



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN
2016

MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Konstruksi Baja

Pedagogik : Menyusun Rancangan Pembelajaran
Profesional : Prinsip Dasar Perencanaan Konstruksi Baja

KELOMPOK
KOMPETENSI





MODUL GURU PEMBELAJAR

Paket Keahlian Teknik Konstruksi Baja

Penyusun :

Ir. Syahrizal, MT
USU Medan
rizal_ar@ymail.com
0811636174

Reviewer :

Indra Jaya, ST., MT
USU Medan
indrajaya80@gmail.com
081361747396

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



Dilindungi Undang-Undang

Milik Negara
Tidak Diperdagangkan

Kontributor :
Penyunting Materi : (tim pengarah)
Penyunting Bahasa : Badan Bahasa
Penyelia Penerbitan : Politeknik Media Kreatif, Jakarta

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

750.014

BAS

k

Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Cetakan ke-1, 2015

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 diklat guru pembelajar.

Pembuatan modul ini merupakan suatu usaha untuk meningkatkan kualitas profesional guru dalam proses pembelajaran bagi Lingkup Kejuruan Kelompok Teknologi. Usaha tersebut adalah sebagai tindak lanjut dari reformasi Sistem Pendidikan Kejuruan yang diserahkan kepada penyiapan tamatan dengan kompetensi sesuai dengan kebutuhan dunia kerja.

Dengan demikian diharapkan dapat digunakan oleh guru, untuk meningkatkan profesionalnya yang dilaksanakan baik secara klasikal maupun secara mandiri dalam upaya pencapaian penguasaan kompetensi

Kami menyadari isi yang terkandung dalam modul ini masih belum sempurna, untuk itu kepada guru maupun peserta diklat diharapkan agar dapat melengkapi, memperkaya dan memperdalam pemahaman dan penguasaan materi untuk topik yang sama dengan membaca referensi lain yang terkait. Selain kritik dan saran membangun bagi penyempurnaan modul ini, sangat diharapkan dari semua pihak.

Kepada semua pihak yang turut membantu dalam penyiapan modul ini, disampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya serta ucapan terima kasih, kiranya modul yang sederhana ini dapat bermanfaat khususnya bagi peserta yang memerlukannya

Jakarta, Maret 2016
Direktur Jenderal Guru dan
Tenaga Kependidikan,

Sumarna Surapranata, Ph.D
NIP. 19590801 198503 1002

DAFTAR ISI

Kata Pengantar	ii
Daftar Isi	iii
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	xii
Pendahuluan	13
A. Latar Belakang	13
B. Tujuan	14
C. Peta Kompetensi.....	15
D. Ruang Lingkup	15
E. Saran Penggunaan Modul.....	16
Kegiatan Pembelajaran 1	18
A. Tujuan	18
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	18
C. Uraian Materi	18
1. Gaya dan keseimbangan gaya	19
2. Pengertian tentang gaya dan garis kerja gaya.....	20
3. Garis kerja gaya	22
4. Titik tangkap gaya	23
5. Sifat gaya	23
6. Penjumlahan gaya.....	24
6.1 Penjumlahan secara grafis	24
• 2 gaya yang mempunyai titik tangkap sama.....	24
• 2 gaya sebidang titik tangkap beda	24
• 3 gaya titik tangkap tunggal.....	25
• 3 gaya tidak mempunyai titik tangkap tunggal.....	26
• Polygon batang dan jari-jari poigon	27
6.2 Penjumlahan secara anaitis	28
• 2 gaya dengan titik tangkap tunggal.....	29
• 2 gaya dengan titik tangkap berbeda	30
D. Aktifitas Pembelajaran.....	31
E. Latihan/Kasus/Tugas.....	33
F. Rangkuman.....	33
G. Umpan Balik dan tindak lanjut	34
Kegiatan Pembelajaran 2	35
A. Tujuan.....	35
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	35
C. Uraian Materi	35
a. Kelakuan tegangan-regangan uji	35
b. Keliatan dan kekenyalan	38
c. Kekuatan leleh untuk tegangan multiaksia.....	42
• c.1 Kriteria leleh energy distorsi	42
• c.2 Tegangan leleh geser	43
• c.3 Angka Poissons ratio	44
• c.4 Modulus elastisitas geser.....	44

