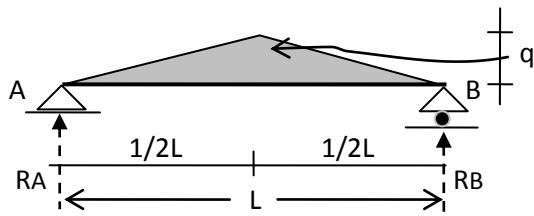
Hasil analisis di atas dapat dilukiskan sebagai berikut (Gambar 3.27):



Gambar 3.27. Hasil Analisis Contoh 6

## Balok Sederhana dengan Beban Segitiga

Untuk menghitung gaya-gaya internal (gaya-gaya dalam) suatu balok sederhana dengan beban segitiga seperti pada Gambar 3.28, dapat dilakukan sebagai berikut:



Gambar 3.28. Balok Sederhana dengan Beban Segitiga

1. Sebelum menghitung besar reaksi tumpuan sebenarnya, lebih dulu diasumsikan terdapat reaksi tumpuan RA dan RB positif yang dilukis dalam bentuk vektor. Selanjutnya, dengan bantuan persamaan keseimbangan statika besar reaksi tumpuan sebenarnya dapat diperoleh.
2. Reaksi tumpuan A dihitung dengan persamaan keseimbangan statika di titik B, yaitu:  $\Sigma MB = 0$  ;  $RA \cdot L - q \cdot \frac{1}{2}L \cdot \frac{1}{2}L = 0$

$$RA = \frac{1}{4}qL$$

3. Reaksi tumpuan B dihitung dengan persamaan keseimbangan statika di titik A, yaitu:  $\Sigma MA = 0$  ;  $-RB \cdot L + q \cdot \frac{1}{2}L \cdot \frac{1}{2}L = 0$

$$RB = \frac{1}{4}qL$$

4. Kontrol hasil yang diperoleh dengan ketentuan hukum Newton III, bahwa aksi harus sama dengan reaksi. Gunakan bantuan salah satu persamaan keseimbangan statika, yaitu:  $\Sigma V = 0$  ;  $RA + RB - q \cdot L = 0$

$$\frac{1}{4}qL + \frac{1}{4}qL - \frac{1}{2}qL = 0 \text{ (Ok)}$$

5. Hitung gaya geser, yaitu gaya yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu memanjang balok. Dalam kasus ini, disepanjang balok mulai dari titik A hingga titik B akan menghasilkan gaya geser yang berbeda.

Gaya geser ditinjau sejarak  $x$  dari tumpuan A, masing-masing  $qx$  ( $q$  sejarak  $x$ ) ditentukan dengan perbandingan dua segitiga, yaitu:

$$\frac{q}{\frac{1}{2}L} = \frac{qx}{x} \rightarrow qx = \frac{q \cdot x}{\frac{1}{2}L} = \frac{q \cdot 2x}{L}$$

Gaya geser:  $VA = RA$

$$Vx = RA - \frac{1}{2}x \cdot (qx)$$

dimana:  $x$  = jarak titik tinjauan dari tumpuan A

6. Gaya normal, yaitu gaya yang bekerja sejajar sumbu memanjang balok. Dalam kasus ini tidak terdapat gaya tersebut, sehingga gaya normal sama dengan nol, yaitu  $NA-B = 0$

7. Momen lentur dihitung mulai dari titik awal balok, dalam kasus ini dimulai dari tumpuan A, yaitu gaya dikali jarak terhadap titik yang ditinjau.

Momen lentur di titik A:  $MA = RA \cdot 0 = 0$

Momen lentur di titik  $x$  :  $Mx = RA \cdot x - \frac{1}{2}x \cdot (qx) \cdot \frac{1}{3}x$

$$= \frac{1}{4}qL \cdot x - \frac{1}{2}x \cdot (q \cdot 2x/L) \cdot \frac{1}{3}x$$

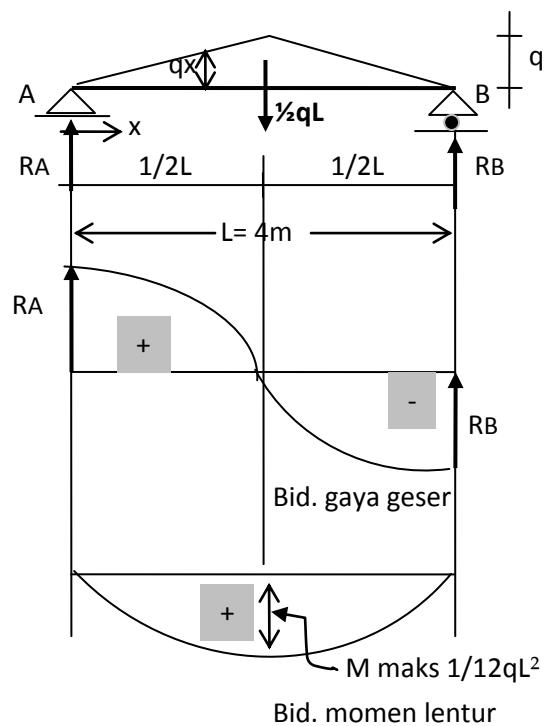
Momen lentur maksimum berada di tengah bentang sejarak  $x = \frac{1}{2}L$ , yaitu:

$$M_{\text{maks}} = \frac{1}{4}qL \cdot \frac{1}{2}L - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}L \cdot (q \cdot 2 \cdot \frac{1}{2}L/L) \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2}L$$

$$= \frac{1}{8}qL^2 - 1/24 qL^2$$

$$= \frac{1}{12}qL^2$$

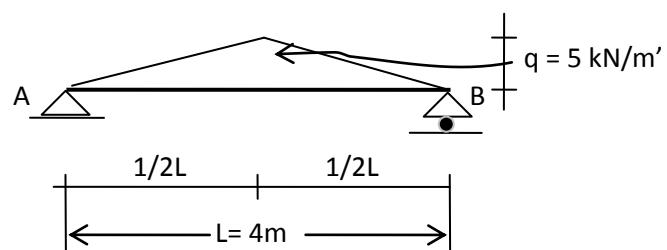
Hasil analisis tersebut di atas dapat dilukiskan dalam bentuk diagram sebagai berikut:



Gambar 3.29. Hasil Analisis Balok Sederhana dengan Beban Segitiga

Contoh Soal 1:

Diketahui balok sederhana dengan bentuk, dimensi, dan pembebanan seperti pada Gambar 3.30, hitung dan lukislah bidang gaya geser, dan momen lenturnya.



Gambar 3.30. Contoh Soal 1

Penyelesaian:

Untuk menentukan reaksi tumpuan RA dan RB, beban segitiga  $q$  dapat diubah menjadi beban terpusat  $Q$  yang bekerja pada titik berat segi tiga.

$$Q = \frac{1}{2}q \cdot L \rightarrow \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 4 = 10 \text{ kN}$$

$$\Sigma MB = 0; \quad RA \cdot L - Q \cdot \frac{1}{2}L = 0$$

$$RA = \frac{\frac{1}{2}Q \cdot L}{L} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 4}{4} = 5 \text{ kN}$$

$$\Sigma MA = 0; \quad - RB \cdot L + Q \cdot \frac{1}{2}L = 0$$

$$RB = \frac{\frac{1}{2}Q \cdot L}{L} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 10 \cdot 4}{4} = 5 \text{ kN}$$

$$\text{Kontrol: } \Sigma V = 0; \quad RA + RB - (\frac{1}{2}q \cdot L) = 0$$

$$5 + 5 - (\frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 4) = 0 \text{ (ok)}$$

Gaya geser ditinjau sejauh  $x$  dari tumpuan A, masing-masing  $qx$  ( $q$  sejauh  $x$ ) ditentukan dengan perbandingan dua segitiga, yaitu:

$$\frac{q}{\frac{1}{2}L} = \frac{qx}{x} \rightarrow qx = \frac{q \cdot x}{\frac{1}{2}L} = \frac{q \cdot 2x}{L}$$

$$VA = RA = 5 \text{ kN}$$

$$Vx = RA - \frac{1}{2}x \cdot (qx)$$

$$x = 0 \text{ m} \rightarrow 5 - \frac{1}{2} \cdot 0 \cdot (5 \cdot 2 \cdot 0 / 4) = 5 \text{ kN} = (RA)$$

$$x = 1 \text{ m} \rightarrow 5 - \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot (5 \cdot 2 \cdot 1 / 4) = 3,75 \text{ kN}$$

$$x = 2 \text{ m} \rightarrow 5 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot (5 \cdot 2 \cdot 2 / 4) = 0$$

Oleh karena bentuk dan pembebanan struktur simetris, maka cukup ditinjau setengah bentang. Sedangkan setengah bentang lainnya sama nilainya dengan hasil di atas, namun tandanya berbeda (negatif), yaitu:

$$x = 3 \text{ m} \rightarrow = -3,75 \text{ kN}$$

$$x = 4 \text{ m} \rightarrow = -5 \text{ kN} = VB (-RB)$$

Momen lentur juga ditinjau sejauh  $x$  dari tumpuan A. Bentuk lukisan diagram lentur dapat diketahui berdasarkan tinjauan momen lentur tiap jarak  $x$ . Semakin kecil jarak  $x$  yang ditinjau semakin teliti hasil lukisan diagram lentur yang terbentuk.

$$MA = 0$$

$$Mx = RA \cdot x - \frac{1}{2} \cdot x \cdot (qx) \cdot \frac{1}{3} \cdot x$$

$$x = 0 \text{ m} \rightarrow 5 \cdot 0 - \frac{1}{2} \cdot 0 \cdot (5 \cdot 2 \cdot 0 / 4) \cdot \frac{1}{3} \cdot 0 = 0$$

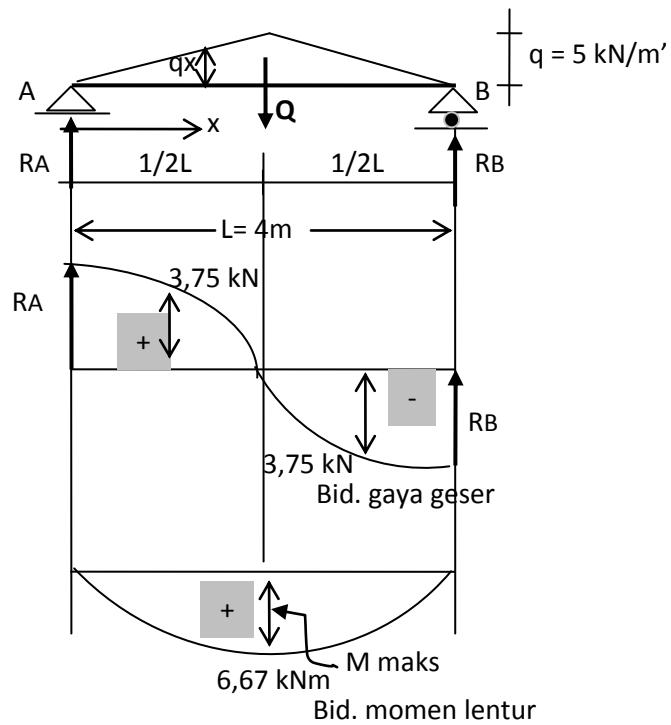
$$x = 1 \text{ m} \rightarrow 5 \cdot 1 - \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot (5 \cdot 2 \cdot 1 / 4) \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 = 4,58 \text{ kNm}$$

$$x = 2 \text{ m} \rightarrow 5 \cdot 2 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot (5 \cdot 2 \cdot 2 / 4) \cdot \frac{1}{3} \cdot 2 = 6,67 \text{ kNm}$$

Oleh karena bentuk dan pembebanan struktur simetris, maka cukup ditinjau setengah bentang. Sedangkan setengah bentang lainnya sama nilainya dengan hasil di atas, yaitu:

$$x = 3 \text{ m} \rightarrow = 4,58 \text{ kN}, \text{ dan } x = 4 \text{ m} \rightarrow = 0$$

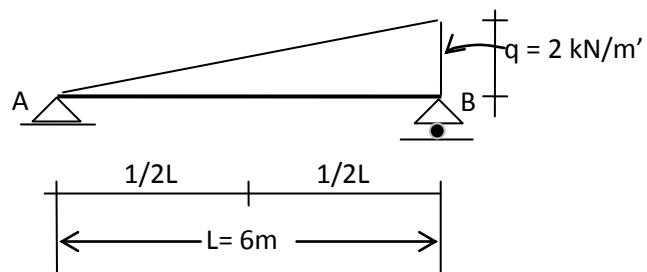
Hasil analisis di atas dapat dilukiskan sebagai berikut (Gambar 3.31):



Gambar 3.31. Hasil Analisis Contoh Soal 1

Contoh Soal 2:

Diketahui balok sederhana dengan bentuk, dimensi, dan pembebanan seperti pada Gambar 3.32, hitung dan lukislah bidang gaya geser, dan momen lenturnya.



Gambar 3.32. Contoh Soal 2

Penyelesaian:

Untuk menentukan reaksi tumpuan RA dan RB, beban segitiga  $q$  dapat diubah menjadi beban terpusat  $Q$  yang bekerja di titik berat segi tiga.

$$Q = \frac{1}{2} \cdot q \cdot L$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 6 = 6 \text{ kN}$$

$$\Sigma MB = 0 ; RA \cdot L - Q \cdot \frac{1}{3} \cdot L = 0$$

$$RA = \frac{\frac{1}{3} \cdot Q \cdot L}{L} = \frac{\frac{1}{3} \cdot 6 \cdot 6}{6} = 2 \text{ kN}$$

$$\Sigma MA = 0 ; - RB \cdot L + Q \cdot \frac{2}{3} \cdot L = 0$$

$$RB = \frac{\frac{2}{3} \cdot Q \cdot L}{L} = \frac{\frac{2}{3} \cdot 6 \cdot 6}{6} = 4 \text{ kN}$$

$$\text{Kontrol: } \Sigma V = 0; RA + RB - (1/2 \cdot q \cdot L) = 0$$

$$2 + 4 - (1/2 \cdot 2 \cdot 6) = 0 \text{ (Ok)}$$

Gaya geser ditinjau sejauh  $x$  dari tumpuan A, masing-masing  $qx$  ( $q$  sejauh  $x$ ) ditentukan dengan perbandingan dua segitiga, yaitu:

$$\frac{q}{L} = \frac{qx}{x} \rightarrow qx = \frac{q \cdot x}{L}$$

$$VA = RA = 2 \text{ kN}$$

$$Vx = RA - \frac{1}{2} \cdot x \cdot (qx)$$

$$x = 0 \text{ m} \rightarrow 2 - \frac{1}{2} \cdot 0 \cdot (2 \cdot 0 / 6) = 2 \text{ kN} = (RA)$$

$$x = 1 \text{ m} \rightarrow 2 - \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot (2 \cdot 1 / 6) = 1,833 \text{ kN}$$

$$x = 2 \text{ m} \rightarrow 2 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot (2 \cdot 2 / 6) = 1,333 \text{ kN}$$

$$x = 3 \text{ m} \rightarrow 2 - \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot (2 \cdot 3 / 6) = 0,5 \text{ kN}$$

$$x = 4 \text{ m} \rightarrow 2 - \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot (2 \cdot 4 / 6) = -0,667 \text{ kN}$$

$$x = 5 \text{ m} \rightarrow 2 - \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot (2 \cdot 5 / 6) = -2,167 \text{ kN}$$

$$x = 6 \text{ m} \rightarrow 2 - \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot (2 \cdot 6 / 6) = -4 \text{ kN} = V_B \rightarrow (-RB)$$

Momen lentur juga ditinjau sejauh  $x$  dari tumpuan A. Bentuk lukisan diagram lentur dapat diketahui berdasarkan tinjauan momen lentur tiap jarak  $x$ . Semakin kecil jarak  $x$  yang ditinjau semakin teliti hasil lukisan diagram lentur yang terbentuk.

$$MA = 0$$

$$Mx = RA \cdot x - \frac{1}{2} \cdot x \cdot (q \cdot x / L) \cdot \frac{1}{3} \cdot x$$

$$x = 0 \text{ m} \rightarrow 2 \cdot 0 - \frac{1}{2} \cdot 0 \cdot (2 \cdot 0 / 6) \cdot \frac{1}{3} \cdot 0 = 0$$

$$x = 1 \text{ m} \rightarrow 2 \cdot 1 - \frac{1}{2} \cdot 1 \cdot (2 \cdot 1 / 6) \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 = 1,94 \text{ kNm}$$

$$x = 2 \text{ m} \rightarrow 2 \cdot 2 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot (2 \cdot 2 / 6) \cdot \frac{1}{3} \cdot 2 = 3,556 \text{ kNm}$$

$$x = 3 \text{ m} \rightarrow 2 \cdot 3 - \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot (2 \cdot 3 / 6) \cdot \frac{1}{3} \cdot 3 = 4,5 \text{ kNm}$$

$$x = 4 \text{ m} \rightarrow 2 \cdot 4 - \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot (2 \cdot 4 / 6) \cdot \frac{1}{3} \cdot 4 = 4,444 \text{ kNm}$$

$$x = 5 \text{ m} \rightarrow 2 \cdot 5 - \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot (2 \cdot 5 / 6) \cdot \frac{1}{3} \cdot 5 = 3,056 \text{ kNm}$$

$$x = 6 \text{ m} \rightarrow 2 \cdot 6 - \frac{1}{2} \cdot 6 \cdot (2 \cdot 6 / 6) \cdot \frac{1}{3} \cdot 6 = 0$$

Momen maksimum berada pada titik di mana gaya geser sama dengan nol, yaitu:

$$M \text{ maks} \rightarrow Vx = 0 \implies RA - (q \cdot x / L) \cdot \frac{1}{2} \cdot x = 0$$

$$2 - (2 \cdot x / 6) \cdot \frac{1}{2} \cdot x = 0$$

$$2 - x^2 / 6 = 0$$

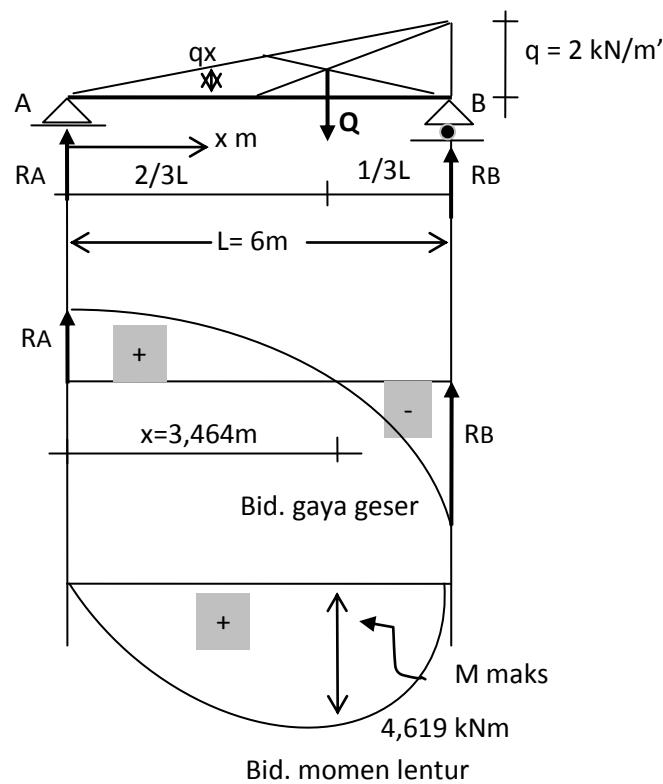
$$x^2 = 12$$

$$x = \sqrt{12} = 3,464 \text{ m}$$

Dengan demikian, momen maksimum berada di titik sejauh 3,464 m dari tumpuan A, yaitu:

$$\begin{aligned} M \text{ maks} &= RA \cdot x - \frac{1}{2} \cdot x \cdot (q \cdot x / L) \cdot \frac{1}{3} \cdot x \\ &= 2 \cdot 3,464 - \frac{1}{2} \cdot 3,464 \cdot (2 \cdot 3,464 / 6) \cdot \frac{1}{3} \cdot 3,464 \\ &= 4,619 \text{ kNm} \end{aligned}$$

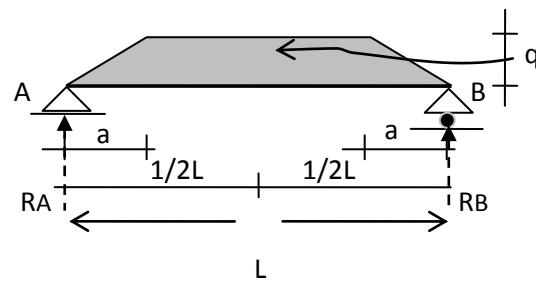
Hasil analisis di atas dapat dilukiskan sebagai berikut (Gambar 3.33):



Gambar 3.33. Hasil Analisis Contoh Soal 2

### Balok Sederhana dengan Beban Trapesium

Untuk menghitung gaya-gaya internal (gaya-gaya dalam) suatu balok sederhana dengan beban trapesium seperti pada Gambar 3.34, dapat dilakukan sebagai berikut:



Gambar 3.34. Balok Sederhana dengan Beban Trapesium

1. Sebelum menghitung besar reaksi tumpuan sebenarnya, lebih dulu diasumsikan terdapat reaksi tumpuan RA dan RB positif yang dilukis dalam bentuk vektor. Selanjutnya, dengan bantuan persamaan keseimbangan statika besar reaksi tumpuan sebenarnya akan dapat diperoleh.
2. Reaksi tumpuan A dihitung dengan persamaan keseimbangan statika di titik B, yaitu:  $\Sigma MB = 0$  ;  $RA \cdot L - (L + (L - 2a)) \cdot \frac{1}{2}q \cdot \frac{1}{2}L = 0$

$$RA \cdot L - (\frac{1}{4}qL^2 + \frac{1}{4}qL^2 - \frac{1}{2}q \cdot L \cdot a) = 0$$

$$RA = \frac{1}{2}qL - \frac{1}{2}qa$$

3. Reaksi tumpuan B dihitung dengan persamaan keseimbangan statika di titik A, yaitu:  $\Sigma MA = 0$  ;  $-RB \cdot L + (L + (L - 2a)) \cdot \frac{1}{2}q \cdot \frac{1}{2}L = 0$

$$-RB \cdot L + (\frac{1}{4}qL^2 + \frac{1}{4}qL^2 - \frac{1}{2}q \cdot L \cdot a) = 0$$

$$RB = \frac{1}{2}qL - \frac{1}{2}qa$$

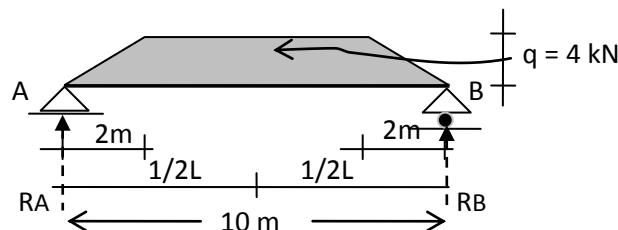
4. Kontrol hasil yang diperoleh dengan ketentuan hukum Newton III, bahwa aksi harus sama dengan reaksi. Gunakan bantuan salah satu persamaan keseimbangan statika, yaitu:  $\Sigma V = 0$  ;  $RA + RB - (L + (L - 2a)) \cdot \frac{1}{2}q = 0$

$$(\frac{1}{2}qL - \frac{1}{2}qa) + (\frac{1}{2}qL - \frac{1}{2}qa) - (\frac{1}{2}qL + \frac{1}{2}qL - q \cdot a) = 0$$

$$qL - qa - qL + qa = 0 \text{ (Ok)}$$

Contoh Soal 1:

Diketahui balok sederhana dengan bentuk, dimensi, dan pembebanan seperti pada gambar 3.35, Hitung dan lukislah bidang gaya geser, dan momen lenturnya.