d.	Kekakuan pada suhu tinggi	44
e.	Kerja dingin pengerasan renggangan	46
f.	Patah getas	48
	• f.1 pengaruh suhu.....	49
	• f.2 pengaruh tegangan multiaksial	49
	• f.3 tegangan multiaksial akibat pengelasan	51
	• f.4 pengaruh ketebalan	52
	• f.5 pengaruh beban dinamis	52
g.	Sobekan Lamela	53
h.	Kekuatan lelah.....	56
i.	Baja lapuk dan tahan karat.....	60
D.	Aktifitas Pembelajaran.....	62
E.	Latihan/Kasus/Tugas.....	63
F.	Rangkuman.....	64
G.	Umpan Balik.....	65
Kegiatan Pembelajaran 3		66
A.	Tujuan.....	66
B.	Indikator Pencapaian Kompetensi	66
C.	Uraian Materi	66
	1. Tujuan perhitungan.....	66
	2. Unit/Satuan.....	67
	3. Simbol-simbol.....	67
	4. Persamaan	67
	5. Asumsi.....	68
	6. Parameter.....	68
	7. Presentase perhitungan.....	69
	8. Perhitungan memakai computer	70
	a. Umum.....	70
	b. Deskripsi bangunan rencana	72
	c. Beban tetap dan masa bangunan	75
	d. Analisa modal	75
	e. Konfigurasi pembebanan	76
	• Beban gempa	76
	• Kinerja batas layan	78
	• Kombinasi beban.....	78
	f. Hasil perencanaan struktur standard	78
	9. Check list desain sipil dan struktur.....	81
D.	Aktifitas Pembelajaran.....	86
E.	Latihan/Kasus/Tugas.....	87
F.	Rangkuman.....	87
G.	Umpan Balik.....	88
Kegiatan Pembelajaran 4		89
A.	Tujuan.....	89
B.	Indikator Pencapaian Kompetensi.....	89
C.	Uraian Materi	89
	I. Gambar Arsitektur	89
	a. Jenis gambar arsitektur.....	89
	1. Gambar presentase	89

2.	Gambar teknik.....	90
b.	Macam-macam gambar arsitektur.....	91
1.	Denah	91
2.	Layout	92
3.	Kawasan	92
4.	Site Plan	92
5.	Tampak.....	93
5.1.	Tujuan dari gambar tampak.....	93
5.2.	Fungsi-fungsi Gambar Tampak	93
5.3.	Kegunaan gambar tampak	93
5.4.	Kelebihan gambar tampak.....	93
5.5.	kekurangan gambar tampak.....	93
6.	Potongan	94
II.	Gambar perencanaan.....	94
III.	Gambar Kerja (Shop Drawing).....	95
a.	Kriteria Gambar Shop Drawing	96
b.	Kendala Gamabar Shop Srawing.....	96
IV.	As Built Darawing	97
V.	Aplikasi Program AutoCad dalam teknik bangunan	99
1.	Menjalan Program AutoCad.....	100
2.	Memulai gambar baru dan membuka gambar yang sudah ada...	101
3.	Menyimpan Gambar	102
4.	Keluar dari AutoCad.....	103
5.	Perintah Menggambar (draw)	103
5.1.	Menggambar garis lurus (line).....	103
5.2.	Membuat text (Teks)	104
5.3.	Menggambar circle (lingkaran)	104
5.4.	Menggambar Ellipse	105
5.5.	Menggambar multi line.....	105
5.6.	Menggambar polyline	106
5.7.	Menggambar polygon	107
5.8.	Menggambar Rectangle	107
5.9.	Menggambar Busur.....	107
5.10.	Membuat titik.....	107
5.11.	Membuat Arsiran.....	108
6.	Perintah Format	109
6.1.	Membuat dimensi.....	109
6.2.	Mengatur layer	110
7.	Perintah Editing	111
7.1.	Erase	111
7.2.	Copy	111
7.3.	Move	112
7.4.	Offset	112
7.5.	Array	113
7.6.	Mirror	114
7.7.	Trim.....	115
7.8.	Ekstend.....	116
7.9.	Fillet	116
7.10	Break	117
7.11	Rotate	117