Gambar 3.35. Contoh Soal 1

Penyelesaian:

Reaksi tumpuan A dihitung dengan persamaan keseimbangan statika di titik B, yaitu:  $\Sigma MB = 0$  ;  $RA \cdot L - (L + (L - 2a)) \cdot \frac{1}{2}q \cdot \frac{1}{2}L = 0$

$$RA \cdot 10 - (10 + 6) \cdot \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 5 = 0$$

$$RA = 16 \text{ kN}$$

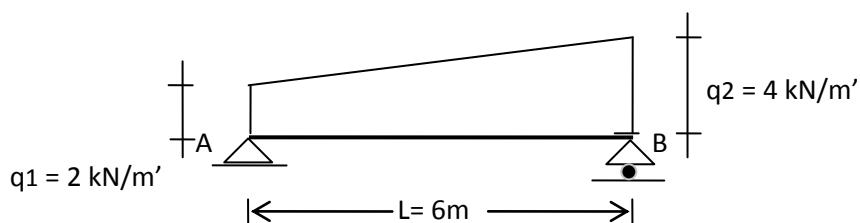
Reaksi tumpuan B dihitung dengan persamaan keseimbangan statika di titik A, yaitu:  $\Sigma MA = 0$  ;  $-RB \cdot L + (L + (L - 2a)) \cdot \frac{1}{2}q \cdot \frac{1}{2}L = 0$

$$-RB \cdot 10 + (10 + 6) \cdot \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 5 = 0$$

$$RB = 16 \text{ kN}$$

Contoh Soal 2:

Diketahui balok sederhana dengan bentuk, dimensi, dan pembebanan seperti pada Gambar 3.36, hitung dan lukislah bidang gaya geser, dan momen lenturnya.



Gambar 3.36. Contoh Soal 2

Penyelesaian:

Untuk menentukan reaksi tumpuan RA dan RB, beban segitiga  $q_1$  dan  $q_2$  dapat diubah menjadi beban terpusat  $Q$  yang bekerja pada titik berat trapesium (lihat Gambar 3.36). Jarak titik berat trapesium dari tumpuan A dihitung dengan rumus berikut ini:

$$L1 = \frac{q1 + 2q2}{q1 + q2} \cdot L/3 = \frac{2 + 2.4}{2 + 4} \cdot 6/3 = 3,333 \text{ m}$$

$$L2 = \frac{2q1 + q2}{q1 + q2} \cdot L/3 = \frac{2.2 + 4}{2 + 4} \cdot 6/3 = 2,667 \text{ m}$$

$$Q = \frac{1}{2} \cdot (q1 + q2) \cdot L \rightarrow \\ = \frac{1}{2} \cdot (2 + 4) \cdot 6 = 18 \text{ kN}$$

$$\Sigma MB = 0; \quad RA \cdot L - Q \cdot L2 = 0$$

$$RA = \frac{Q \cdot L2}{L} = \frac{18 \cdot 2,667}{6} \\ = 8 \text{ kN}$$

$$\Sigma MA = 0; \quad - RB \cdot L + Q \cdot L1 = 0$$

$$RB = \frac{Q \cdot L1}{L} = \frac{18 \cdot 3,333}{6} \\ = 10 \text{ kN}$$

$$\text{Kontrol: } \Sigma V = 0; \quad RA + RB - \frac{1}{2} \cdot (q1 + q2) \cdot L = 0$$

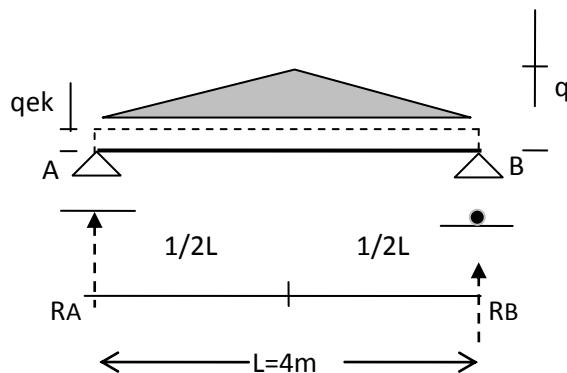
$$8 + 10 - \frac{1}{2} \cdot (2 + 4) \cdot 6 = 0 \quad (\text{Ok})$$

Merekayasa beban tidak merata  $q$  menjadi beban merata  $q$  ekivalen

Untuk mempermudah analisis struktur akibat beban tidak merata  $q$  dapat direkayasa menjadi beban merata  $q$  ekivalen. Umumnya kasus seperti ini banyak ditemui pada balok dengan beban pelat berbentuk segitiga atau trapesium. Untuk jelasnya dapat diikuti contoh kasus berikut ini.

Contoh kasus 1:

Diketahui balok seperti pada Gambar 3.37, menerima beban tidak merata berbentuk segitiga berasal dari pelat lantai sebesar  $qu = 9 \text{ kN/m}^2$ . Rekayasalah beban tersebut menjadi beban merata ekivalen ( $q_{ek}$ ).



Gambar 3.37. Hasil Analisis Contoh Soal 1

Penyelesaian:

Luas bidang segitiga = berat pelat lantai

$$\frac{1}{2} \cdot L \cdot q = qu \cdot L$$

$$\frac{1}{2} \cdot 4 \cdot q = 9 \cdot 4$$

$$2q = 32$$

$$q = 18 \text{ kN/m'}$$

$M$  maks beban segitiga =  $M$  maks beban merata ekivalen

$$1/12 \cdot q \cdot L^2 = 1/8 \cdot qek \cdot L^2$$

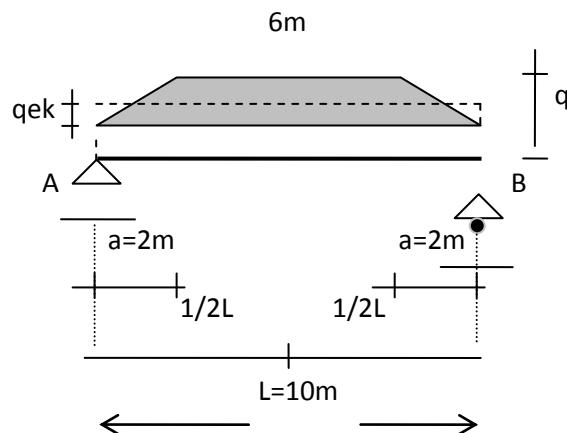
$$1/12 \cdot 18 \cdot 4^2 = 1/8 \cdot qek \cdot 4^2$$

$$24 = 2 qek$$

$$qek = 12 \text{ kN/m'}$$

Contoh kasus 2:

Diketahui balok seperti pada Gambar 3.38, menerima beban tidak merata berbentuk segitiga berasal dari pelat lantai sebesar  $q_u = 9 \text{ kN/m}^2$ . Rekayasalah beban tersebut menjadi beban merata ekivalen ( $qek$ ).



Gambar 3.38. Hasil Analisis Contoh Soal 2

Penyelesaian:

Luas bidang segitiga = berat pelat lantai

$$(6 + 10) \cdot 1/2q = q_u \cdot L$$

$$8q = 9 \cdot 10$$

$$q = 11,25 \text{ kN/m'}$$

$M$  maks beban trapesium =  $M$  maks beban merata ekivalen

$$1/24. q (3L^2 - 4 a^2) = 1/8 .qek .L^2$$

$$1/24. 11,25 (3. 10^2 - 4 .2^2) = 1/8 .qek .10^2$$

$$133,125 = 12,5 \text{ qek}$$

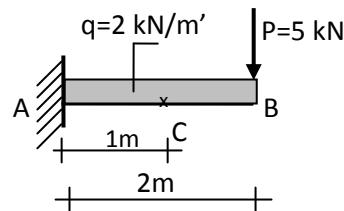
$$\text{qek} = 10,65 \text{ kN/m'}$$

## D. Aktivitas Pembelajaran

1. Pahami setiap materi kegiatan pembelajaran dengan membaca secara cermat dan teliti, kemudian kerjakan soal-soal latihan/kasus/tugas yang diberikan sebagai sarana evaluasi.
2. Catatlah kesulitan yang anda dapatkan dalam modul ini untuk ditanyakan pada Fasilitator atau Widyaishwara pada saat kegiatan tatap muka. Bacalah referensi lainnya yang berhubungan dengan materi modul agar anda mendapatkan tambahan pengetahuan.
3. Untuk menjawab soal latihan/kasus/tugas yang diberikan usahakan memberi jawaban yang singkat, jelas dan kerjakan sesuai dengan kemampuan anda setelah mempelajari modul ini.
4. Bila terdapat penugasan, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan bilamana perlu konsultasikan hasil tersebut pada Fasilitator atau Widyaishwara.
5. Siapkan semua peralatan yang mendukung pelaksanaan kegiatan Diklat Guru Teknik Konstruksi Kayu kelompok kompetensi B.
6. Ikuti prosedur dan langkah-langkah kerja secara urut sebagaimana tercantum dalam modul ini.
7. Bila ada yang meragukan segera konsultasikan dengan Fasilitator atau Widyaishwara.
8. Mengawali dan mengakhiri pekerjaan senantiasa dengan berdo'a agar diberikan kelancaran, perlindungan dan keselamatan dari Tuhan Yang Maha Kuasa.

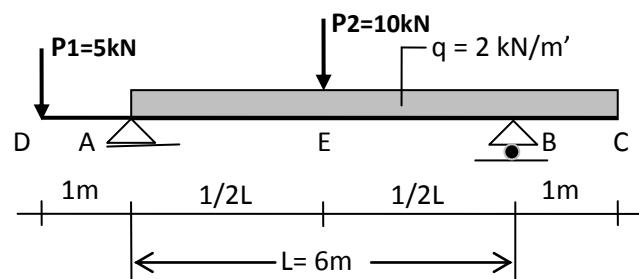
### E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Jelaskan pemahaman anda terhadap gaya lintang (bidang D), gaya normal (bidang N), dan momen lentur (bidang M).
2. Hitunglah dan gambarkan bidang gaya lintang, dan momen lentur dari balok kantilever seperti pada Gambar 3.39.



Gambar 3.39. Soal Latihan 2

3. Diketahui balok sederhana dengan bentuk, dimensi, dan pembebangan seperti pada Gambar 3.40, hitunglah dan gambarkan bidang gaya lintang, dan momen lenturnya.



Gambar 3.40. Soal Latihan 3

## E. Rangkuman

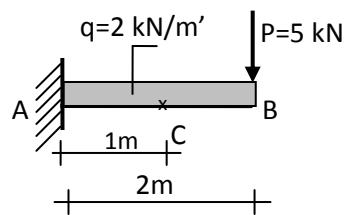
1. Gaya lintang adalah gaya yang bekerja tegak lurus terhadap sumbu memanjang balok atau gelagar. Gaya ini dapat menimbulkan pergeseran pada arah penampang melintang balok. Bidang gaya lintang (bidang D) di lukis di atas garis netral apabila bernilai positif atau sebaliknya jika bernilai negatif digambarkan di bawah garis netral.
2. Gaya normal merupakan gaya yang bekerja sejajar dengan sumbu memanjang balok atau gelagar. Gaya normal yang terjadi pada balok atau gelagar dihitung dengan memperhatikan kondisi pembebanan. Apabila pada balok tidak terdapat beban atau gaya yang horizontal atau miring maka tidak ada gaya normal (misalnya,  $NA-B = 0$ ). Namun, bila balok menerima gaya tekan horizontal, maka balok akan menderita tegangan tekan (-), sebaliknya balok yang menerima gaya tarik horizontal, maka balok akan menderita tegangan tarik (+). Bidang gaya normal (bidang N) di lukis di atas garis netral apabila bernilai positif atau sebaliknya jika bernilai negatif digambarkan di bawah garis netral.
3. Momen lentur merupakan gaya yang menyebabkan lendutan atau lenturan pada suatu batang atau balok. Besar momen lentur pada titik tertentu suatu batang atau balok sama dengan gaya dikali jarak (lengan) terhadap titik yang ditinjau dengan satuan kNm. Bidang momen lentur (bidang M) di lukis di atas garis netral apabila bernilai negatif atau sebaliknya jika bernilai positif digambarkan di bawah garis netral.

## G. Umpan Balik/Tindak Lanjut

Setelah mempelajari modul ini anda diharapkan dapat mengevaluasi perhitungan statika yang meliputi momen, gaya lintang, dan gaya normal.

## H. Kunci Jawaban

1. Gaya lintang (bidang D) merupakan gaya yang bekerja tegak lurus terhadap arah memanjang balok, biasanya nilai maksimum gaya lintang terdapat pada tumpuan. Gaya normal (bidang N) merupakan gaya yang bekerja sejajar dengan arah memanjang batang dalam bentuk tarik maupun tekan. Sedangkan momen lentur (bidang M) adalah gaya dikali jarak pada titik tertentu. Besar momen lentur di suatu titik sama dengan besar gaya dikalikan jarak terhadap titik yang ditinjau.
2. Hitunglah dan gambarkan bidang gaya lintang, dan momen lentur dari balok kantilever seperti pada Gambar 3.41.



Gambar 3.41. Soal Latihan 2

Penyelesaian:

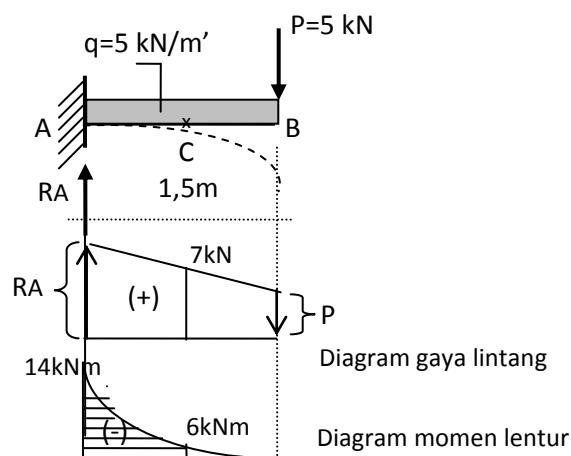
$$\begin{aligned}
 \text{Reaksi tumpuan: } \Sigma V &= 0; \quad RA - P - q \cdot 2 = 0 \\
 RA &= P + q \cdot 2 \\
 &= 5 + 2 \cdot 2 = 9 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya lintang: } DA &= RA = 9 \text{ kN} \\
 DC &= RA - q \cdot 1 \\
 &= 9 - 2 \cdot 1 = 7 \text{ kN} \\
 DB &= RA - q \cdot 2 \\
 &= 9 - 2 \cdot 2 = 5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen lentur: } MB &= 0 \\
 MC &= - (q \cdot 1 \cdot 0,5 + P \cdot 1) \\
 &= - (2 \cdot 1 \cdot 0,5 + 5 \cdot 1) = -6 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

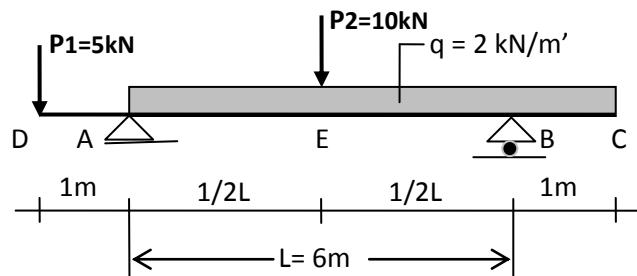
$$MA = - (q \cdot 2 \cdot 1 + P \cdot 2) \\ = - (2 \cdot 2 \cdot 1 + 5 \cdot 2) = -14 \text{ kNm}$$

Hasil analisis di atas dapat dilukiskan sebagai berikut (lihat Gambar 3.42):



Gambar 3.42. Hasil Analisis Soal Latihan 2

3. Diketahui balok sederhana dengan bentuk, dimensi, dan pembebangan seperti pada Gambar 3.43, hitunglah dan gambarkan gaya lintang, dan momen lenturnya.



Gambar 3.43. Contoh Soal Latihan 3

Penyelesaian:

$$\Sigma MB = 0 : RA. L - P1. 7 - q. L . \frac{1}{2}.L - P2. 3 + q. 1. 0.5 = 0$$

$$RA = \frac{P1 \cdot 7 + \frac{1}{2} \cdot q \cdot L^2 + P2 \cdot 3 - q \cdot 1 \cdot 0,5}{L}$$

$$= \frac{5 \cdot 7 + \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 6^2 + 10 \cdot 3 - 2 \cdot 1 \cdot 0,5}{6}$$

$$= 16,667 \text{ kN}$$

$$\Sigma MA = 0 ; -RB \cdot L + q \cdot 7 \cdot \frac{1}{2} \cdot 7 + P2 \cdot 3 - P1 \cdot 1 = 0$$

$$RB = \frac{\frac{1}{2} \cdot q \cdot 7^2 + P2 \cdot 3 - P1 \cdot 1}{L}$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 7^2 + 10 \cdot 3 - 5 \cdot 1}{6}$$

$$= 12,333 \text{ kN}$$

Gaya lintang:  $DD-A = -P1 = 5 \text{ kN}$

$$DA = -P1 + RA = -5 + 16,667 = 11,667 \text{ kN}$$

$$DE \text{ kiri} = -P1 + RA - q \cdot \frac{1}{2} \cdot L$$

$$= -5 + 16,667 - 2 \cdot 3 = 5,667 \text{ kN}$$

$$DE \text{ kanan} = -P1 + RA - q \cdot \frac{1}{2} \cdot L - P2$$

$$= -5 + 16,667 - 2 \cdot 3 - 10 = -4,333 \text{ kN}$$

$$DB \text{ kiri} = -P1 + RA - q \cdot L - P2$$

$$= -5 + 16,667 - 2 \cdot 6 - 10 = -10,333 \text{ kN}$$

$$DB \text{ kanan} = -P1 + RA - q \cdot L - P2 + RB$$

$$= -5 + 16,667 - 2 \cdot 6 - 10 + 12,333 = 2 \text{ kN}$$

$$DC = -P1 + RA - q \cdot 7 - P2 + RB$$

$$= -5 + 16,667 - 2 \cdot 7 - 10 + 12,333 = 0$$

Momen lentur:  $MD = 0$

$$MA = -P1 \cdot 1 = -5 \cdot 1 = -5 \text{ kNm}$$

$$ME = -P1 \cdot 4 + RA \cdot \frac{1}{2}L - q \cdot \frac{1}{2}L \cdot \frac{1}{4}L$$

$$= -5 \cdot 4 + 16,667 \cdot 3 - 2 \cdot 3 \cdot 1,5 = -21 \text{ kNm}$$

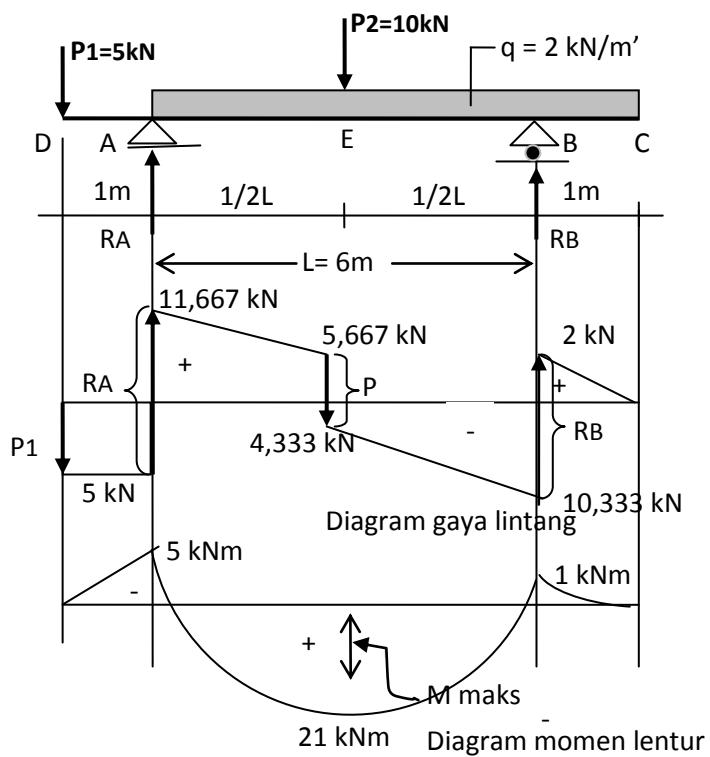
$$MB = -P1 \cdot 7 + RA \cdot L - q \cdot L \cdot \frac{1}{2}L - P2 \cdot 3$$

$$= -5 \cdot 7 + 16,667 \cdot 6 - 2 \cdot 6 \cdot 3 - 10 \cdot 3 = -1 \text{ kNm}$$

$$MC = -P1 \cdot 8 + RA \cdot 7 - q \cdot 7 \cdot 3,5 - P2 \cdot 4 + RB \cdot 1$$

$$= -5 \cdot 8 + 16,667 \cdot 7 - 2 \cdot 7 \cdot 3,5 - 10 \cdot 4 + 12,333 \cdot 1 = 0$$

Hasil analisis di atas dapat dilukiskan sebagai berikut (Gambar 3.44):



Gambar 3.44 Hasil Analisis Soal Latihan 3

## Kegiatan Pembelajaran 4

### MENYAJIKAN HASIL PERHITUNGAN STATIKA UNTUK PERENCANAAN KONSTRUKSI KAYU

#### A. Tujuan

Setelah melaksanakan kegiatan pembelajaran yang ada dalam modul diklat ini anda diharapkan dapat menyajikan hasil perhitungan statika untuk perencanaan konstruksi kayu.

#### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Menyajikan hasil perhitungan statika untuk perencanaan konstruksi kayu.

#### C. Uraian Materi

##### 1. Perencanaan Konstruksi Kayu Berdasarkan Keadaan Batas

Komponen struktur beserta sambungannya harus direncanakan sedemikian sehingga tidak ada keadaan batas yang terlampaui pada saat struktur tersebut memikul beban rencana yang bekerja. Keadaan batas tahanan meliputi setiap tahanan yang diperlukan (gaya atau tegangan) yang ditinjau pada setiap system struktur, komponen struktur, atau sambungannya.

Perencana harus melakukan peninjauan terhadap keadaan batas layan antara lain meliputi lendutan jangka pendek, getaran, rangkak, perubahan dimensi, dan pengaruh waktu lainnya. Bila ada keadaan batas layan lainnya yang tidak tercantum dalam bab ini, namun merupakan kriteria perencanaan yang penting maka hal ini harus juga diperhitungkan.

Kemampuan layan harus diperiksa tanpa menggunakan faktor beban. Lendutan akibat beban-beban harus dibatasi sedemikian sehingga tidak menimbulkan kerusakan pada elemen-elemen struktural atau non-

struktural yang terkait. Keadaan batas layan ditentukan oleh tata cara lain yang berlaku.

Disamping akibat deformasi komponen struktur, lendutan dapat terjadi karena pergeseran pada sambungan-sambungan. Untuk membatasi perubahan-perubahan bentuk struktur bangunan secara berlebihan, sambungan-sambungan harus dilaksanakan sedemikian baiknya, sehingga pergeseran masing-masing komponen struktur terjadi sekecil mungkin.

Lendutan struktur bangunan akibat berat sendiri dan muatan tetap dibatasi sebagai berikut:

- a. Untuk balok-balok pada struktur bangunan yang terlindung, lendutan maksimum,  $f_{max} \leq 1/300 l$ .
- b. Untuk balok-balok pada struktur bangunan yang tidak terlindung, lendutan maksimum,  $f_{max} \leq 1/400 l$ .
- c. Untuk balok-balok pada konstruksi kuda-kuda, antara lain gording dan kasau, lendutan maksimum,  $f_{max} \leq 1/200 l$ .
- d. Untuk struktur rangka batang yang tidak terlindung, lendutan maksimum,  $f_{max} \leq 1/700 l$ .

dimana:  $l$  adalah panjang bentang bersih.

Pengaruh beban terhadap masing-masing komponen struktur dan sambungannya ditentukan dengan metode analisis struktur elastis. Analisis tersebut harus memperhitungkan keseimbangan, stabilitas, kompatibilitas geometris, dan sifat material jangka pendek maupun jangka panjang. Sebagai alternatif, analisis non-linier atau inelastis dapat digunakan selama data yang mendukung perilaku tersebut tersedia dan disetujui oleh pihak berwenang.

Pemilihan secara mekanis untuk mendapatkan modulus elastisitas lentur harus dilakukan dengan mengikuti standar pemilihan mekanis yang baku. Berdasarkan modulus elastisitas lentur yang diperoleh secara mekanis, kuat acuan lainnya dapat diambil mengikuti Tabel 3.1. berikut ini. Kuat acuan yang berbeda dapat digunakan apabila ada pembuktian secara eksperimental yang mengikuti standar-standar eksperimen yang baku.

Tabel 4.1 Nilai Kuat Acuan (MPa) Berdasarkan Pemilahan Secara Mekanis pada Kadar Air 15%

Kode mutu	Modulus Elastisitas Lentur $E_w$	Kuat Lentur $F_b$	Kuat tarik Sejajar serat $F_t$	Kuat tekan sejajar serat $F_c$	Kuat Geser $F_v$	Kuat tekan Tegak lurus Serat $F_{c\perp}$
E26	25000	66	60	46	6.6	24
E25	24000	62	58	45	6.5	23
E24	23000	59	56	45	6.4	22
E23	22000	56	53	43	6.2	21
E22	21000	54	50	41	6.1	20
E21	20000	50	47	40	5.9	19
E20	19000	47	44	39	5.8	18
E19	18000	44	42	37	5.6	17
E18	17000	42	39	35	5.4	16
E17	16000	38	36	34	5.4	15
E16	15000	35	33	33	5.2	14
E15	14000	32	31	31	5.1	13
E14	13000	30	28	30	4.9	12
E13	12000	27	25	28	4.8	11
E12	11000	23	22	27	4.6	11
E11	10000	20	19	25	4.5	10
E10	9000	18	17	24	4.3	9

Pemilahan secara visual harus mengikuti standar pemilahan secara visual yang baku. Apabila pemeriksaan visual dilakukan berdasarkan atas pengukuran berat jenis, maka kuat acuan untuk kayu berserat lurus tanpa cacat dapat dihitung dengan menggunakan langkah-langkah sebagai berikut:

- Kerapatan  $\rho$  pada kondisi basah (berat dan volum diukur pada kondisi basah, tetapi kadar airnya sedikit lebih kecil dari 30%) dihitung dengan mengikuti prosedur baku. Gunakan satuan  $\text{kg}/\text{m}^3$  untuk  $\rho$ .
- Kadar air,  $m\%$  ( $m < 30$ ), diukur dengan prosedur baku.
- Hitung berat jenis pada  $m\%$  ( $G_m$ ) dengan rumus:

$$Gm = \rho/[1.000(1+m/100)]$$

d. Hitung berat jenis dasar ( $G_b$ ) dengan rumus:

$$G_b = Gm/[1+0,265aGm] \text{ dengan } a = (30-m)/30$$

e. Hitung berat jenis pada kadar air 15% ( $G_{15}$ ) dengan rumus:

$$G_{15} = G_b/(1-0,133G_b)$$

f. Hitung estimasi kuat acuan dengan rumus-rumus pada Tabel 4.2, dengan  $G = G_{15}$ .

Tabel 4.2 Estimasi Kuat Acuan Berdasarkan Berat Jenis pada Kadar Air 15% untuk Kayu Berserat Lurus Tanpa Cacat Kayu

Kuat Acuan	Rumus estimasi
Modulus Elastisitas Lentur, $E_w$ (MPa) Palatino Linotype	$16.500G^{0,71}$

*Catatan:*  $G$  adalah berat jenis kayu pada kadar air 15%.

Nilai kuat acuan lainnya dapat diperoleh dari Tabel 4.1 berdasarkan pada nilai modulus elastisitas lentur acuan dari Table 4.2. Untuk kayu dengan serat tidak lurus dan/ atau mempunyai cacat kayu, estimasi nilai modulus elastisitas lentur acuan dari Table 4.2 harus direduksi dengan mengikuti ketentuan pada SNI 03-3527-1994 UDC 691.11 tentang "Mutu Kayu Bangunan," yaitu dengan mengalikan estimasi nilai modulus elastisitas lentur acuan dari Table 4.2 tersebut dengan nilai rasio tahanan yang ada pada Tabel 4.3 yang bergantung pada Kelas Mutu kayu. Kelas Mutu ditetapkan mengacu pada Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Nilai Rasio Tahanan

Kelas Mutu	Nilai Rasio Tahanan
A	0,80
B	0,63
C	0,50

Perencanaan sambungan harus konsisten dengan asumsi yang diambil dalam analisis struktur dan dengan jenis konstruksi yang dipilih dalam gambar rencana. Dalam rangka sederhana semua sambungan

harus diasumsikan bersifat sendi kecuali bila dapat ditunjukkan melalui eksperimen atau analisis bahwa sambungan tersebut dapat mengekang rotasi. Pada kondisi beban rencana, sambungan harus mempunyai kapasitas rotasi yang memadai untuk menghindari elemen penyambung terbebani secara berlebihan.

Analisis yang dilakukan pada struktur dan komponen struktur yang mengalami deformasi akibat rangak pada saat memikul beban kerja, harus memperhitungkan terjadinya tambahan deformasi akibat rangak dalam masa layannya apabila deformasi tersebut mempengaruhi tahanan atau kemampuan layannya.

### ***Kondisi Batas Tahanan***

Perencanaan sistem struktur, komponen struktur, dan sambungan harus menjamin bahwa tahanan rencana di semua bagian pada setiap sistem, komponen, dan sambungan struktur sama dengan atau melebihi gaya terfaktor,  $R_u$ . Gaya-gaya pada komponen struktur dan sambungannya,  $R_u$ , harus ditentukan dari kombinasi pembebanan sebagai berikut:

$$1,4D \quad (2.3-1)$$

$$1,2D + 1,6 L + 0,5 (La \text{ atau } H) \quad (2.3-2)$$

$$1,2D + 1,6 (La \text{ atau } H) + (0,5L \text{ atau } 0,8W) \quad (2.3-3)$$

$$1,2D + 1,3 W + 0,5 L + 0,5 (La \text{ atau } H) \quad (2.3-4)$$

$$1,2D \pm 1,0E + 0,5L \quad (2.3-5)$$

$$0,9D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0E) \quad (2.3-6)$$

Pengecualian: Faktor beban untuk  $L$  di dalam kombinasi beban pada persamaan (2.3-3), (2.3-4), dan (2.3-5) harus sama dengan 1,0 untuk garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum, dan semua daerah di mana beban hidup lebih besar dari pada 5 kPa.

Tahanan rencana dihitung untuk setiap keadaan batas yang berlaku sebagai hasil kali antara tahanan terkoreksi,  $R'$ , faktor tahanan,  $\phi$  (lihat tabel 4.5), dan faktor waktu,  $\lambda$  (lihat tabel 4.6).

Tabel 4.5. Faktor Tahanan,  $\phi$

Jenis	Simbol	Nilai
Tekan	$\phi_c$	0,90
Lentur	$\phi_b$	0,85
Stabilitas	$\phi_s$	0,85
Tarik	$\phi_t$	0,80
Geser/puntir	$\phi_V$	0,75
Sambungan	$\phi_Z$	0,65

Tabel 4.6. Faktor Waktu,  $\lambda$

Kombinasi pembebanan	Faktor Waktu ( $\lambda$ )
$1,4D$	0,6
$1,2D + 1,6L + 0,5(La \text{ atau } H)$	0,7 jika $L$ dari gudang 0,8 jika $L$ dari ruangan umum
$1,2D + 1,6 (La \text{ atau } H) + (0,5L \text{ atau } 0,8W)$	1,25 jika $L$ dari kejut*
$1,2D + 1,3 W + 0,5 L + 0,5 (La \text{ atau } H)$	0,8
$1,2D \pm 1,0E + 0,5L$	1,0
$0,9D \pm (1,3W \text{ atau } 1,0E)$	1,0

Catatan: Untuk sambungan,  $\lambda = 1,0$  jika  $L$  dari kejut

Tahanan rencana harus sama dengan atau melebihi beban terfaktor,  $R_u$ :

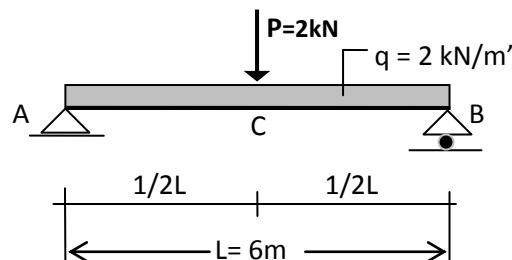
$$R_u < \lambda \phi R'$$

Dimana:  $R'$  adalah tahanan terkoreksi untuk komponen struktur, elemen, atau sambungan, seperti tahanan lentur terkoreksi,  $M'$ , tahanan geser terkoreksi,  $V'$ , dan lain-lain. Begitu pula  $R_u$  diganti dengan  $M_u$ ,  $V_u$ , dan sebagainya untuk gaya-gaya pada komponen struktur atau sambungan. Tahanan terkoreksi,  $R'$ , harus meliputi pengaruh semua faktor koreksi yang berasal dari keadaan masa layan dan faktor-faktor koreksi lainnya yang berlaku.

2. Menyajikan hasil perhitungan statika untuk perencanaan konstruksi kayu

a. Contoh Perencanaan Lentur

Diketahui suatu balok kayu kelas mutu A dengan E21 terbentang di atas dua tumpuan sederhana, menahan beban kombinasi merata dan terpusat seperti pada gambar. Beban kombinasi  $(1,2 \pm 1,0E+0,5L)$  dengan faktor waktu  $\lambda=1$  dan faktor tahanan  $\phi b=0,85$ . Periksalah kekuatan balok apabila digunakan dimensi balok  $12 \times 16$  cm.



Gambar 4.1. Contoh Soal

Penyelesaian:

$$\Sigma MB = 0 ; RA \cdot L - q \cdot L \cdot \frac{1}{2}L - P \cdot \frac{1}{2}L = 0$$

$$RA = \frac{\frac{1}{2}q \cdot L^2 + P \cdot \frac{1}{2}L}{L} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 6^2 + 2 \cdot 3}{6} \\ = 7 \text{ kN}$$

$$\Sigma MA = 0 ; -RB \cdot L + q \cdot L \cdot \frac{1}{2}L + P \cdot \frac{1}{2}L = 0$$

$$RB = \frac{\frac{1}{2}q \cdot L^2 + P \cdot \frac{1}{2}L}{L} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 6^2 + 2 \cdot 3}{6} \\ = 7 \text{ kN}$$

$$\text{Gaya geser: } VA = RA = 7 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} VC \text{ kiri} &= RA - q \cdot \frac{1}{2}L \\ &= 7 - 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 6 = 1 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$VC \text{ kanan} = RA - q \cdot \frac{1}{2}L - P$$

$$= 7 - 2 \cdot \frac{1}{2} \cdot 6 - 2$$

$$= -1 \text{ kN}$$

$$VB = RA - q \cdot L - P$$

$$= 7 - 2 \cdot 6 - 2 = -7 \text{ kN} (-RB)$$

Momen lentur:  $MA = 0$

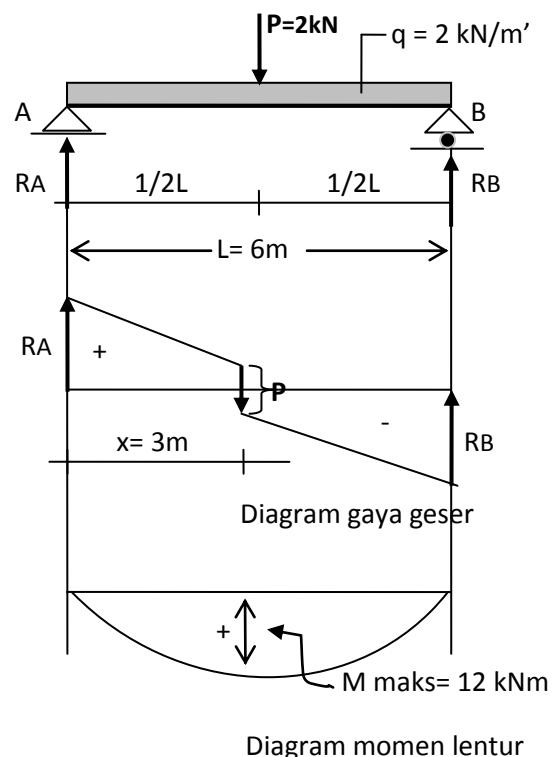
$$MC = RA \cdot \frac{1}{2}L - q \cdot \frac{1}{2}L \cdot \frac{1}{4}L$$

$$= 7 \cdot 3 - 2 \cdot 3 \cdot 1,5 = 12 \text{ kNm}$$

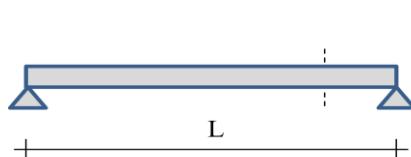
$$MB = RA \cdot L - \frac{1}{2}q \cdot L^2 - P \cdot 3$$

$$= 7 \cdot 6 - \frac{1}{2} \cdot 2 \cdot 6^2 - 2 \cdot 3 = 0$$

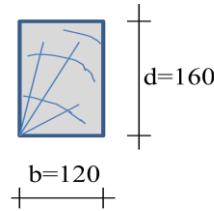
Hasil analisis di atas dapat dilukiskan sebagai berikut (Gambar 4.2):



Gambar 4.2. Hasil Analisis Contoh Kasus



Gambar Balok Sederhana



Gambar Penampang balok

Gambar 4.3. Balok Sederhana

Penyelesaian:

Kayu dengan mutu E21 memiliki kuat lentur  $F_b = 50 \text{ MPa}$ .

Tahanan lentur terkoreksi:  $M' = S_x \cdot F_{bx'}$

dimana:

$M' = M_x' \rightarrow$  tahanan lentur terkoreksi terhadap sumbu kuat ( $x-x$ )

$S_x \rightarrow$  modulus penampang untuk lentur terhadap sumbu kuat ( $x-x$ )

$F_{bx'} \rightarrow$  kuat lentur terkoreksi untuk lentur terhadap sumbu kuat ( $x-x$ )

$CL \rightarrow$  faktor stabilitas balok, sama dengan 1,0

$S_x = I/c \rightarrow c =$  jarak titik berat benda ke sisi luar.

$$= 1/12 \cdot b \cdot h^3/c$$

$$= 1/12 \cdot 120 \cdot 160^3 / \frac{1}{2} \cdot 160 = 512000 \text{ mm}^3$$

$F_{bx'} = F_b \cdot \phi_b$

$$= 50 \cdot 0,85 = 40 \text{ MPa (N/mm}^2\text{)}$$

Faktor kestabilan balok  $CL = 1$ , maka:

$$M' = CL \cdot S_x \cdot F_{bx'}$$

$$= 1 \cdot 512000 \cdot 40 = 20480000 \text{ Nmm} = 20,48 \text{ kNm}$$

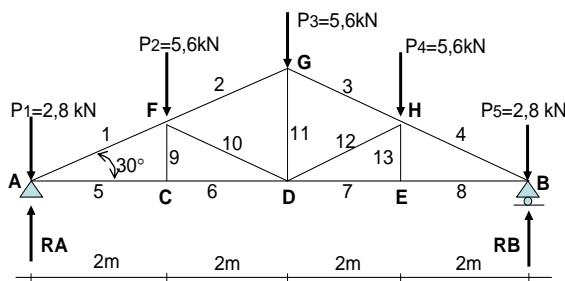
$$M_u \leq \lambda \phi_b M'$$

$$12 \text{ kNm} \leq 1 \cdot 0,85 \cdot 20,48 = 16,384 \text{ kNm (Oke)}$$

Dengan demikian, dimensi balok 12 x 16 cm cukup kuat menahan momen.