7.12 Chamfer	117
7.13 Strech	118
7.14 Scale.....	119
7.15 Zoom	119
7.16 Wblock.....	120
7.17 Block.....	120
7.18 Snap	122
7.19 Area.....	122
8. Perintah dasar 3 dimensi	122
8.1. Menggunakan Meshes	122
8.2. Solid Modeling.....	125
8.3. Solid Composite	127
8.4. Editing Object 3D	127
D. Aktivitas Pembelajaran.....	128
E. Latihan	131
F. Rangkuman.....	131
G. Umpan balik	132
Kegiatan Pembelajaran 5	133
A. Tujuan.....	133
B. Indikator Pencapaian Kompetensi.....	133
C. Uraian Materi	133
1. Umum	133
2. Hal-hal yang perlu dipersiapkan	133
• Tenaga kerja, material dan peralatan	133
• Pengukuran lapangan.....	134
• Tenaga ahli.....	134
• Gambar kerja/ shop drawings	134
• Gambar terlaksana/ As built drawings	134
3. Peraturan-peraturan	135
4. Perhitungan berat konstruksi baja	135
5. Bagian dalam konstuksi baja	135
❖ Sambungan	136
• Sambungan Baut	136
▪ Pakukeling.....	137
▪ BautHitam	138
▪ BautSekrup	138
▪ BautBersirip.....	139
• Sambungan Las125	140
▪ Sambungan sebidang	140
▪ Sambungan lewatan.....	141
▪ Sambungan tegak	141
▪ Sambungan sudut	142
▪ Sambungan sisi.....	142
❖ Angkur	143
❖ Cat dasar/primer dan cat finish	143
❖ Angkur khusus.....	143
6. Penggantian profil penampang.....	143
7. Toleransi dimensi panjang dan kelurusan.....	144
8. Uji material	144

9. Syarat-syarat pelaksanaan	145
• Gambar kerja/ shop drawing	145
• Fabrikasi	145
• Tanda/Label pada konstruksi baja.....	146
• Pengelasan	146
• Baut penyambung dan Angkur	148
• Percobaan Pengangkatan di Bengkel	150
• Pemeriksaan akhir sebelum pengiriman.....	151
• Lokasi penempatan baja di lapangan	151
• Posisi angkur	151
• Keselamatan di lapangan.....	151
• Kegagalan pengangkatan	152
• Kerusakan elemen baja.....	152
• Tenaga ahli untuk pengangkatan	152
• Las lapangan	152
10. Pengecatan	152
• Persiapan pengecatan	152
• Pengecatan primer.....	153
• Cat finish.....	153
• Pemeriksaan tebal cat.....	154
• Baja yang dibungkus dan baja sementara.....	154
11. Anti Lendut	154
D. Aktifitas pembelajaran	154
E. Latihan	157
F. Rangkuman.....	157
G. Umpan Balik dan tindak lanjut	157
Kegiatan Pembelajaran 6	158
A. Tujuan.....	158
B. Indikator pencapaian kompetensi.....	158
C. Uraian Materi	158
1. Latar belakang.....	158
2. Definisi Pengertian kesehatan dan keselamatan kerja.....	158
3. Karakteristik kegiatan konstruksi	160
4. Alat perlindungan diri.....	161
a. Definisi alat perlindungan diri.....	161
b. Penggunaan alat perlindungan diri	162
1. Helm safety helm kerja	162
2. Sepatu pengaman	163
3. Sarung tangan	164
4. Kacamata	166
5. Pelindung telinga	168
6. Alat perlindungan diri lainnya	168
c. Kelebihan dan kekurangan APD.....	169
d. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan APD	169
e. Standard yang dipakai	170
5. Kasus Kecelakaan Konstruksi	171
5.1.1. Kasus kecelakaan konstruksi dipeusahaan baja	171
5.1.2. Pencegahan kecelakaan di ketinggian	174

6. Program Keselamatan dan kesehatan kerja	174
7. Alasan pentingnya kesehatan dan keselamatan kerja	178
8. Tujuan system manajemen kesehatan dan keselmatan kerja.....	179
9. Analisa K3 pada kolom baja WF.....	184
D. Aktifitas pembelajaran	186
E. Latihan	187
F. Rangkuman.....	187
G. Umpan Balik.....	187
Kunci Jawaban Latihan/ Kasus/ Tugas	188
Evaluasi.....	193
Penutup	194
Daftar Pustaka	195