## b. Contoh Perencanaan Tarik

Diketahui struktur rangka kuda-kuda kayu seperti pada Gambar 4.4. Simpul A dan B menerima beban terfaktor masing-masing 2,8 kN dan simpul F, G, dan H menerima beban terfaktor masing-masing 5,6 kN. Data lainnya: Digunakan kayu kelas mutu B dengan  $E_{15}$  dan  $E_w = 14000$  MPa. Asumsi faktor koreksi:  $C_m, C_t, C_{pt}, C_f = 1$ . Kombinasi pembebanan 1,4D Alat sambung yang digunakan baut. Rencanakan penampang kayu dan kontrol hasil perhitungan terhadap gaya tarik terfaktor (Tu).



Gambar 4.4. Contoh Perencanaan Tarik

Penyelesaian:

Untuk merencanakan dimensi batang tarik, terlebih dahulu dihitung besar gaya-gaya batang. Salah satu metode yang dapat digunakan, yaitu metode keseimbangan gaya di titik simpul.

Syarat statis tertentu:  $2k = s + a$

$$2 \cdot 8 = 13 + 3 \text{ (ok)}$$

$$\Sigma MB = 0$$

$$RA \cdot 8 - P1 \cdot 8 - P2 \cdot 6 - P3 \cdot 4 - P4 \cdot 2 = 0$$

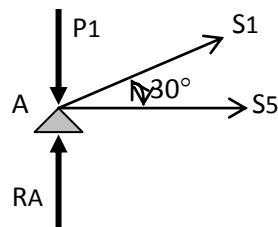
$$RA = (2,8 \cdot 8 + 5,6 \cdot 6 + 5,6 \cdot 4 + 5,6 \cdot 2) / 8 = 11,2 \text{ kN}$$

$$\Sigma MA = 0$$

$$-RB \cdot 8 + P5 \cdot 8 + P4 \cdot 6 + P3 \cdot 4 + P2 \cdot 2 = 0$$

$$RB = (2,8 \cdot 8 + 5,6 \cdot 6 + 5,6 \cdot 4 + 5,6 \cdot 2) / 8 = 11,2 \text{ kN}$$

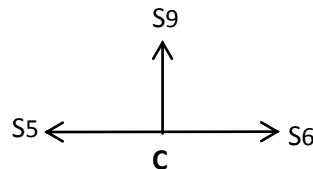
Simpul A:



$$\begin{aligned}
 RA - P1 + S1 \cdot \sin 30^\circ &= 0 \\
 11,2 - 2,8 + S1 \cdot 0,5 &= 0 \\
 S1 = -8,4 / 0,5 &= -16,8 \text{ kN (tekan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma H &= 0 \\
 S5 + S1 \cdot \cos 30^\circ &= 0 \\
 S5 + (-16,8 \cdot 0,866) &= 0 \\
 S5 &= +14,55 \text{ kN (tarik)}
 \end{aligned}$$

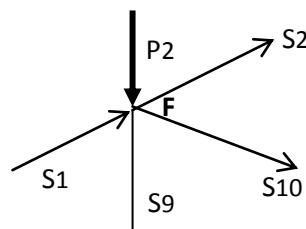
Simpul C:



$$\begin{aligned}
 \Sigma V &= 0 \\
 S9 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Sigma H &= 0 \\
 -S5 + S6 &= 0 \\
 -14,55 + S6 &= 0 \\
 S6 &= +14,55 \text{ kN (tarik)}
 \end{aligned}$$

Simpul F:



$$\begin{aligned}
 \Sigma V &= 0 \\
 S1 \cdot \sin 30^\circ - P2 + S2 \cdot \sin 30^\circ - S10 \cdot \sin 30^\circ &= 0 \\
 16,8 \cdot 0,5 - 5,6 + S2 \cdot 0,5 - S10 \cdot 0,5 &= 0 \\
 2,8 + 0,5 S2 - 0,5 S10 &= 0 \quad \text{-----1)
 \end{aligned}$$

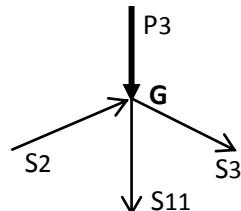
$$\begin{aligned}
 \Sigma H &= 0 \\
 -S1 \cdot \cos 30^\circ + S2 \cdot \cos 30^\circ + S10 \cdot \cos 30^\circ &= 0 \\
 16,8 \cdot 0,866 + S2 \cdot 0,866 + S10 \cdot 0,866 &= 0 \\
 14,55 + 0,866 S2 + 0,866 S10 &= 0 \quad \text{-----2)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{-----1) -----2) } & 2,8 + 0,5 S2 - 0,5 S10 = 0 \quad ) \times 0,866 \\
 & 14,55 + 0,866 S2 + 0,866 S10 = 0 \quad ) \times 0,5 \\
 \hline
 & 2,42 + 0,433 S2 - 0,433 S10 = 0 \\
 & 7,28 + 0,433 S2 + 0,433 S10 = 0 \quad +
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 9,70 + 0,866 S2 &= 0 \\
 S2 = -9,70 / 0,866 &= -11,2 \text{ kN (tekan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{-----1) } & 2,8 + 0,5 S2 - 0,5 S10 = 0 \\
 & 2,8 + 0,5 (-11,2) - 0,5 S10 = 0 \\
 S10 = (2,8 - 5,6) / 0,5 &= -5,6 \text{ kN (tekan)}
 \end{aligned}$$

Simpul G:



$$\Sigma H = 0$$

$$S2 \cdot \cos 30^\circ + S3 \cdot \cos 30^\circ = 0$$

$$11,2 \cdot 0,866 + S3 \cdot 0,866 = 0$$

$$S3 = -11,2 \text{ kN (tekan)}$$

$$\Sigma V = 0$$

$$S2 \cdot \sin 30^\circ - P3 - S3 \cdot \sin 30^\circ - S11 = 0$$

$$11,2 \cdot 0,5 - 560 - (-11,2) \cdot 0,5 - S11 = 0$$

$$5,6 - 5,6 + 5,6 - S11 = 0$$

$$S11 = -5,6 \text{ kN (tekan)}$$

Simpul D, E, B, H tidak perlu ditinjau, karena struktur dan bebannya simetris, maka:

$$S1 = S4 = -16,8 \text{ kN (tekan)};$$

$$S2 = S3 = -11,2 \text{ kN (tekan)}; S5 = S8 = 14,55 \text{ kN (tarik)};$$

$$S6 = S7 = 14,55 \text{ kN (tarik)}; S9 = S13 = 0; \text{ dan}$$

$$S10 = S12 = -5,6 \text{ kN (tekan)}$$

Daftar Gaya Batang :

No. Batang	Gaya-gaya Batang (kN)	
	Tarik (+)	Tekan (-)
1 = 4		16,8
2 = 3		11,2
5 = 6 = 7 = 8	14,55	
9 = 13	0	
10 = 12		5,6
11		5,6

Dari hasil analisis rangka batang diperoleh gaya batang 5 (batang tarik) sebesar 14,55 kN.

Dengan kayu kode mutu E15 diketahui  $F_t/ = 31 \text{ MPa}$

Rasio tahanan ( $\phi$ ) untuk kayu kelas mutu B = 0,63

Jadi, kuat tekan acuan sejajar serat,  $F_t = F_t/ \cdot \phi$

$$= 31 \cdot 0,63 = 19,53 \text{ MPa}$$

Tahanan tarik terkoreksi:

$$T' = F_t' \cdot A_n \rightarrow F_t' = C_M \cdot C_t \cdot C_p \cdot C_{rt} \cdot F_t$$

$$T' = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 19,53 \cdot A_n$$

Luas netto (An):

Dari kombinasi pembebanan yang digunakan 1,4D, maka nilai faktor waktu ( $\lambda$ ) = 0,6 sedangkan faktor tahanan tarik sejajar serat  $\phi t = 0,80$

$$Tu \leq \lambda \phi t T'$$

$$14550 \text{ N} = 0,6 \cdot 0,8 \cdot 19,53 \cdot An$$

$$An = 14550 / (0,6 \cdot 0,8 \cdot 19,53) = 1552,1 \text{ mm}^2$$

Luas penampang bruto (Ag):

Pengurangan akibat penempatan alat sambung  $\pm 25\%$ ,

maka luas penampang bruto (Ag) =  $1,25 \cdot 1552,1 = 1940,12 \text{ mm}^2$ .

Gunakan kayu ukuran 60/120 mm dengan Ag =  $7200 \text{ mm}^2$ ,

maka tahanan tarik batang:

$$Tu \leq \lambda \phi t T'$$

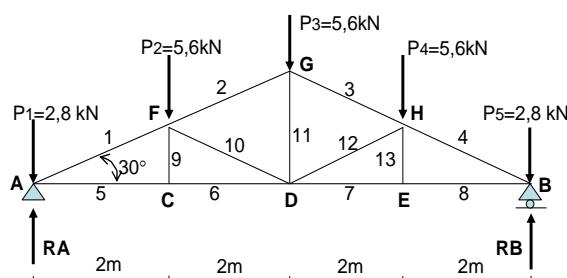
$$14550 \text{ N} < 0,6 \cdot 0,8 \cdot 19,53 \cdot (0,75) \cdot 7200$$

$$14550 \text{ N} < 50621,76 \text{ N}$$

Dengan demikian, dimensi kayu 60/120 mm (cukup aman).

### c. Contoh Perencanaan Tekan

Diketahui struktur rangka kuda-kuda kayu seperti pada Gambar 4.5. Simpul A dan B menerima beban terfaktor masing-masing 2,8 kN dan simpul F, G, dan H menerima beban terfaktor masing-masing 5,6 kN. Data lainnya: Digunakan kayu kelas mutu A dengan E15 dan  $E_w = 14000 \text{ MPa}$ . Asumsi faktor koreksi:  $C_m, C_t, C_{pt}, C_f = 1$ . Kombinasi pembebanan 1,4D. Alat sambung yang digunakan baut. Rencanakan penampang kayu dan kontrol hasil perhitungan terhadap gaya tekan (Tu).



Gambar 4.5. Contoh Perencanaan Tekan

Penyelesaian:

Dari hasil analisis rangka batang apabila diperoleh gaya batang 1 (batang tekan) sebesar 16,8 kN. Dengan kayu kode mutu E15 diketahui  $F_{c//} = 31 \text{ MPa}$  dan  $E_w = 14000 \text{ MPa}$

Rasio tahanan ( $\phi$ ) untuk kayu kelas mutu B = 0,63

Kombinasi pembebanan 1,4D, maka nilai faktor waktu  $\lambda = 0,6$   
faktor tahanan  $\phi_c = 0,9$

Apabila digunakan dimensi penampang 60/120 mm dengan panjang batang 231 cm, maka jari-jari girasi (jari-jari kelembaman):

$$r = 0,289 \cdot b = 0,289 \cdot 60 = 17,34 \text{ mm.}$$

Titik simpul (ujung batang sendi) sehingga menurut ketentuan  $K_e = 1$ .  
 $K_{eL} = 1 \cdot 2310 / 17,34 = 133,22 < 175$  (Ok)

Kuat tekan acuan:

$$F_c = 0,63 \cdot 31 = 19,53 \text{ MPa}$$

$$E_w = 0,63 \cdot 14000 = 8820 \text{ MPa}$$

Menghitung faktor kestabilan kolom ( $C_p$ ):

Tahanan tekan aksial terkoreksi:

$$P_o' = F_c^* \cdot A$$

$$= CM_{Ct} C_{pt} CF \cdot F_c \cdot A$$

$$= 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 19,53 \cdot (60 \cdot 120) = 140616 \text{ N}$$

Modulus elastisitas . faktor koreksi ( $E_w'$ )

$$E_w' = CM_{Ct} C_{pt} CF \cdot E_w$$

$$= 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 8820 = 8820 \text{ MPa}$$

Modulus elastisitas terkoreksi pada persentil kelima ( $E_{05'}$ )

$$E_{05'} = 0,69 E_w'$$

$$= 0,69 \cdot 8820 = 6085,8 \text{ MPa}$$

Tahanan tekuk kritis (Pe):

$$Pe = \frac{\pi^2 E'_{05} I}{(Ke L)^2} = \frac{\pi^2 E'_{05} A}{(Ke L/r)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 6085,5 \cdot 7200}{133,22^2} = 24341,6$$

$$\alpha c = \frac{\phi s Pe}{\lambda \phi c \cdot Po'} = \frac{0,85 \cdot 24341,6}{0,6 \cdot 0,9 \cdot 140616} = 0,272$$

$$Cp = \frac{1 + \alpha c}{2c} \cdot \sqrt{\left| \frac{1 + \alpha c}{2c} \right|^2 - \frac{\alpha c}{c}} \quad \frac{1 + \alpha c}{2c} = \frac{1 + 0,272}{2 \cdot 0,8} = 0,7953$$

$$Cp = 0,7953 \cdot \sqrt{0,7953^2 - \frac{0,272}{0,8}} = 0,25443$$

Jadi, Tahanan tekan terkoreksi:

$$P' = Cp \cdot Po \\ = 0,25443 \cdot 140616 = 35776,93 \text{ N}$$

Kontrol tekanan terfaktor:  $Pu \leq \lambda \phi c P'$

$$16800 < 1,0 \cdot 0,9 \cdot 35776,93 \\ 16800 < 32199,236 \text{ N (oke)}$$

## D. Aktivitas Pembelajaran

1. Pahami setiap materi kegiatan pembelajaran dengan membaca secara cermat dan teliti, kemudian kerjakan soal latihan/kasus/tugas yang diberikan sebagai sarana evaluasi.
2. Catatlah kesulitan yang anda dapatkan dalam modul ini untuk ditanyakan pada Fasilitator atau Widyaiswara pada saat kegiatan tatap muka. Bacalah referensi lainnya yang berhubungan dengan materi modul agar anda mendapatkan tambahan pengetahuan.

3. Untuk menjawab soal latihan/kasus/tugas yang diberikan usahakan memberi jawaban yang singkat, jelas dan kerjakan sesuai dengan kemampuan anda setelah mempelajari modul ini.
4. Bila terdapat penugasan, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan bilamana perlu konsultasikan hasil tersebut pada Fasilitator atau Widyaishwara.
5. Siapkan semua peralatan yang mendukung pelaksanaan kegiatan Diklat Guru Teknik Konstruksi Kayu kelompok kompetensi B.
6. Ikuti prosedur dan langkah-langkah kerja secara urut sebagaimana tercantum dalam modul ini.
7. Bila ada yang meragukan segera konsultasikan dengan Fasilitator atau Widyaishwara.
8. Mengawali dan mengakhiri pekerjaan senantiasa dengan berdo'a agar diberikan kelancaran, perlindungan dan keselamatan dari Tuhan Yang Maha Kuasa.

## E. Latihan/Kasus/Tugas

Apabila balok tarik kuda-kuda menerima beban sebesar 85 kN. Dimensi balok 60/h mm, hitunglah tinggi balok yang diperlukan untuk menahan beban terfaktor.

## F. Rangkuman

Komponen struktur beserta sambungannya harus direncanakan sedemikian sehingga tidak ada keadaan batas yang terlampaui pada saat struktur tersebut memikul beban rencana yang bekerja. Keadaan batas tahanan meliputi setiap tahanan yang diperlukan (gaya atau tegangan) yang ditinjau pada setiap system struktur, komponen struktur, atau sambungannya.

Perencana harus melakukan peninjauan terhadap keadaan batas layan antara lain meliputi lendutan jangka pendek, getaran, rangkak, perubahan dimensi, dan pengaruh waktu lainnya. Bila ada keadaan batas

layan lainnya yang tidak tercantum dalam bab ini, namun merupakan kriteria perencanaan yang penting maka hal ini harus juga diperhitungkan.

Kemampuan layan harus diperiksa tanpa menggunakan faktor beban. Lendutan akibat beban-beban harus dibatasi sedemikian sehingga tidak menimbulkan kerusakan pada elemen-elemen struktural atau non-struktural yang terkait. Keadaan batas layan ditentukan oleh tata cara lain yang berlaku.

Disamping akibat deformasi komponen struktur, lendutan dapat terjadi karena pergeseran pada sambungan-sambungan. Untuk membatasi perubahan-perubahan bentuk struktur bangunan secara berlebihan, sambungan-sambungan harus dilaksanakan sedemikian baiknya, sehingga pergeseran masing-masing komponen struktur terjadi sekecil mungkin.

## G. Umpan Balik/Tindak Lanjut

Setelah mempelajari modul ini anda diharapkan dapat mengelola hasil perhitungan statika untuk perencanaan konstruksi kayu.

## G. Kunci Jawaban

Apabila balok tarik kuda-kuda menerima beban sebesar 85 kN. Dimensi balok 60/h mm, maka tinggi balok yang diperlukan untuk menahan beban terfaktor dapat dihitung sebagai berikut:

Data yang ada:

Beban 85 kN berasal dari kombinasi pembebanan  $1,2D \pm E \pm 0,5L$   
Alat sambung yang digunakan adalah baut; faktor waktu ( $\lambda$ ) = 1,0; faktor tahanan  $\phi_t = 0,8$ ; Tahanan tarik terkoreksi  $T' = 19,53An$

Penyelesian:

$$Tu \leq \lambda \phi t T'$$

$$85000 \text{ N} = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 19,53 \cdot A_n$$

$$A_n = 85000 / (1,0 \cdot 0,8 \cdot 19,53) = 5440,35 \text{ mm}^2,$$

Maka: Luas penampang bruto

$$A_g = 1,25 \cdot 5440,35$$

$$= 6800,435 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dengan demikian: } 60 \cdot h = 6800,435 \text{ mm}^2$$

$$h = 113,34 \text{ mm}$$

Digunakan dimensi balok 60/120 (cukup aman).

## Kegiatan Pembelajaran 5

### MENGANALISIS KONSEP SAMBUNGAN DAN HUBUNGAN KAYU

#### A. Tujuan

Setelah melaksanakan kegiatan pembelajaran yang ada dalam modul diklat ini anda diharapkan dapat menganalisis konsep sambungan dan hubungan kayu pada berbagai jenis konstruksi kayu.

#### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Menganalisis konsep sambungan dan hubungan kayu pada berbagai jenis konstruksi kayu.

#### C. Uraian Materi

##### 1. Sambungan dan hubungan kayu

Sambungan dan hubungan kayu merupakan pengetahuan dasar konstruksi kayu yang harus dipahami dalam proses penggerjaan suatu konstruksi atau furnitur. Pengertian sambungan dan hubungan kayu sering disalah artikan. Yang dimaksud sambungan kayu adalah dua batang kayu atau lebih yang disambung sehingga menjadi satu batang kayu yang panjang pada posisi mendatar maupun tegak lurus dalam satu bidang datar (dua dimensi). Sedangkan hubungan kayu adalah dua batang kayu atau lebih yang dihubungkan menjadi satu benda atau satu bagian konstruksi dalam satu bidang datar (dua dimensi) maupun dalam satu ruang berdimensi tiga.

Konstruksi kayu atau furnitur yang akan dibuat tidak terlepas dari sambungan dan hubungan kayu. Sambungan dan hubungan kayu dirancang dengan tipe yang bervariasi sesuai kebutuhan dengan memperhatikan aspek kekuatan untuk selanjutnya dirangkai menjadi suatu produk tertentu baik dalam bentuk konstruksi maupun furnitur. Jenis produk

yang masuk kategori konstruksi antara lain rangka bangunan, kuda-kuda, tangga, kozen, daun pintu, dan jendela. Sedangkan, jenis produk yang masuk kategori furnitur antara lain lemari, meja, kursi, dan perabotan lainnya.

Untuk memenuhi kekuatan sambungan dan hubungan kayu harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a. Sambungan harus sederhana dan kuat dengan menghindari takikan besar dan dalam, karena dapat mengakibatkan kelemahan kayu.
- b. Harus memperhatikan sifat-sifat kayu, terutama sifat menyusut, mengembang, dan tarikan.
- c. Bentuk sambungan dan hubungan kayu harus tahan terhadap gaya-gaya yang bekerja.

Sambungan dan hubungan kayu dibagi dalam 3 kelompok, yaitu sambungan kayu arah memanjang, hubungan kayu yang arah seratnya berlainan (menyudut), dan sambungan kayu arah melebar (sambungan papan). Sambungan kayu arah memanjang digunakan untuk menyambung balok tembok, gording dan sebagainya. Hubungan kayu banyak digunakan pada hubungan-hubungan pintu, jendela, kuda-kuda dan sebagainya. Sedangkan sambungan melebar digunakan untuk bibir lantai, dinding atau atap.

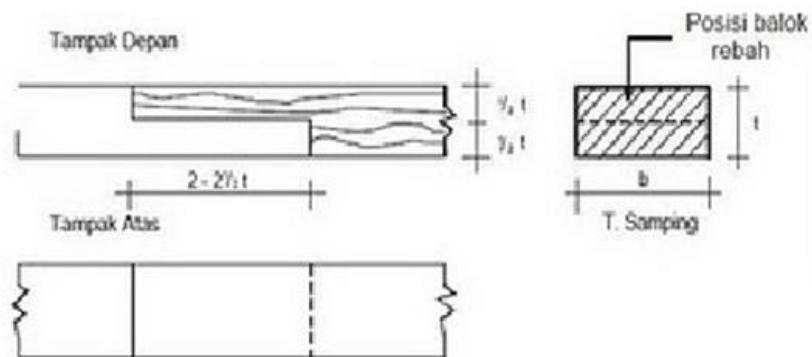
### Sambungan Kayu Arah Memanjang

Sambungan memanjang terdiri dari sambungan mendatar dan tegak lurus, dengan tipe sambungan sebagai berikut:

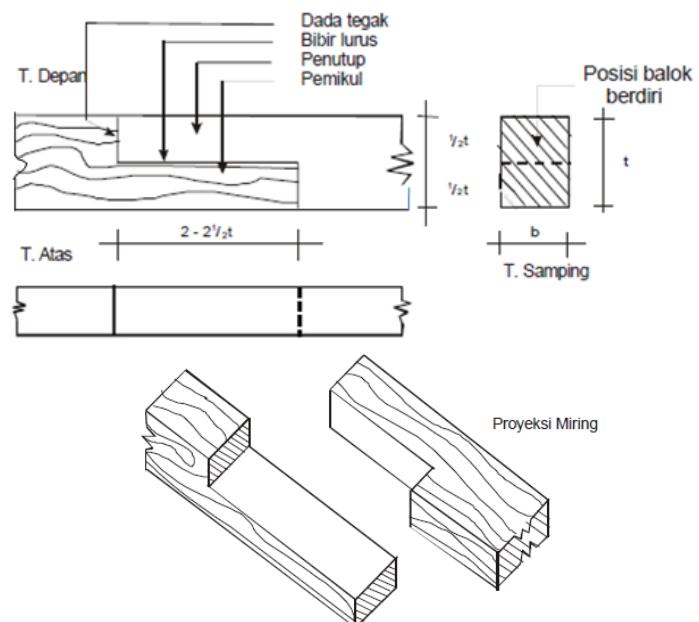
- a. Sambungan bibir lurus
- b. Sambungan bibir lurus berkait
- c. Sambungan bibir miring
- d. Sambungan bibir miring berkait
- e. Sambungan memanjang balok kunci
- f. Sambungan memanjang kunci jepit
- g. Sambungan tegak lurus.

### Sambungan Bibir Lurus

Sambungan ini digunakan bila seluruh batang dipikul, misalnya balok tembok. Pada sambungan ini kayunya banyak diperlemah karena masing-masing bagian ditakik separuh kayu (lihat gambar 5.1 dan 5.2).



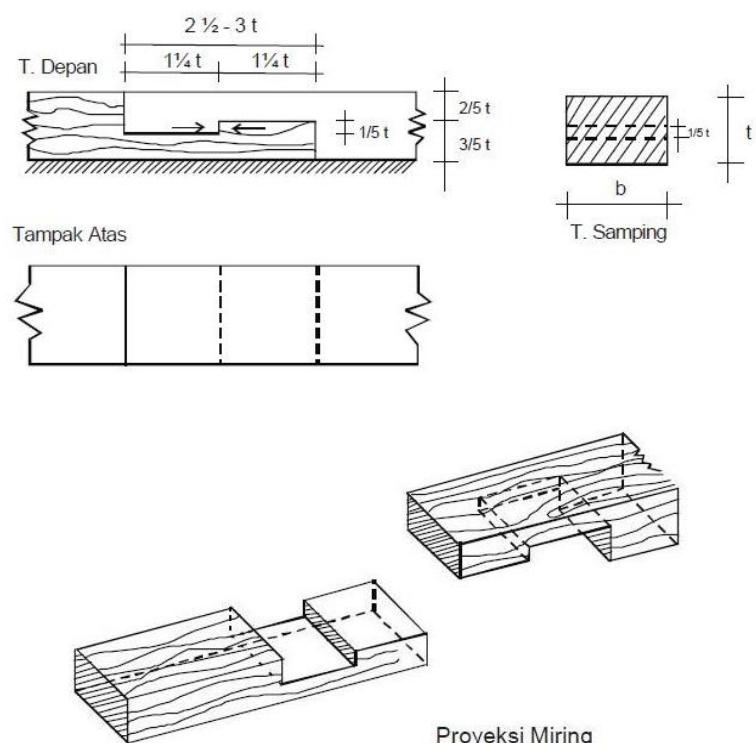
Gambar 5.1. Sambungan Bibir Lurus (posisi balok rebah)



Gambar 5.2. Sambungan Bibir Lurus (posisi balok berdiri)

### *Sambungan Bibir Lurus Berkait*

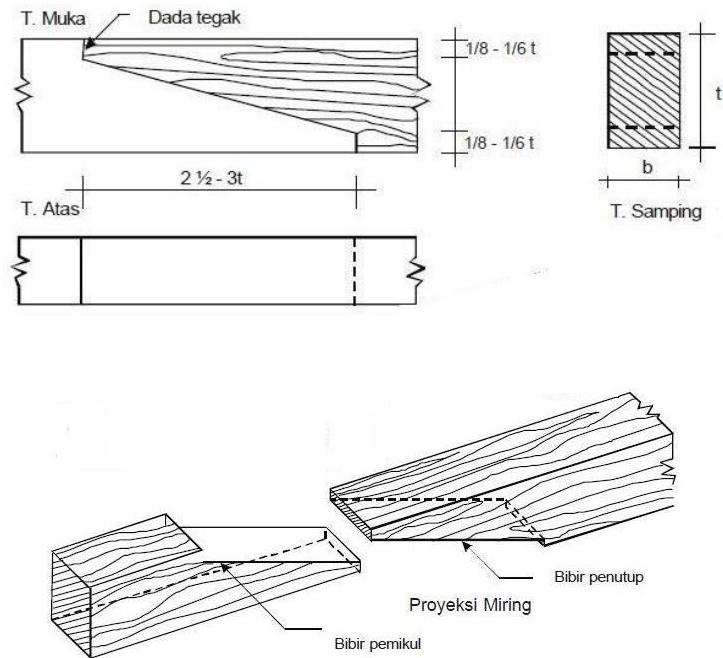
Sambungan kait lurus ini biasanya digunakan untuk balok tembok, terutama bila ada gaya tarik yang timbul. Posisi kayu dibuat rebah agar kedudukannya stabil di atas pasangan dinding sehingga dapat berfungsi sebagai tumpuan untuk rangka atap (lihat gambar 5.3).



Gambar 5.3. Sambungan Bibir Lurus Berkait

### *Sambungan Bibir Miring*

Sambungan bibir miring digunakan untuk menyambung gording pada jarak 2.5 - 3.50 m yang dipikul oleh kuda-kuda (gambar 6.4). Sambungan ini tidak boleh disambung tepat di atas kuda-kuda karena gording sudah diperlemah oleh takikan pada kuda-kuda dan tepat di atas kaki kuda-kuda gording menerima momen negatif yang dapat merusak sambungan. Jadi, sambungan harus ditempatkan pada peralihan momen positif ke momen negatif. Penempatan sambungan ini umumnya dibuat pada jarak  $1/7 - 1/9$  dari kuda-kuda.

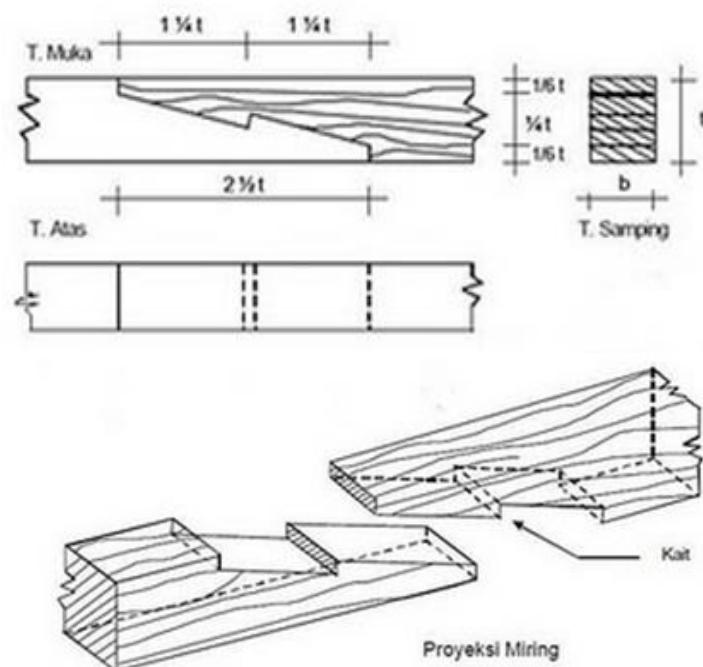


Gambar 5.4. Sambungan Bibir Miring

#### *Sambungan Bibir Miring Berkait*

Sambungan ini seperti pada sambungan bibir miring yang diterapkan pada gording yang terletak 5 – 10 cm dari kaki kuda-kuda yang berjarak antara 2.50 – 3.50 m. Sambungan ini dapat menahan gaya tarik yang mungkin timbul pada konstruksi, karena terdapat kaitan di antara bibir sambungan. Kaitan pada bibir sambungan dibuat tegak lurus terhadap bibir agar tidak mudah pecah disaat menerima tarikan.

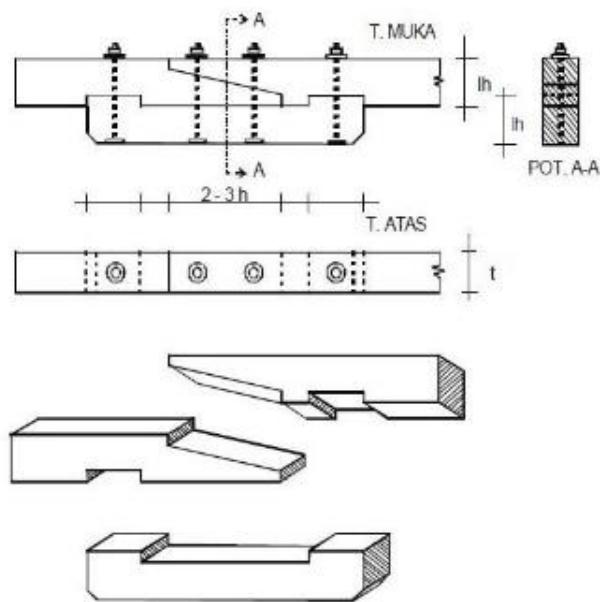
Untuk lebih jelasnya bentuk atau tipe sambungan ini dapat dilihat pada gambar 5.5.



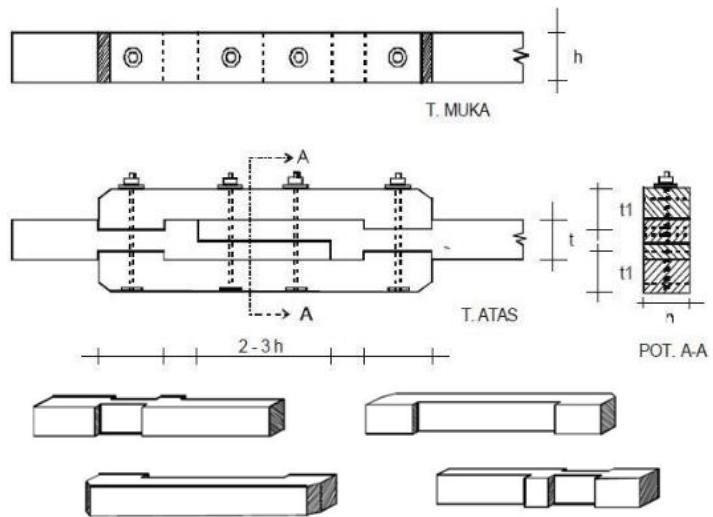
Gambar 5.5. Sambungan Bibir Miring Berkait

#### *Sambungan Balok Kunci*

Sambungan balok kunci ini digunakan pada konstruksi kuda-kuda untuk menyambung kaki kuda-kuda maupun balok tarik (gambar 5.6 dan 5.7). Kedua ujung balok yang disambung harus saling mendesak rata.



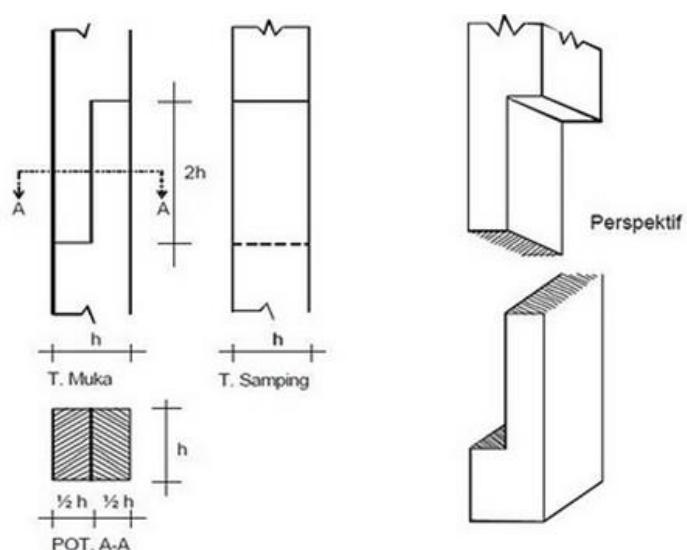
Gambar 5.6. Sambungan Balok Kunci Bawah



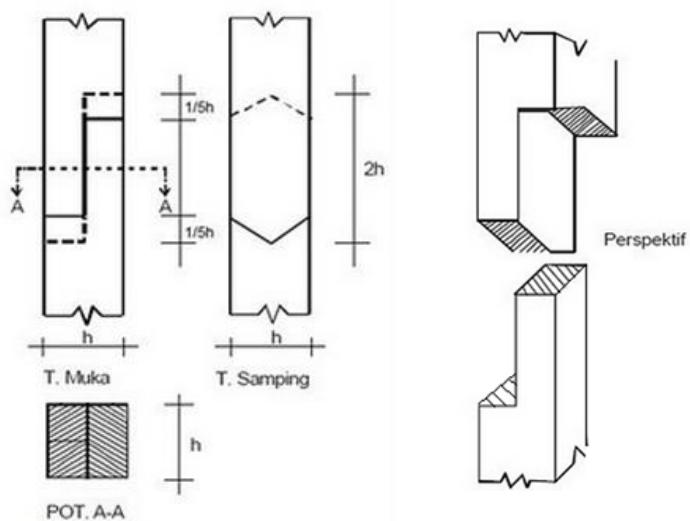
Gambar 5.7. Sambungan Balok Kunci Atas Bawah

#### *Sambungan Tegak Lurus*

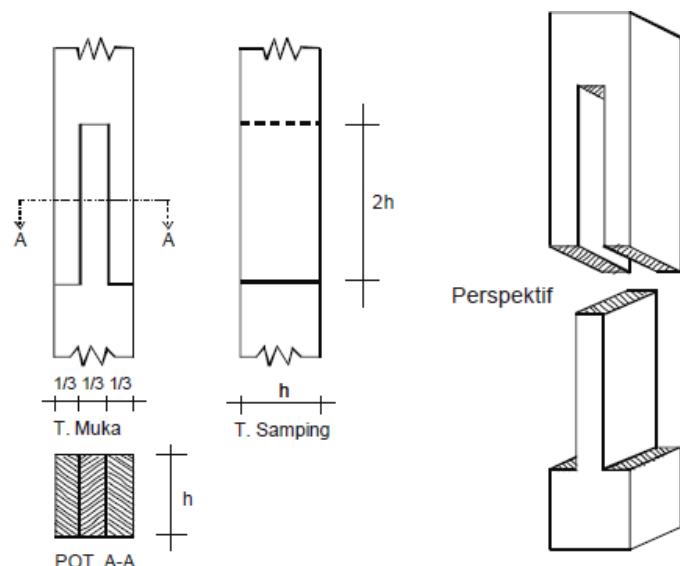
Sambungan ini biasa digunakan untuk menyambung tiang-tiang yang tinggi di mana dalam perdagangan sukar didapatkan persediaan kayu-kayu dengan ukuran yang diinginkan. Untuk itu perlu membuat sambungan-sambungan tiang, hal ini disebut sambungan tegak lurus. Tipe sambungan ini antara lain sambungan takikan lurus (gambar 5.8), sambungan takikan mulut ikan (gambar 5.9), sambungan pen lurus (gambar 5.10), dan sambungan takikan lurus rangkap (gambar 5.11).



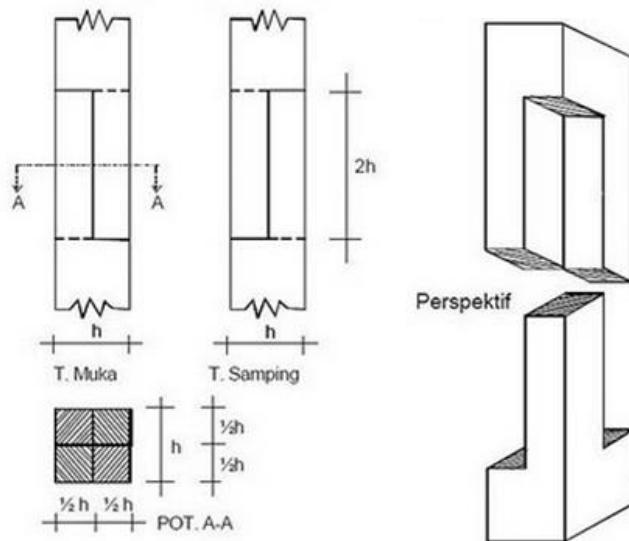
Gambar 5.8. Sambungan Takikan Lurus



Gambar 5.9. Sambungan Takikan Mulut Ikan



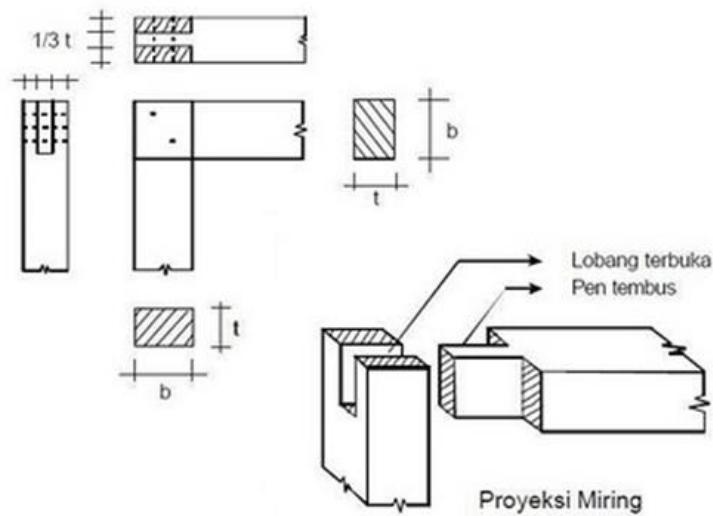
Gambar 5.10. Sambungan Pen Lurus



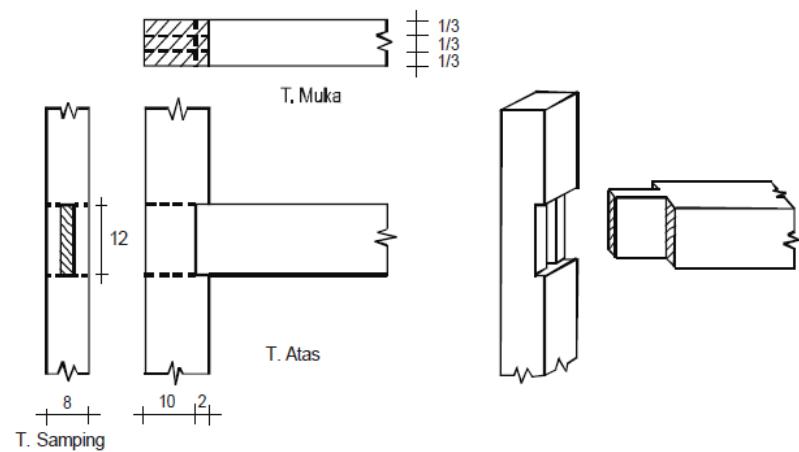
Gambar 5.11. Sambungan Takikan Lurus Rangkap