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Ilustrasi beban roda kendaraan yang terletak diatas jembatan	20
Gambar 1.2 Pemodelan mekanika teknik gambar 1.	20
Gambar 1.3 Ilustrasi 1	21
Gambar 1.4 Ilustrasi 2	22
Gambar 1.5 Ilustrasi 4	23
Gambar 1.6 Ilustrasi 5	23
Gambar 1.7 Ilustrasi 5	24
Gambar 1.8 Penjumlahan gaya secara grafis titik tangkap yang sama.....	24
Gambar 1.9 Penjumlahan gaya secara grafis titik tangkap yang sama.....	25
Gambar 1.10 Penjumlahan 3 gaya yang mempunyai titik tangkap tunggal.....	25
Gambar 1.11 Penjumlahan 3 gaya yang tidak mempunyai titik tangkap tunggal ke-1.....	26
Gambar 1.12 Penjumlahan 3 gaya yang tidak mempunyai titik tangkap tunggal ke-2.....	27
Gambar 1.13 Penjumlahan 2 gaya yang tidak mempunyai titik tangkap tunggal	29
Gambar 1.14 Penjumlahan 2 gaya yang tidak mempunyai titik tangkap berbeda	30
Gambar 2.1 Kurva tegangan-regangan yang umum.....	35
Gambar 2.2 Kurva tegangan-regangan tipikal yang diperbesar untuk berbagai tegangan leleh... ..	36
Gambar 2.3 Uji V-Charpy	40
Gambar 2.4 Kurva transisi suhu untuk baja karbon yang diperoleh dari ujikejut takik V-Charpy ..	41
Gambar 2.5 Kriteria leleh energi distorsi Huber-vonMises-Henky untuk tegangan bidang	43
Gambar 2.6 Pengaruh suhu tinggi yang umum pada sifat kurva tegangan-regangan baja structural.....	45
Gambar 2.7 Pengaruh regangan diluar daerah elastis	47
Gambar 2.8 Pengaruh pelaukan regangan setelah merenggang dalam daerah pengerasan regangan dan penghilangan beban	48
Gambar 2.9 Pembebanan uniaksial dan triaksial.....	49
Gambar 2.10 Pengaruh takik pada uji tarik uniaksial	50
Gambar 2.11 Perbandingan kondisi tegangan pada sambungan baut dan las	51
Gambar 2.12 Definisi istilah untuk arah.....	54
Gambar 2.13 Sambungan dengan sobekan lamela akibat penyusutan las yang besar pada bahan tebal yang sangat dikekang	55

Gambar 2.14	
Kecendrungan sobekan lamela dapat diperkecil dengan mengubah detail sambungan las	56
Gambar 2.15	
Jenis siklus tegangan dengan batas ekstrim ratiotegangan dari R+1 (kondisi tanpa kelelahan) sampai R=-1 (pembalikan tegangan)	57
Gambar 2.16	
Tegangan maksimum S yang dapat dicapai untuk berbagai jumlah siklus pembebanan N	57
Gambar 2.17	
Kurva tipikal S-N (pendekatan dengan garis lurus) untuk beberapa rasio tegangan yang digambarkan dengan skala logaritmis.....	58
Gambar 2.18	
Diagram Goodman tipikal yang menunjukkan pengaruh berbagai rasio tegangan pada kekuatan leleh untuk N_1 siklus pembebanan.....	58
Gambar 2.19	
Diagram Goodman yang dimodifikasi; untuk menentukan tegangan izin	59
Gambar 2.20	
Perbandingan korosi baja pada lingkungan industry. Bagian yang diarsir menunjukkan daerah jangkauan setiap benda uji	60
Gambar 3.1 Denah bangunan tipikal.....	72
Gambar 3.2 Portal 1 dan 4	73
Gambar 3.3 Portal 2.3.....	73
Gambar 3.4 Portal A dan D	74
Gambar 3.5 Portal B dan c.....	74
Gambar 3.6 Penempatan masa dengan Eksentrisitas Rencana.....	76
Gambar 3.7 PM Ratio Portal 1 dan 4.....	79
Gambar 3.8 PM ratio portal 2 dan 3	80
Gambar 3.9 PM ratio portal A dan D	80
Gambar 3.10 Portal B dan C	81
Gambar 4.1 Contoh Render	90
Gambar 4.2 Contoh Sketch.....	90
Gambar 4.3 Gambar Persentasi.....	91
Gambar 4.4 Potongan.....	92
Gambar 4.5 Interface Program AutoCad	100
Gambar 4.6 Kotak dialog pilihan <i>template</i>	102
Gambar 4.7 Kotak dialog untuk pilihan file yang akan dibuka.....	102
Gambar 4.8 Kotak dialog untuk menyimpan gambar.....	103
Gambar 4.9 Toolbar format teks dan area penulisan teks	104
Gambar 4.10 Teknik menggambar lingkaran.....	105
Gambar 4.11. Kotak dialog menentukan jenis multiline	106
Gambar 4.12 Kotak dialog penentuan jenis arsiran	108
Gambar 4.13 Kotak dialog penentuan dimensi objek	109
Gambar 4.14 Kotak dialog pemilihan jenis tampilan dimensi.....	109