## 2. Hubungan Kayu

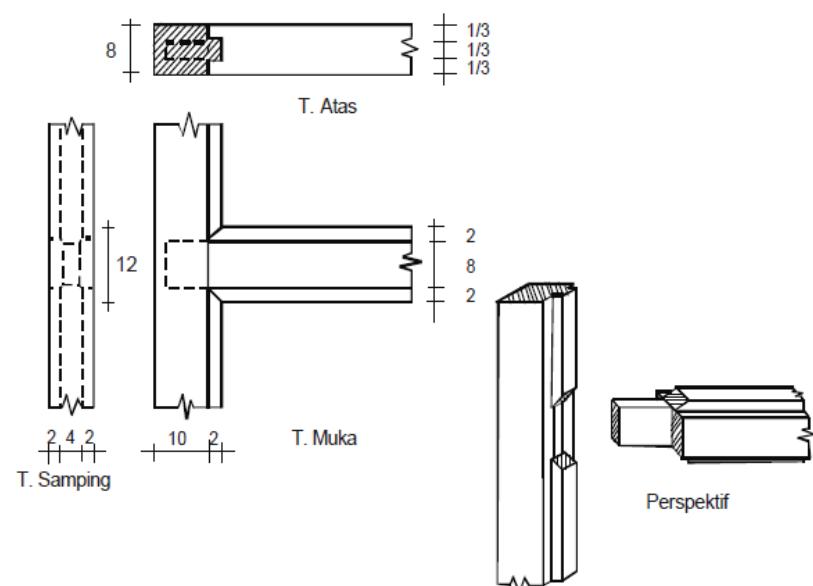
Hubungan kayu merupakan dua buah kayu yang saling bertemu secara siku-siku, sudut pertemuan atau persilangan. Hubungan kedua kayu tersebut selain dapat dilakukan dengan takikan  $\frac{1}{2}$  kayu dapat pula menggunakan hubungan pen dan lubang. Pen biasanya dibuat  $\frac{1}{3}$  tebal kayu dan lubang pen lebarnya dibuat  $\frac{1}{2}$  tebal kayu yang disambungkan. Untuk memperkuat hubungan kayu tersebut biasanya menggunakan penguat paku atau pasak kayu. Tipe hubungan kayu dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



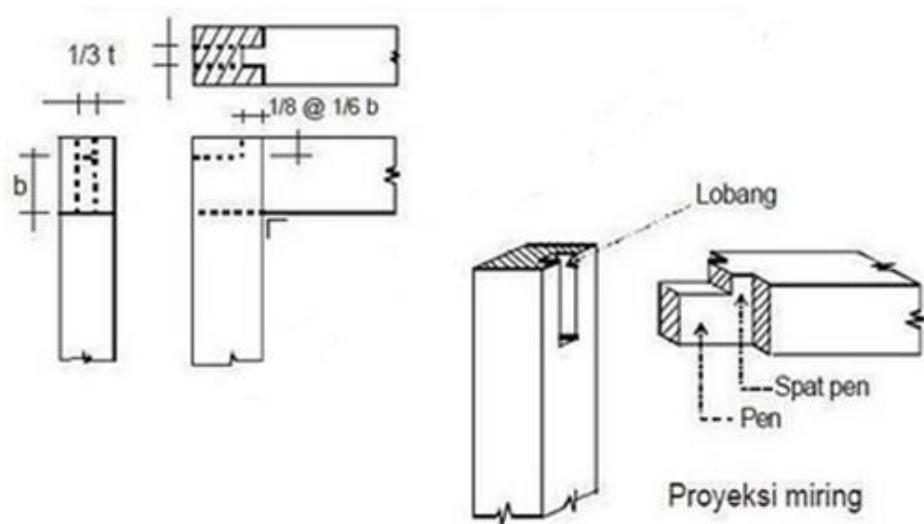
Gambar 5.12. Hubungan Sudut Pen dan Lubang Terbuka



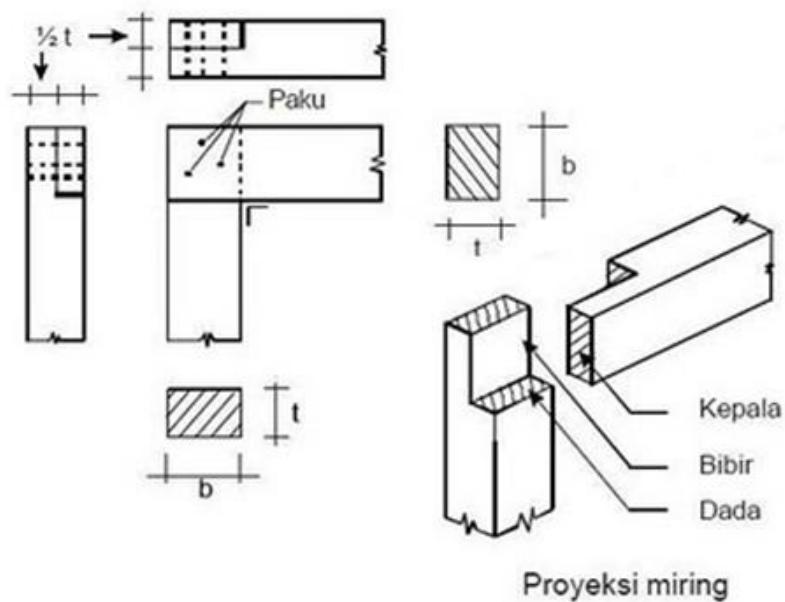
Gambar 5.13. Hubungan Pen dan Lubang Tembus



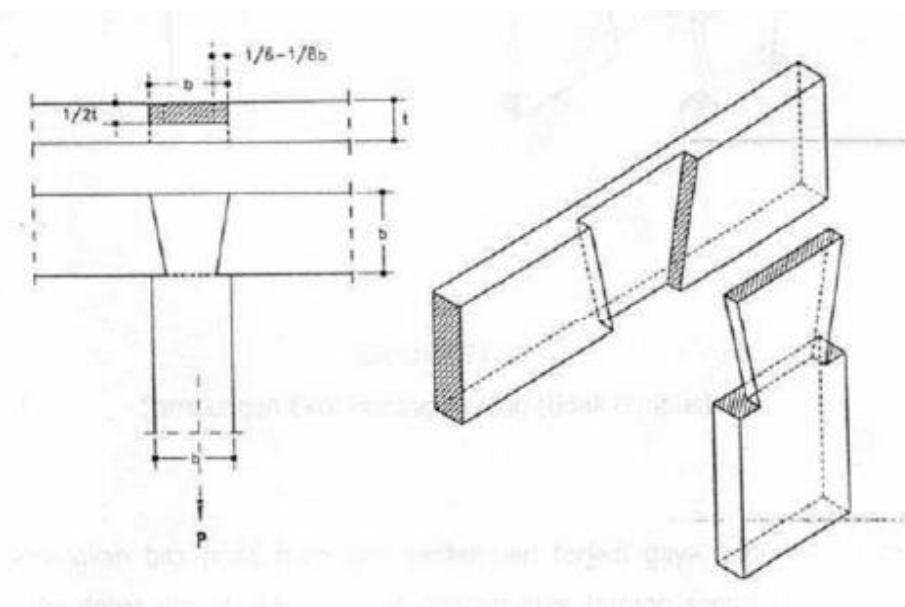
Gambar 5.14. Hubungan Pen dan Lubang Tidak Tembus



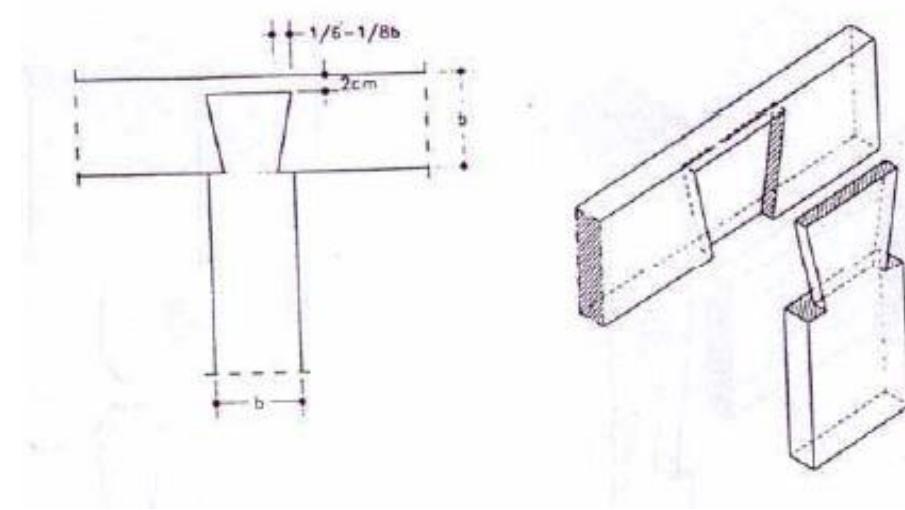
Gambar 5.15. Hubungan Sudut Pen dan Lubang dengan Spatpen



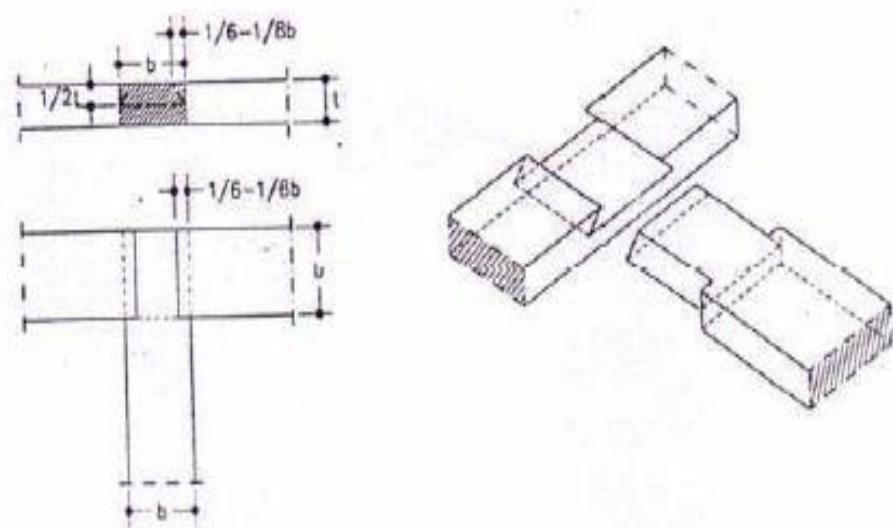
Gambar 5.16. Hubungan Sudut Takikan Lurus



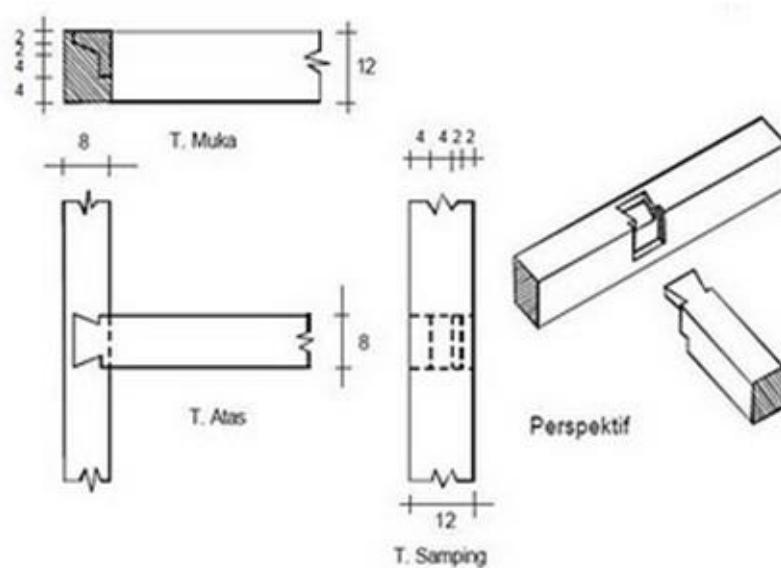
Gambar 5.17. Hubungan Ekor Burung Layang



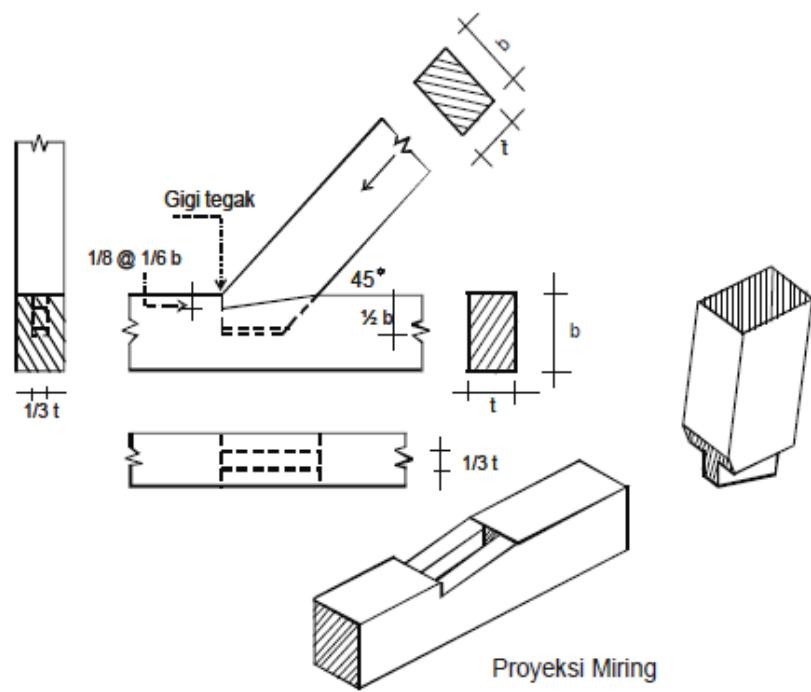
Gambar 5.18. Hubungan Ekor Burung Layang Tidak Tembus



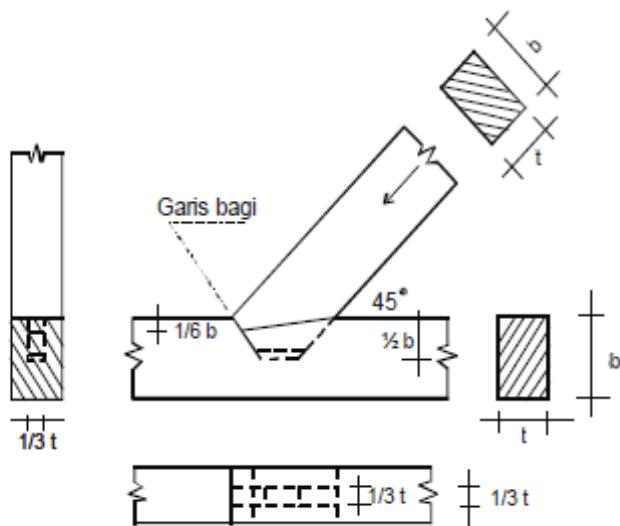
Gambar 5.19. Hubungan Ekor Burung Sorong



Gambar 5.20. Hubungan Ekor Burung dengan Raveling



Gambar 5.21. Hubungan Pen dan Lobang dengan Gigi Tegak

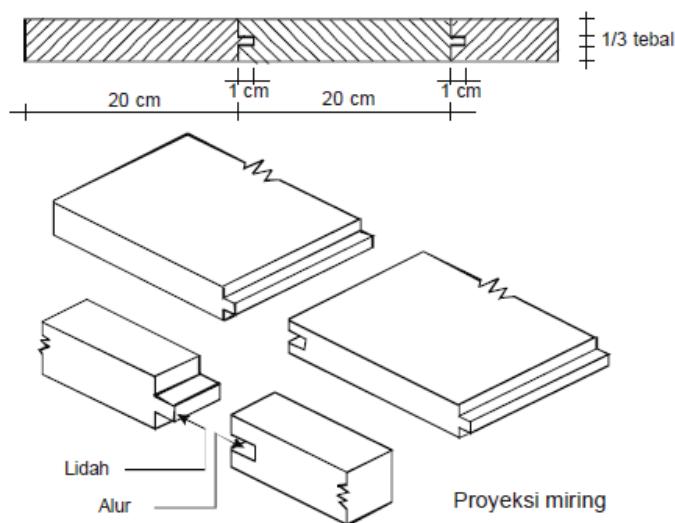


Gambar 5.22. Hubungan Pen dan Lobang dengan Gigi Garis Bagi

### 3. Sambungan Kayu Arah Melebar

Untuk papan yang akan dipergunakan sebagai lantai atau dinding bangunan, disambung terlebih dahulu agar lantai maupun dinding kayu dapat rapat dan kelihatannya bersih. Akan tetapi sebelum membuat sambungan hendaknya diperhatikan dahulu sisi mana yang akan disambung. Teknik penyambungan papan bermacam-macam, yaitu perekat, paku, alur dan lidah dengan profil. Dengan paku sambungan akan lebih rapat walaupun terjadi susut pada papan tersebut. Bila dengan sambungan bentuk lain khawatir ada penyusutan sehingga dinding akan kelihatannya jelek, maka dibuat lidah atau profil untuk mengelabui, di samping untuk faktor keindahan dalam pemasangan.

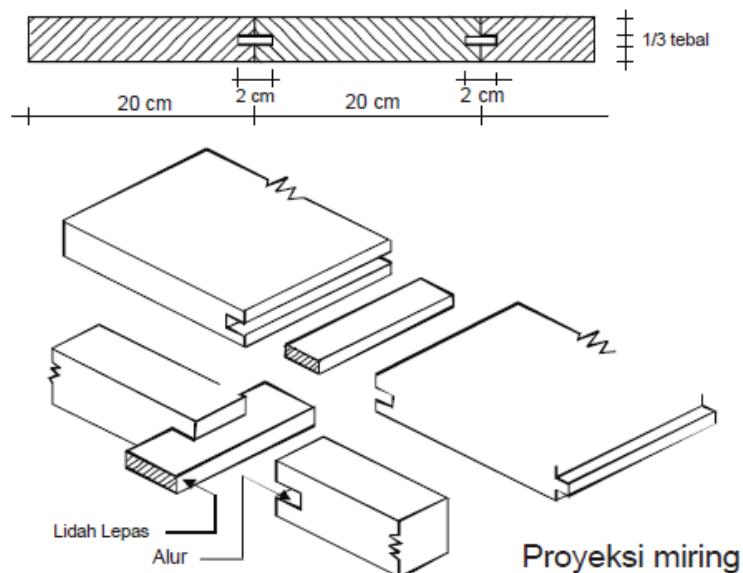
Untuk membuat sambungan ini diperlukan papan-papan dengan tebal kurang lebih 3 cm. Pada sisi samping (arah memanjang) diketam sebuah alur dengan ukuran lebar  $1/3$  tebal papan dengan kedalaman 1 cm. Pada sisi samping papan yang lain dibuat lidah dengan lebar  $1/3$  tebal kayu (dibuat lebih kecil sedikit agar dapat dimasukkan ke dalam alur). Panjang lidah dalam sambungan ini dibuat sebesar  $1\text{ cm} - 0,2\text{ cm} = 0,8\text{ cm}$ .



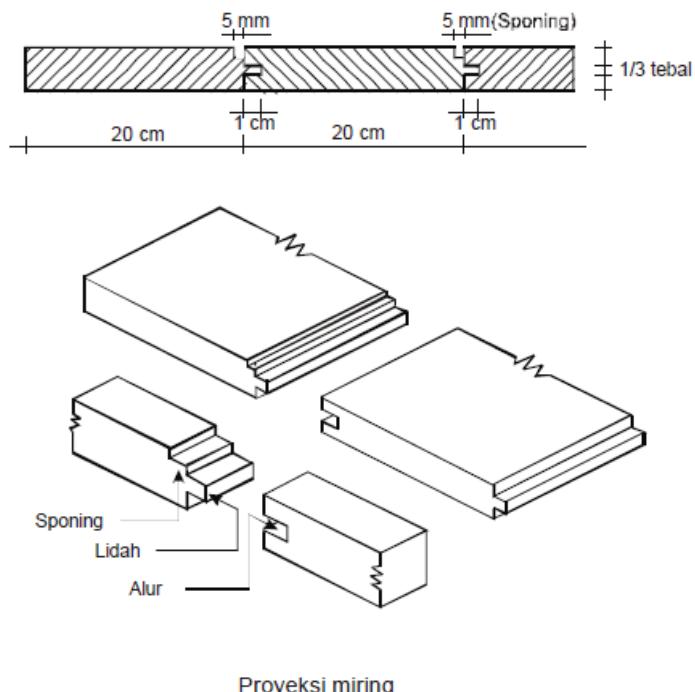
Gambar 4.23. Sambungan Lidah dan Alur

Apabila kedua sisi papan ini disatukan akan terdapat ruangan kosong/rongga muai 0,2 cm. Penguetan sambungan dengan menggunakan paku yang hanya dilakukan pada satu sisi lidah. Rongga muai dan

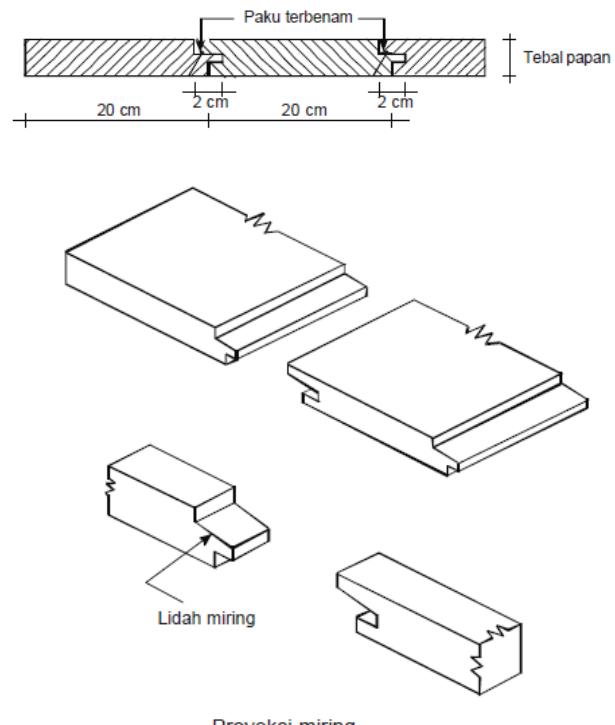
pemakuan pada satu sisi dimaksudkan agar papan-papan tersebut dapat mengembang dan menyusut dengan bebas sehingga tidak merusak sambungan.