Gambar 4.15 Kotak dialog penentuan atribut objek dengan layer	111
Gambar 4.16 Teknik menggandakan objek	112
Gambar 4.17 Teknik memindah objek.....	112
Gambar 4.18 Teknik menggandakan objek dengan offset.....	113
Gambar 4.19 Teknik melakukan perintah array.....	114
Gambar 4.20 Teknik mencerminkan objek dengan mirror	115
Gambar 4.21 Teknik memotong objek dengan trim	116
Gambar 4.22 Teknik memperpanjang objek dengan extend	116
Gambar 4.23 Teknik mempertemukan garis dengan fillet.....	117
Gambar 2.24 Teknik mempertemukan garis dengan chamfer	118
Gambar 4.25 Teknik memperpanjang objek dengan stretch	119
Gambar 4.26 Kotak dialog menentukan objek sebagai block	120
Gambar 4.27 Kotak dialog memanggil (insert) block yang telah tersimpan.....	121
Gambar 4.28 Kotak dialog dan toolbar penentuan objek snap	122
Gambar 4.29 Contoh gambar objek dengan meshes	123
Gambar 4.30 Teknik menggambar dengan rulesurf	124
Gambar 4.31 Teknik menggambar dengan tabsurf	124
Gambar 4.32 Teknik menggambar dengan edgesurf	124
Gambar 4.33 Teknik menggambar dengan <i>revsurf</i>	125
Gambar 4.34 <i>Toolbar</i> untuk menu <i>surface</i>	125
Gambar 4.35 <i>Toolbar</i> untuk menu <i>solids</i>	126
Gambar 4.36 Contoh objek 3D <i>solid primitif</i>	126
Gambar 4.37 Teknik melakukan <i>extrude</i> objek	126
Gambar 5.1. Jenis-jenis sambungan las	140
Gambar 5.2 Sambungan sisi.....	142
Gambar 6.1. Helm proyek	163
Gambar 6.2. Sepatu proyek	164
Gambar 6.3. Sarung tangan.....	164
Gambar 6.4. Macam-macam kacamata konstruksi.....	166
Gambar 6.6. Pelindung telinga.....	168
Gambar 6.7. Alat Pelindung Tubuh	168
Gambar 6.8 Cedera Otak Alberto Jijon V Todd	174
Gambar 6.10 Konstruksi Baja.....	185

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Harga kekenyalan dan keliatan baja	39
Tabel 3.1 Daftar profil baja yang diguna	75
Tabel 5.1 Besar torsi berdasarkan diameter baut	149
Tabel 5.2 Item pengecatan dasar	153
Tabel 5.3 Item pengecatan finishing	153
Tabel 6.1 Nilai Kecepatan Terjadinya risiko K3 Konstruksi.....	181
Tabel 6.2 Nilai Keparahan atau kerugian atau dampak kerusakan akibat resiko K3 konstruksi	181
Tabel 6.3 Nilai Tingkat Rasio K3 Konstruksi1	181
Tabel 6.4 Contoh Nilai Keparahan dan Kerugian serta dampak kerusakan resiko K31.....	182
Tabel 6.5 Identifikasi Bahaya, penilaian resiko, skala prioritas, pengendalian K3, dan Penanggung jawab	183

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pendidik adalah tenaga kependidikan yang berkualifikasi sebagai guru, dosen, konselor, pamong belajar, widyaiswara, tutor, instruktur, fasilitator, dan sebutan lain yang sesuai dengan kekhususannya, serta berpartisipasi dalam menyelenggarakan pendidikan. Guru dan tenaga kependidikan wajib melaksanakan kegiatan pengembangan keprofesian secara berkelanjutan agar dapat melaksanakan tugas profesionalnya.

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

Agar kegiatan pengembangan diri guru tercapai secara optimal diperlukan Guru dan tenaga kependidikan wajib melaksanakan PKB baik secara mandiri maupun kelompok. Khusus untuk PKB dalam bentuk diklat dilakukan oleh lembaga pelatihan sesuai dengan jenis kegiatan dan kebutuhan guru. Penyelenggaraan diklat PKB dilaksanakan oleh PPPPTK dan LPPPTK KPTK atau penyedia layanan diklat lainnya. Pelaksanaan diklat tersebut memerlukan modul sebagai salah satu sumber belajar bagi peserta diklat. Pedoman penyusunan modul diklat PKB bagi guru dan tenaga kependidikan ini merupakan acuan bagi penyelenggara pendidikan dan pelatihan dalam mengembangkan modul pelatihan yang diperlukan guru dalam melaksanakan kegiatan PKB.

Modul merupakan bahan ajar yang dirancang untuk dapat dipelajari secara mandiri oleh peserta diklat berisi materi, metode, batasan-batasan, dan cara

mengevaluasi yang disajikan secara sistematis dan menarik untuk mencapai tingkatan kompetensi yang diharapkan sesuai dengan tingkat kompleksitasnya.

Modul-modul yang digunakan sebagai salah satu sumber belajar pada kegiatan diklat fungsional dan kegiatan kolektif guru dan tenaga kependidikan lainnya. Modul Diklat PKB pada intinya merupakan model bahan belajar (*learning material*) yang menuntut peserta pelatihan untuk belajar lebih mandiri dan aktif. Modul diklat merupakan substansi materi pelatihan yang dikemas dalam suatu unit program pembelajaran yang terencana guna membantu pencapaian peningkatan kompetensi yang didesain dalam bentuk bahan tercetak (*printed materials*).

Modul diklat PKB ini dikembangkan untuk memenuhi kegiatan PKB bagi guru dan tenaga kependidikan paket keahlian Konstruksi Baja pada grade/level 4 yang terfokus dalam pemenuhan peningkatan kompetensi pedagogik dan professional yang memenuhi prinsip: berpusat pada kompetensi (*competencies oriented*), pembelajaran mandiri (*self-instruction*), maju berkelanjutan (*continuous progress*), penataan materi yang utuh dan lengkap (*whole-contained*), rujuk-silang antar isi mata diklat (*cross referencing*), dan penilaian mandiri (*self-evaluation*).

Modul Konstruksi Baja Grade 4 ini bertujuan agar siswa menguasai materi, struktur, konsep dan pola pikir keilmuan Konstruksi Baja.

B. Tujuan

- . Menganalisis ilmu Mekanika Teknik bangunan yang terkait dengan teknik konstruksi baja
- Menganalisis berbagai macam pengetahuan Teknologi dasar Konstruksi Baja
- Merencanakan konstruksi baja dengan menggunakan perangkat lunak (software).
- Merancang gambar konstruksi baja

- Menganalisis berbagai pekerjaan persiapan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi baja.
- Merencanakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Lingkungan Hidup K3LH pada pekerjaan konstruksi baja.

C. Peta Kompetensi

No	Nama Modul	Komp. Inti Guru	Kompetensi Guru Mata Pelajaran	Indikator Esensial/ Indikator Pencapaian Kompetensi
1	Modul Level IV	20.1. Menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan yang mendukung mata pelajaran yang diampu.	20.1.1. Menganalisis ilmu Mekanika Teknik bangunan yang terkait dengan teknik konstruksi baja	20.1.1.4. Menganalisis gaya batang pada struktur konstruksi baja sederhana.
			20.1.5. Menganalisis berbagai macam pengetahuan Teknologi dasar Konstruksi Baja	20.1.5.2 Menganalisis tegangan pada struktur konstruksi baja
			20.1.8. Merencanakan konstruksi baja dengan menggunakan perangkat lunak (software).	20.1.8.1. Merancang model struktur konstruksi baja.
			20.1.9. Merancang gambar konstruksi baja.	20.1.9.1. Menganalisis gambar arsitektur, gambar rencana, gambar kerja (shop drawing) dan gambar pelaksanaan (as built drawing).
			20.1.11. Menganalisis berbagai pekerjaan persiapan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi baja.	20.1.11.2. Merencanakan estimasi biaya pelaksanaan pekerjaan
				20.1.11.3. Merencanakan pekerjaan persiapan fabrikasi.
			20.1.15. Merencanakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Lingkungan Hidup K3LH pada pekerjaan konstruksi baja.	20.1.15.2. Merencanakan sarana dan prasarana Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Lingkungan Hidup K3LH.