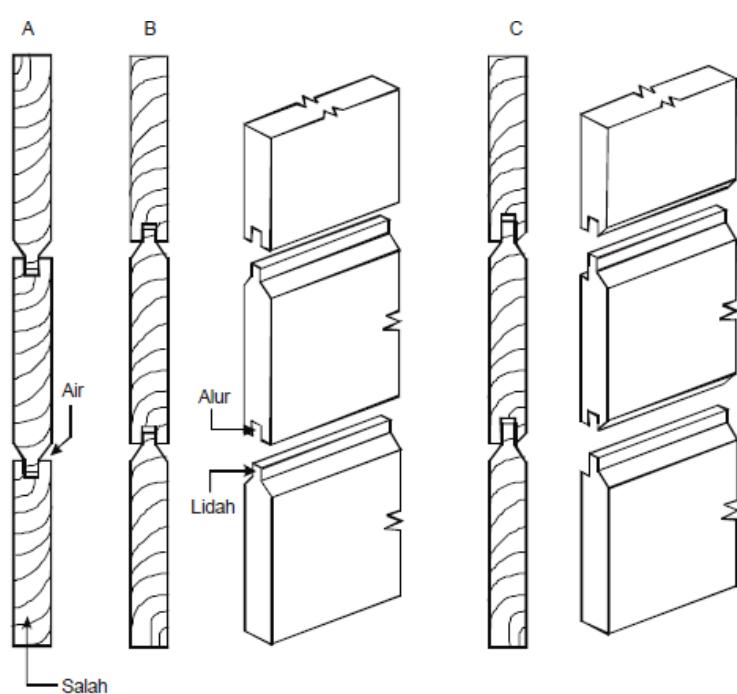
Gambar 5.24. Sambungan Lidah Lepas dan Alur



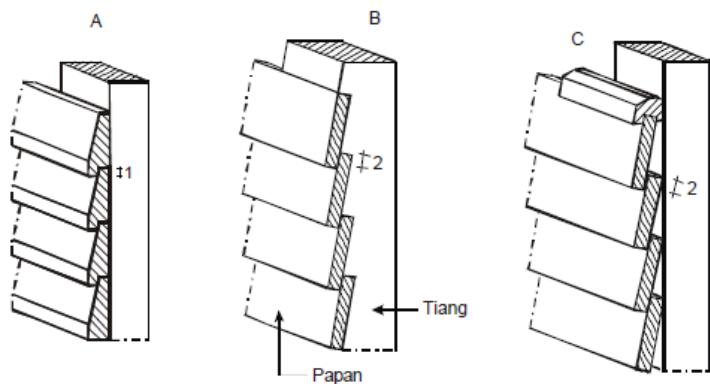
Gambar 5.25. Sambungan Lidah Bersponging dan Alur



Gambar 5.26. Sambungan Lidah Miring



Gambar 5.27. Sambungan Papan Melebar ke Arah Tegak (1)



Gambar 5.28. Sambungan Papan Melebar ke Arah Tegak (2)

#### D. Aktivitas Pembelajaran

1. Pahami setiap materi kegiatan pembelajaran dengan membaca secara cermat dan teliti, kemudian kerjakan soal latihan/kasus/tugas yang diberikan sebagai sarana evaluasi.
2. Catatlah kesulitan yang anda dapatkan dalam modul ini untuk ditanyakan pada Fasilitator atau Widya iswara pada saat kegiatan tatap muka. Bacalah referensi lainnya yang berhubungan dengan materi modul agar anda mendapatkan tambahan pengetahuan.
3. Untuk menjawab soal latihan/kasus/tugas yang diberikan usahakan memberi jawaban yang singkat, jelas dan kerjakan sesuai dengan kemampuan anda setelah mempelajari modul ini.
4. Bila terdapat penugasan, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan bilamana perlu konsultasikan hasil tersebut pada Fasilitator atau Widya iswara.
5. Siapkan semua peralatan yang mendukung pelaksanaan kegiatan Diklat Guru Teknik Konstruksi Kayu Kelompok Kompetensi B.
6. Ikuti prosedur dan langkah-langkah kerja secara urut sebagaimana tercantum dalam modul ini.
7. Bila ada yang meragukan segera konsultasikan dengan Fasilitator atau Widya iswara.

8. Mengawali dan mengakhiri pekerjaan senantiasa dengan berdo'a agar diberikan kelancaran, perlindungan dan keselamatan dari Tuhan Yang Maha Kuasa.

#### E. Latihan/Kasus/Tugas

Jelaskan perbedaan sambungan dan hubungan kayu.

#### F. Rangkuman

Konstruksi kayu yang akan dibuat tidak terlepas dari sambungan dan hubungan kayu. Sambungan dan hubungan kayu dirancang dengan tipe yang bervariasi sesuai kebutuhan dengan memperhatikan aspek kekuatan untuk selanjutnya dirangkai menjadi suatu produk tertentu baik dalam bentuk konstruksi maupun furnitur. Jenis produk yang masuk kategori konstruksi antara lain rangka bangunan, kuda-kuda, tangga, kozen, daun pintu, dan jendela. Sedangkan, jenis produk yang masuk kategori furnitur antara lain lemari, meja, kursi, dan perabotan lainnya.

Untuk memenuhi kekuatan sambungan dan hubungan kayu harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a. Sambungan harus sederhana dan kuat dengan menghindari takikan besar dan dalam, karena dapat mengakibatkan kelemahan kayu.
- b. Harus memperhatikan sifat-sifat kayu, terutama sifat menyusut, mengembang, dan tarikan.
- c. Bentuk sambungan dan hubungan kayu harus tahan terhadap gaya-gaya yang bekerja.

#### G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah mempelajari modul ini anda diharapkan dapat mengelola mengelola pekerjaan sambungan dan hubungan kayu sesuai jenis pekerjaan konstruksi kayu.

## H. Kunci Jawaban

Sambungan kayu adalah dua batang kayu atau lebih yang disambung sehingga menjadi satu batang kayu yang panjang pada posisi mendatar maupun tegak lurus dalam satu bidang datar (dua dimensi). Sedangkan hubungan kayu adalah dua batang kayu atau lebih yang dihubungkan menjadi satu benda atau satu bagian konstruksi dalam satu bidang datar (dua dimensi) maupun dalam satu ruang berdimensi tiga.

Sambungan dan hubungan kayu dibagi dalam 3 kelompok, yaitu sambungan kayu arah memanjang, hubungan kayu yang arah seratnya berlainan (menyudut), dan sambungan kayu arah melebar (sambungan papan).

## Kegiatan Pembelajaran 6

### MENDESAIN PEMBUATAN SAMBUNGAN DAN HUBUNGAN KAYU

#### A. Tujuan

Setelah melaksanakan kegiatan pembelajaran yang ada dalam modul diklat ini anda diharapkan dapat mendesain pembuatan sambungan dan hubungan kayu sesuai dengan jenis pekerjaan konstruksi kayu.

#### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Mendesain pembuatan sambungan dan hubungan kayu sesuai dengan jenis pekerjaan konstruksi kayu.

#### C. Uraian Materi

##### 1. Membuat kozen ventilasi

###### ALAT DAN BAHAN

###### ALAT:

Mesin gergaji pemotong	Gergaji pembelah
Mesin gergaji pembelah	Gergaji pemotong
Mesin ketam perata	Perusut
Mesin ketam penebal	Obeng
Mesin pahat bor	Mesin router
Ketam pendek halus	Palu kayu
Pahat pukul	Palu besi
Pahat tusuk	Klem F
Meteran	Batu asahan
Pensil/penggores	Siku-siku

#### BAHAN:

Balok ukuran 6 x 15 x 40 cm sebanyak 4 potong.

Papan ukuran 2 x 20 x 50 cm sebanyak 1 potong.

#### LANGKAH KERJA

- a. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
- b. Potong bahan (balok) dengan panjang 40 cm sebanyak 4 potong dengan mesin pemotong.
- c. Ketam dua sisi balok (sisi 1 dan sisi 2) dengan mesin ketam perata (beri tanda pada sisi yang sudah diketam).
- d. Belah balok tersebut dengan mesin pembelah hingga ukurannya mendekati ukuran yang diperlukan.
- e. Ketam kembali dua sisi lainnya (sisi 3 dan sisi 4) dengan mesin ketam penebal sehingga diperoleh ukuran yang diperlukan (5 cm x 13 cm).
- f. Lukis benda kerja sesuai ukuran gambar kerja, gunakan bantuan siku-siku, meteran, perusut, dan pensil (jangan lupa beri tanda paring saat melakukan lukisan).
- g. Buat sambungan pen dan lubang sesuai gambar kerja. Membuat pen dapat digunakan mesin pemotong dan disempurnakan dengan pahat. Membuat lubang dapat digunakan mesin pahat bor dan disempurnakan dengan pahat.
- h. Buat versteek  $45^\circ$ , sponing kaca, sponning plasteran, alur kapur, alur untuk ventilasi dan telinga kozen dengan bantuan mesin kayu sesuai dengan gambar kerja.
- i. Rangkai kozen ventilasi tersebut dengan bantuan ragum, periksa kesikuan, dan perkuat dengan paku besi.
- j. Siapkan papan untuk ventilasi, diketam dengan ukuran 1,5 cm x 10 cm, dipotong-potong sesuai kebutuhan
- k. Pasang ventilasi pada alur kozen yang sudah disiapkan dengan motif yang diinginkan dan perkuat dengan paku.
- l. Bersihkan sambungan bilamana ada yang belum rata.

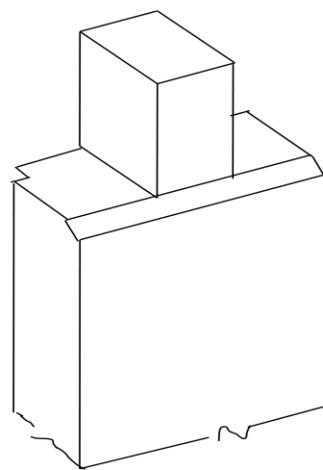
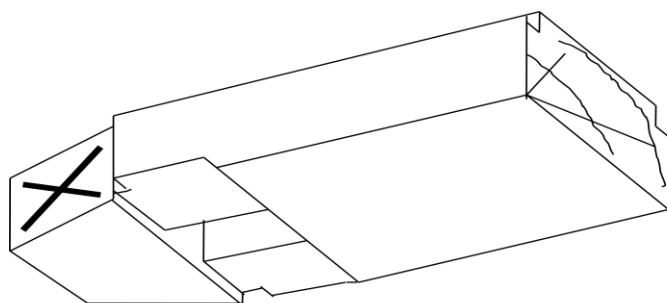
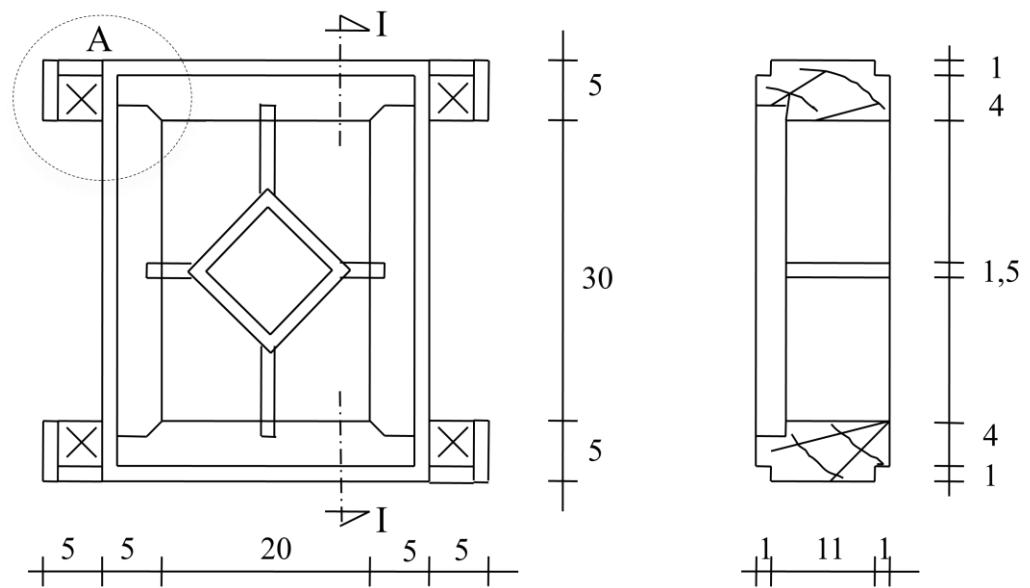
## KESELAMATAN KERJA

- a. Bekerjalah dengan serius, perhatian penuh, dan teliti. Gunakan alat sefty, jangan ceroboh dan bercanda, serta ikuti petunjuk instruktur dengan seksama terutama saat mengoperasikan mesin-mesin kayu agar terhindar dari kecelakaan kerja.
- b. Peliharalah alat-alat tangan perkayuan dan benda kerja dengan baik dan aman agar tidak rusak atau menimbulkan kecelakaan kerja.
- c. Jaga kerapian dan kebersihan ruangan.

## EVALUASI

- a. Apakah bentuk dan ukuran sudah sesuai dengan gambar kerja?
- b. Apakah sambungan sudah rapat, rata, dan siku, dan tidak baling?

## GAMBAR KERJA



## 2. Membuat pintu panel

### ALAT DAN BAHAN

#### ALAT:

Mesin gergaji pemotong	Gergaji pembelah
Mesin gergaji pembelah	Gergaji pemotong
Mesin ketam perata	Perusut
Mesin ketam penebal	Obeng
Mesin pahat bor	Mesin router
Ketam pendek halus	Palu kayu
Pahat pukul	Palu besi
Pahat tusuk	Klem F
Meteran	Batu asahan
Pensil/penggores	Siku-siku
Ragum panjang	Bor kayu

### BAHAN

Papan ukuran 4 x 25 x 210 cm sebanyak 1 potong.

Papan ukuran 4 x 25 x 82 cm sebanyak 3 potong.

Papan ukuran 3 x 20 x 64 cm sebanyak 8 potong.

### LANGKAH KERJA

- a. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
- b. Potong bahan (papan) ukuran 4 x 25 dengan panjang 210 cm sebanyak 1 potong, dan panjang 82 cm sebanyak 3 potong dengan menggunakan mesin pemotong.
- c. Papan berukuran 4 x 20 dengan panjang 64 cm sebanyak 8 potong.
- d. Ketam dua sisi papan (sisi 1 dan sisi 2) dengan mesin ketam perata (beri tanda pada sisi yang sudah diketam).
- e. Belah papan ukuran 4 x 25 x 210 cm menjadi dua dengan mesin pembelah hingga ukurannya mendekati ukuran yang diperlukan yaitu 4 x 9 x 210.

- f. Ketam kembali dua sisi lainnya (sisi 3 dan sisi 4) dengan mesin ketam penebal sehingga diperoleh ukuran yang diperlukan ( $3 \times 9 \times 210$  cm).
- g. Belah papan ukuran  $4 \times 25 \times 82$  cm menjadi dua dengan mesin pembelah hingga ukurannya mendekati ukuran yang diperlukan yaitu  $4 \times 9 \times 82$ .
- h. Ketam kembali dua sisi lainnya (sisi 3 dan sisi 4) dengan mesin ketam penebal sehingga diperoleh ukuran yang diperlukan ( $3 \times 9 \times 82$  cm).
- i. Lukis benda kerja sesuai ukuran gambar kerja, gunakan bantuan siku-siku, meteran, perusut, dan pensil (jangan lupa beri tanda paring saat melakukan lukisan).
- j. Buat sambungan pen dan lubang sesuai gambar kerja. Membuat pen dapat digunakan mesin pemotong dan disempurnakan dengan pahat. Membuat lubang dapat digunakan mesin pahat bor dan disempurnakan dengan pahat.
- k. Buat versteck  $45^\circ$ , alur panel dengan bantuan mesin kayu sesuai dengan gambar kerja.
- l. Siapkan papan untuk panel.
- m. Rangkai daun pintu tersebut berserta panel dengan bantuan ragum, periksa kesikuan, dan perkuat dengan pasak dan lem kayu.
- n. Bersihkan sambungan bilamana ada yang belum rata.

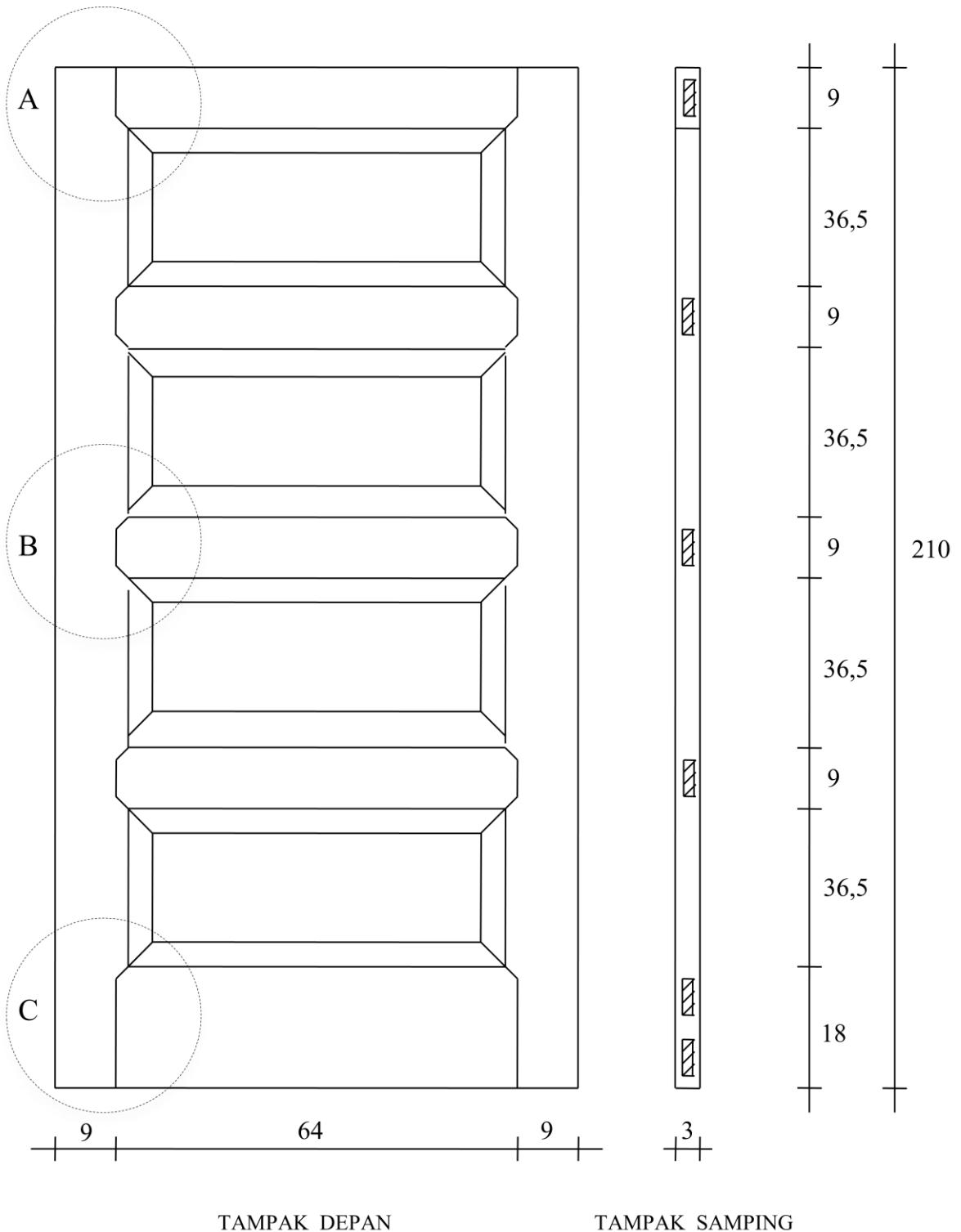
#### KESELAMATAN KERJA

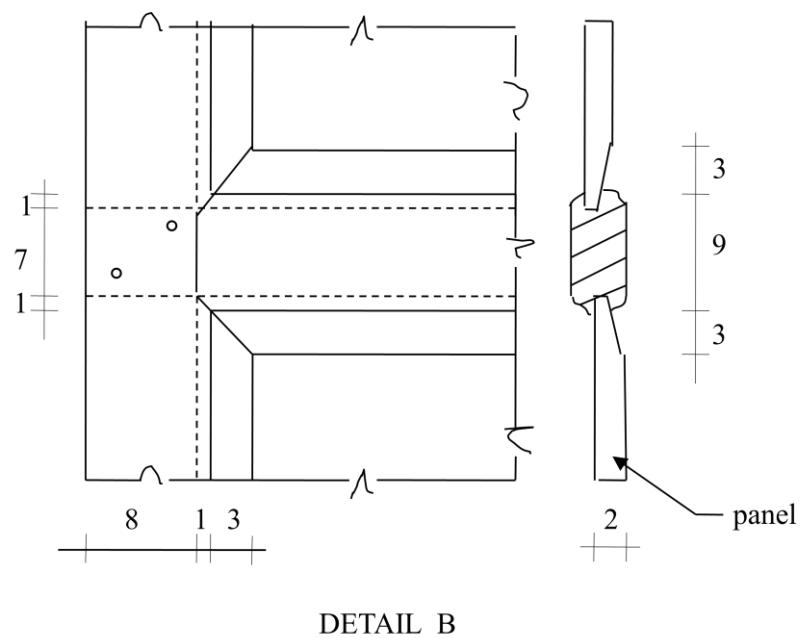
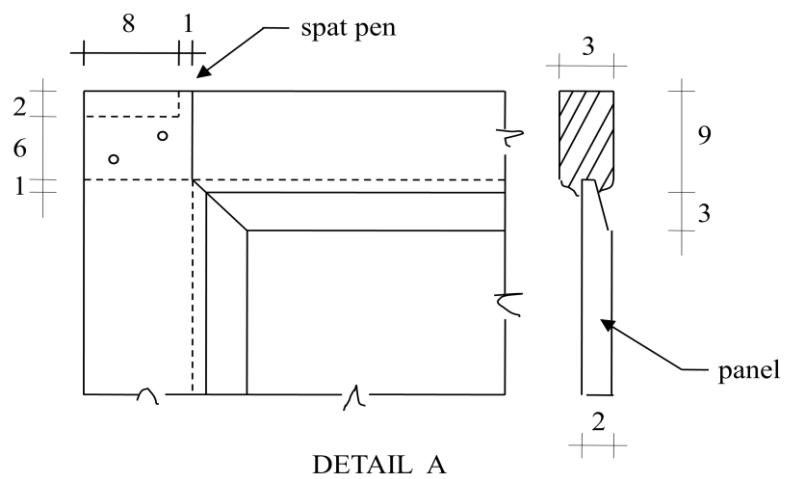
- a. Bekerjalah dengan serius, perhatian penuh, dan teliti. Gunakan alat sefty, jangan ceroboh dan bercanda, serta ikuti petunjuk instruktur dengan seksama terutama saat mengoperasikan mesin-mesin kayu agar terhindar dari kecelakaan kerja.
- b. Pelihara alat-alat tangan perkayuan dan benda kerja dengan baik dan aman agar tidak rusak atau menimbulkan kecelakaan kerja.
- c. Jaga kerapian dan kebersihan ruangan.

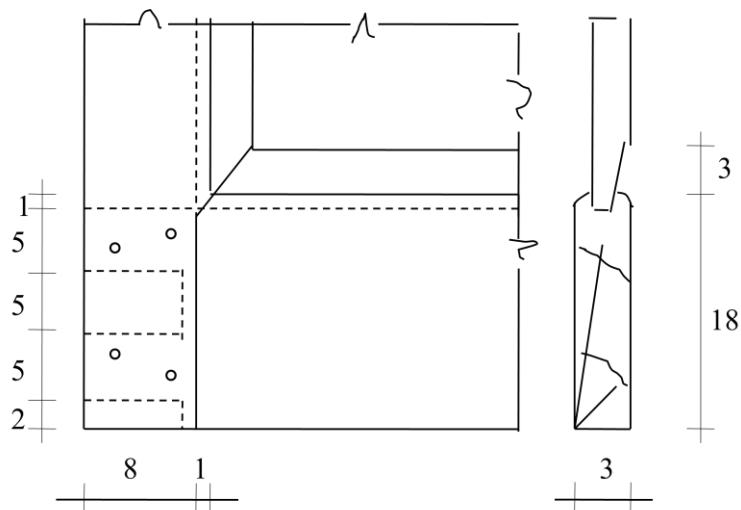
#### EVALUASI

- a. Apakah bentuk dan ukuran sudah sesuai dengan gambar kerja?
- b. Apakah sambungan sudah rapat, rata, siku, dan tidak baling?

GAMBAR KERJA







DETAIL C

#### D. Aktivitas Pembelajaran

1. Pahami setiap materi kegiatan pembelajaran dengan membaca secara cermat dan teliti, kemudian kerjakan soal latihan/kasus/tugas yang diberikan sebagai sarana evaluasi.
2. Catatlah kesulitan yang anda dapatkan dalam modul ini untuk ditanyakan pada Fasilitator atau Widya Iswara pada saat kegiatan tatap muka. Bacalah referensi lainnya yang berhubungan dengan materi modul agar anda mendapatkan tambahan pengetahuan.
3. Untuk menjawab soal latihan/kasus/tugas yang diberikan usahakan memberi jawaban yang singkat, jelas dan kerjakan sesuai dengan kemampuan anda setelah mempelajari modul ini.
4. Bila terdapat penugasan, kerjakan tugas tersebut dengan baik dan bilamana perlu konsultasikan hasil tersebut pada Fasilitator atau Widya Iswara.
5. Siapkan semua peralatan yang mendukung pelaksanaan kegiatan Diklat Guru Teknik Konstruksi Kayu Kelompok Kompetensi B.

6. Ikuti prosedur dan langkah-langkah kerja secara urut sebagaimana tercantum dalam modul ini.
7. Bila ada yang meragukan segera konsultasikan dengan Fasilitator atau Widya Iswara.
8. Mengawali dan mengakhiri pekerjaan senantiasa dengan berdo'a agar diberikan kelancaran, perlindungan dan keselamatan dari Tuhan Yang Maha Kuasa.

#### E. Latihan/Kasus/Tugas

Rencanakanlah sebuah kozen pintu lengkap dengan detail sambungannya serta uraikan proses pembuatannya.

#### F. Rangkuman

Konstruksi kayu yang akan dibuat tidak terlepas dari sambungan dan hubungan kayu. Sambungan dan hubungan kayu dirancang dengan tipe yang bervariasi sesuai kebutuhan dengan memperhatikan aspek kekuatan untuk selanjutnya dirangkai menjadi suatu produk tertentu baik dalam bentuk konstruksi maupun furnitur. Jenis produk yang masuk kategori konstruksi antara lain rangka bangunan, kuda-kuda, tangga, kozen, daun pintu, dan jendela. Sedangkan, jenis produk yang masuk kategori furnitur antara lain lemari, meja, kursi, dan perabotan lainnya.

Untuk memenuhi kekuatan sambungan dan hubungan kayu harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- a. Sambungan harus sederhana dan kuat dengan menghindari takikan besar dan dalam, karena dapat mengakibatkan kelemahan kayu.
- b. Harus memperhatikan sifat-sifat kayu, terutama sifat menyusut, mengembang, dan tarikan.
- c. Bentuk sambungan dan hubungan kayu harus tahan terhadap gaya-gaya yang bekerja.

## G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Setelah mempelajari modul ini anda diharapkan dapat mendesain pembuatan sambungan dan hubungan kayu sesuai dengan jenis pekerjaan konstruksi kayu.

## H. Kunci Jawaban

Membuat kozen pintu

### ALAT DAN BAHAN

#### A. ALAT:

Mesin gergaji pemotong	Gergaji pembelah
Mesin gergaji pembelah	Gergaji pemotong
Mesin ketam perata	Perusut
Mesin ketam penebal	Obeng
Mesin pahat bor	Mesin router
Ketam pendek halus	Palu kayu
Pahat pukul	Palu besi
Pahat tusuk	Klem F
Meteran	Batu asahan
Pensil/penggores	Siku-siku

#### B. BAHAN

Balok ukuran 6 x 15 x 200 cm sebanyak 2 potong.

Balok ukuran 6 x 15 x 110 cm sebanyak 1 potong.

### LANGKAH KERJA

1. Siapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Potong bahan (balok) dengan panjang 200 cm sebanyak 2 potong, dan panjang 110 cm sebanyak 1 potong dengan menggunakan mesin pemotong.

3. Ketam dua sisi balok (sisi 1 dan sisi 2) dengan mesin ketam perata (beri tanda pada sisi yang sudah diketam).
4. Belah balok tersebut dengan mesin pembelah hingga ukurannya mendekati ukuran yang diperlukan.
5. Ketam kembali dua sisi lainnya (sisi 3 dan sisi 4) dengan mesin ketam penebal sehingga diperoleh ukuran yang diperlukan (5 cm x 13 cm).
6. Lukis benda kerja sesuai ukuran gambar kerja, gunakan bantuan siku-siku, meteran, perusut, dan pensil (jangan lupa beri tanda paring saat melakukan lukisan).
7. Buat sambungan pen dan lubang sesuai gambar kerja. Membuat pen dapat digunakan mesin pemotong dan disempurnakan dengan pahat. Membuat lubang dapat digunakan mesin pahat bor dan disempurnakan dengan pahat.
8. Buat versteek  $45^\circ$ , sponing kaca, sponning plasteran, alur kapur, alur untuk ventilasi dan telinga kozen dengan bantuan mesin kayu sesuai dengan gambar kerja.
9. Rangkai kozen tersebut dengan bantuan ragum, periksa kesikuan, dan perkuat dengan paku besi.
11. Bersihkan sambungan bilamana ada yang belum rata.

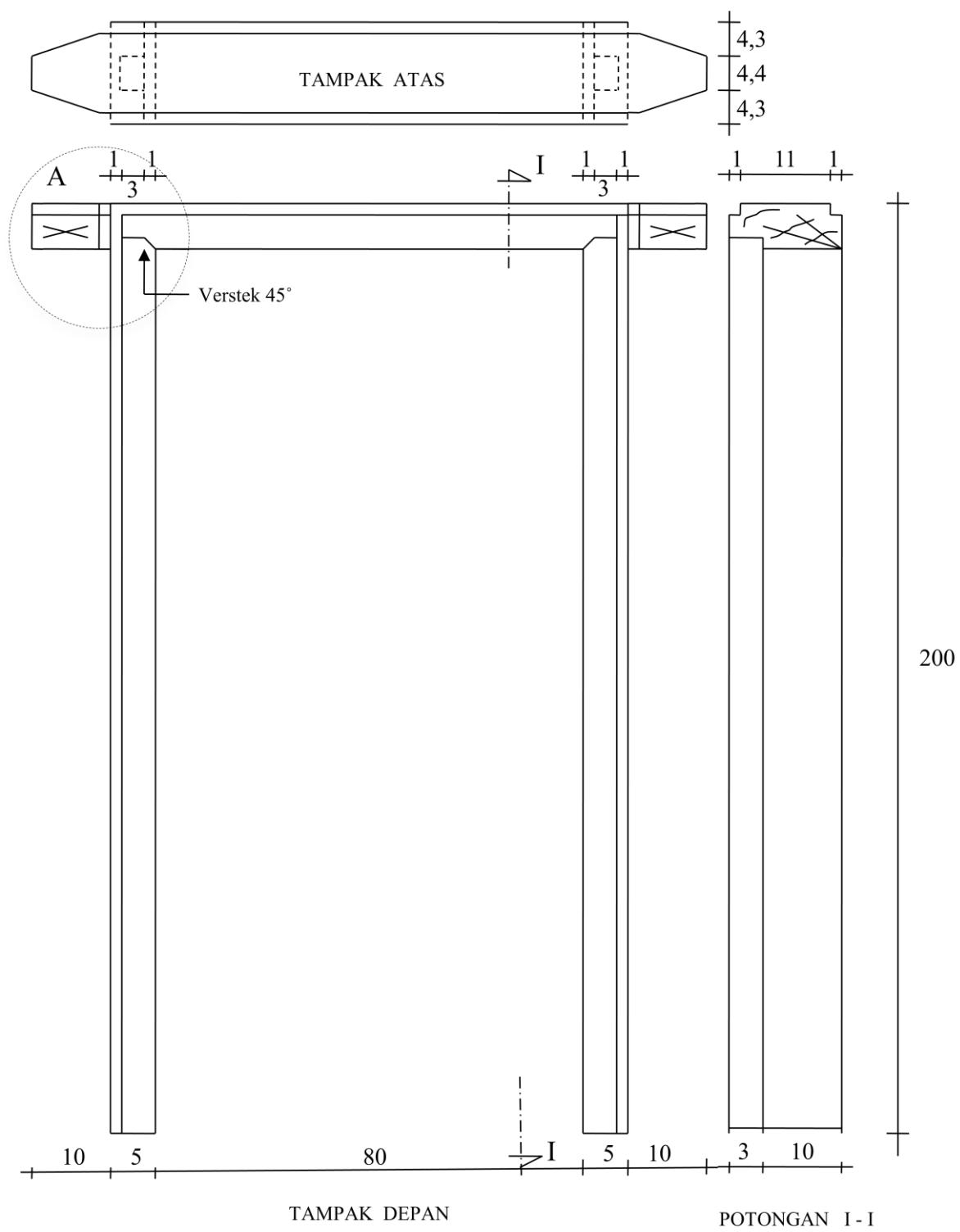
#### KESELAMATAN KERJA

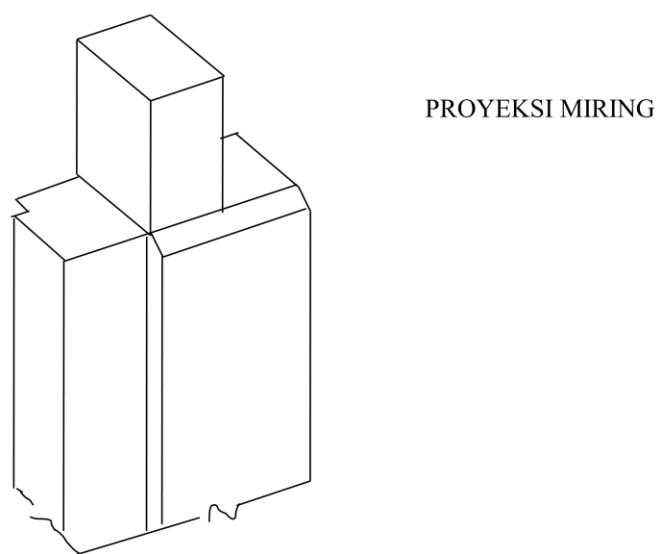
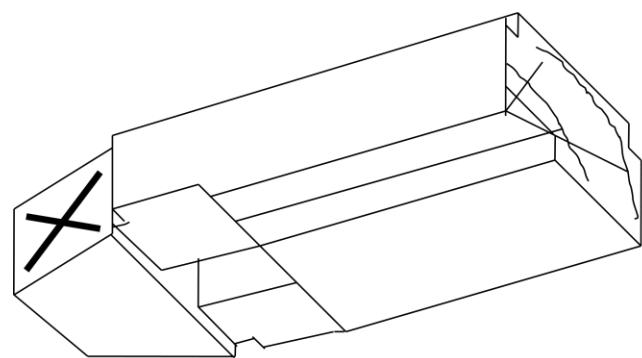
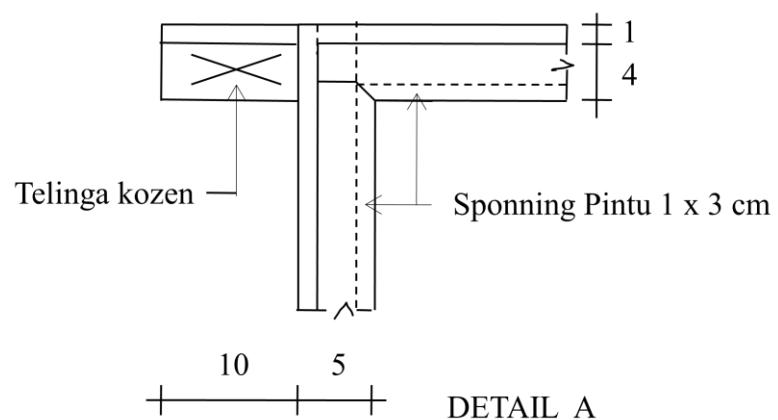
1. Bekerjalah dengan serius, perhatian penuh, dan teliti. Gunakan alat sefty, jangan ceroboh dan bercanda, serta ikuti petunjuk instruktur dengan seksama terutama saat mengoperasikan mesin-mesin kayu agar terhindar dari kecelakaan kerja.
2. Peliharalah alat-alat tangan perkayuan dan benda kerja dengan baik dan aman agar tidak rusak atau menimbulkan kecelakaan kerja.
3. Jaga kerapian dan kebersihan ruangan.

#### EVALUASI

1. Apakah bentuk dan ukuran sudah sesuai dengan gambar kerja?
2. Apakah sambungan sudah rapat, rata, dan siku, dan tidak baling?

GAMBAR KERJA





## PENUTUP

### A. Evaluasi

Modul ini ditulis sebagai sumber belajar yang dapat digunakan secara mandiri oleh peserta Diklat Guru Teknik Konstruksi Kayu Kelompok Kompetensi B. Untuk keperluan diklat, lembaga diklat bisa menugaskan pesertanya mempelajari materi yang ada pada modul ini sebelum mengikuti diklat. Dengan demikian, diharapkan para peserta diklat akan terjadi diskusi yang hangat, lebih kreatif, dan aktif. Sebab pada dasarnya peserta yang sudah membaca sebelumnya akan menjadi aktif dalam berdiskusi.

Modul ini memuat kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional yang harus dikuasai oleh Guru Teknik Konstruksi Kayu pada Kelompok Kompetensi B, yang secara keseluruhan dapat dituntaskan dalam enam kegiatan pembelajaran.

Kami menyadari bahwa modul yang sampai ke tangan anda ini masih tidak terlepas dari berbagai kekurangan dan keterbatasan, maka untuk itu kritik dan saran konstruktif sangat diharapkan bagi penyempurnaannya di masa yang akan datang. Demikian hal ini disampaikan, semoga modul ini bermanfaat bagi kita semua. Atas saran dan kritiknya kami ucapan terima kasih.

## B. Daftar Pustaka

Abdul Majid, 2007. *Perencanaan Pembelajaran: Mengembangkan Standar Kompetensi Guru*, Bandung: Rosdakarya.

American Institute of Timber Construction, AITC. 2005. *Timber Construction Manual, Fifth Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Daryanto. 2010. *Konstruksi Kayu*. Bandung: PT. Sarana Tutorial Nurani Sejahtera.

Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Tata Cara Perencanaan Struktur Kayu Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: SNI-2002.

Faherty, KF. 1997. *Wood Engineering and Construction Handbook*. New York: McGraw-Hill, Inc.

Frick, Heinz. 2006. *Ilmu Konstruksi Bangunan Kayu*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.

Hill, F. Wilfred. 2009. *Theories of Learning (Terj. Teori-teori Pembelajaran)*. Bandung: Nusa Media

Hoadley, R. Bruce. 2000. Understanding Wood: a craftsman's guide to wood technology. The Taunton Press. Newtown.

Hoyle, R.J. 1978. *Wood Technology in the Design of Structures*. Mounting. Press Publishing Co. Montana.

Joyce Bruce. Et al. 2000. Models of Teaching. 6th Ed. Allyn & Bacon: London

Mardikanto TR, Karlinasari Lina, dan Bahtiar Effendi Tri. 2011. *Sifat Mekanis Kayu*. Bogor: PT. Penerbit IPB Press.

Mc. Lain, T.E., Thangjitham, S. 1983. *Bolted Wood-Joint Yield Model*, Journal of Structural Division, ASCE.

M. Saekhan Muchith, M.Pd. 2008. *Pembelajaran Kontekstual*. Semarang: RaSAIL Media Group.

Nasution. S. 2005. Berbagai Pendekatan dalam Proses Belajar dan Mengajar. Jakarta: Bumi Aksara.

Nana Syaodih Sukmadinata. 2001. *Pengembangan Kurikulum teori dan Praktek*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.

NFPA. 1986. *National Design Specification*. Washington DC: National Forest Products Association.

Soltis, LA. 1999. *Wood Handbook, Wood as an Engineering Material*. Madison, WI: USDA Forest Service, Forest Products Laboratory.

Suranto, Yustinus. 2002. *Pengawetan Kayu*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.

Sanjaya, Wina. 2006. *Strategi Pembelajaran*. Jakarta: Media Prenada

Slavin, R. E. 1995. *Cooperative learning*. Second edition. Boston: Allyn and Bacon.

Sudjana, Nana. 1989. Cara Belajar Siswa Aktif dalam Proses Belajar Mengajar. Bandung: Sinar Baru.

Wilkinson, T.L. 1991. *Dowel bearing strength*. Res. Pap. FPL-RP-505. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory.

Wilkinson, T.L., 1992, *Strength of Bolted Timber Connections with Steel Side Member*, Res. Pap. FPL-RP-513. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Product Laboratory.

Uno, B. Hamzah. 2006. *Perencanaan Pembelajaran*. Jakarta: Bumi Aksara.

Yamin, Martinis. 2006. *Strategi Pembelajaran Berbasis Kompetensi*. Jakarta: Gaung Persada Press.

Yap, KH. Felix. 1984. *Konstruksi Kayu*. Bandung: Penerbit Binacipta.