D. Ruang Lingkup

Ruang lingkup modul Konstruksi Baja level 4 konstruksi baja berikut meliputi:

- ❖ Menganalisis gaya batang pada struktur konstruksi baja sederhana.
- ❖ Menganalisis tegangan pada struktur konstruksi baja

- ❖ Merancang model struktur konstruksi baja
- ❖ Menganalisis gambar arsitektur, gambar rencana, gambar kerja (shop drawing) dan gambar pelaksanaan (as built drawing)
- ❖ Merencanakan estimasi biaya pelaksanaan pekerjaan
- ❖ Merencanakan pekerjaan persiapan fabrikasi
- ❖ Merencanakan sarana dan prasarana Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Lingkungan Hidup K3LH.

E. Saran Cara Penggunaan Modul

Ikutilah petunjuk ini selama anda mengikuti kegiatan belajar

- a. Sebelum melakukan kegiatan belajar mulailah dengan doa, sebagai ucapan syukur bahwa anda masih memiliki kesempatan belajar dan memohon kepada Tuhan agar di dalam kegiatan belajar Konstruksi Baja selalu dalam bimbinganNya.
- b. Pelajari dan pahami lebih dahulu teori Konstruksi Baja yang disajikan, kemudian anda dapat menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir ilmu konstruksi baja.
- c. Dalam pembelajaran menggunakan modul diharapkan siswa harus aktif, baik secara individual maupun kelompok untuk mencari, menggali dan menemukan konsep serta prinsip-prinsip secara holistik dan otentik
- d. Siswa harus siap mengikuti kegiatan dan memahami cara - cara pembelajaran dengan menggunakan modul, yang pelaksanaannya dapat dilaksanakan secara individual, secara berpasangan, kelompok kecil atau klasikal, serta memiliki minat baca yang tinggi.
- e. Bertanyalah kepada fasilitator bila mengalami kesulitan dalam memahami materi pelajaran.
- f. Anda dapat menggunakan buku referensi yang menunjang bila dalam modul ini terdapat hal-hal yang kurang jelas.
- g. Kerjakan tugas-tugas yang diberikan dalam lembar kerja dengan baik
- h. Dalam mengerjakan tugas merancang dan memasang utamakan ketelitian, kebenaran, dan kerapian pekerjaan Jangan membuang-buang waktu saat mengerjakan tugas dan juga jangan terburu-buru yang menyebabkan kurangnya ketelitian dan menimbulkan kesalahan.

- i. Setelah tugas merancang dan memasang selesai, sebelum diserahkan kepada fasilitator sebaiknya anda periksa sendiri terlebih dahulu secara cermat, dan perbaikilah bila ada kesalahan, serta lengkapilah terlebih dahulu bila ada kekurangan.

Kegiatan Pembelajaran 1

Ilmu Mekanika Teknik Bangunan

Pada Konstruksi Baja

A. Tujuan

Peserta Diklat mampu dan menguasai ilmu Mekanika Teknik bangunan yang terkait dengan teknik konstruksi baja.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Peserta Diklat mampu menganalisis gaya batang pada struktur baja sederhana

C. Uraian Materi

Deskripsi

Kurikulum 2013 merencanakan dan dirancang untuk memperkuat kemampuan pengetahuan dan kompetensi ketrampilan peserta didik serta pembentukan sikap secara utuh. Tuntutan proses pencapaiannya melalui pembelajaran pada sejumlah mata pelajaran yang dirangkai sebagai satu kesatuan yang saling mendukung dalam mencapai kompetensi tersebut. Modul Konstruksi Baja Level 4 ini berisi enam bagian utama yaitu: Pembelajaran Mekanika Teknik Bangunan Pada Konstruksi Baja, Teknologi Dasar Konstruksi Baja, Merencanakan Konstruksi Baja Dengan Menggunakan Perangkat Lunak (Software), Merancang Gambar Konstruksi Baja, Persiapan Pekerjaan pada Konstruksi Baja, dan Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Lingkungan Hidup K3LH pada Pekerjaan Konstruksi Baja.

Modul ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan oleh seorang guru untuk mencapai sejumlah kompetensi yang diharapkan dalam ilmu konstruksi baja yang dituangkan dalam kompetensi inti dan kompetensi dasar. sesuai dengan pendekatan saintifik (scientific approach) yang dipergunakan dalam kurikulum 2013, siswa diminta untuk memberanikan dalam mencari dan menggali kompetensi yang ada dala

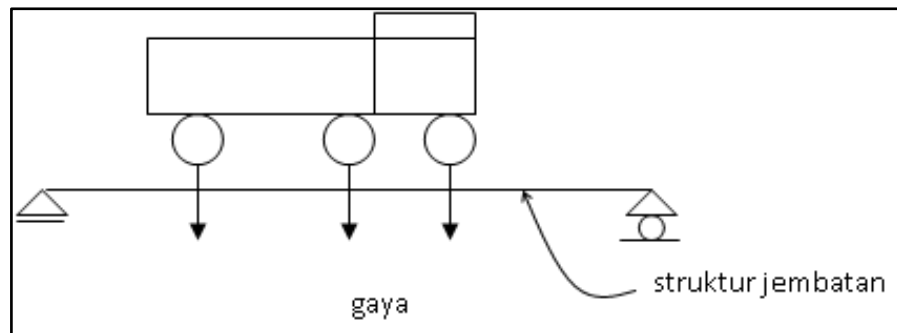
kehidupan dan sumber yang terbentang disekitar kita, dan dalam pembelajarannya peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serap siswa dalam mempelajari buku ini. Maka dari itu, guru diusahakan untuk memperkaya dengan mengkreasi mata pembelajaran dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan bersumber dari alam sekitar kita

1. Gaya dan Keseimbangan Gaya

Bagi guru maupun peserta didik SMK Teknik, gaya serta sifat-sifatnya perlu difahami dalam ilmu Mekanika Teknik karena dalam ilmu tersebut, mayoritas membicarakan tentang gaya. Mekanika Teknik adalah merupakan mata pelajaran dasar keahlian yang perlu dimengerti oleh semua guru-guru maupun peserta didik SMK karena sangat mendukung bagi mata pelajaran lain, bahkan menjadi prasyarat bagi pelajaran Konstruksi Kayu, Konstruksi Batu dan Beton maupun Konstruksi Baja. Sebelum melakukan pekerjaan konstruksi, kita sangat terbantu dengan pemahaman mekanika teknik yang baik. Oleh sebab itu, guru-guru maupun peserta didik SMK Teknik sudah sepantasnya menguasai ilmu mekanika teknik, sehingga dengan memahami sifat-sifat gaya, guru-guru maupun peserta didik SMK akan lebih mudah memahami permasalahan yang terjadi di pelajaran Mekanika Teknik.

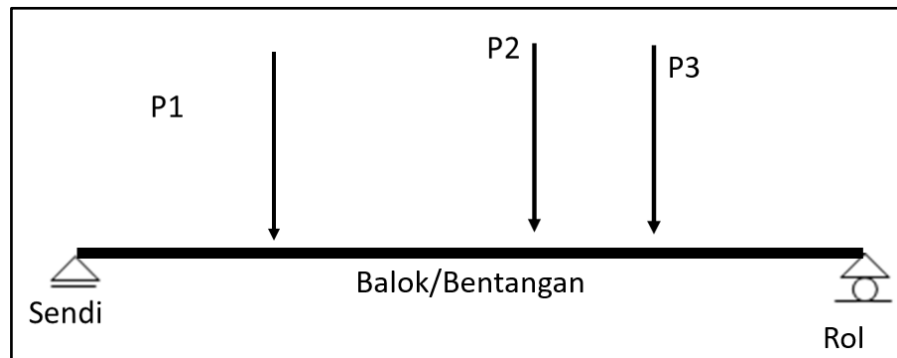
Pada kondisi nyata di alam ini, kita harus melakukan pendekatan secara idealisasi dan menggunakan anggapan-anggapan sehingga kondisi alam nyata dapat kita terjemahkan melalui idealisasi ke dalam ilmu Mekanika Teknik. Misalnya: pada suatu jembatan, kendaraan yang lewat adalah merupakan suatu beban luar yang ditampilkan dalam bentuk gaya, pada suatu plat lantai terdapat bantak manusia yang sedang berjalan, berat sendiri dari struktur pendukung, dan lain-lain.

Contoh : Suatu kendaraan yang terletak diatas jembatan , beban roda kendaraan pada jembatan tersebut adalah suatu beban atau gaya.



Gambar 1.1 Ilustrasi beban roda kendaraan yang terletak diatas jembatan

Lalu di idealisasikan pada mekanika teknik sebagai berikut:

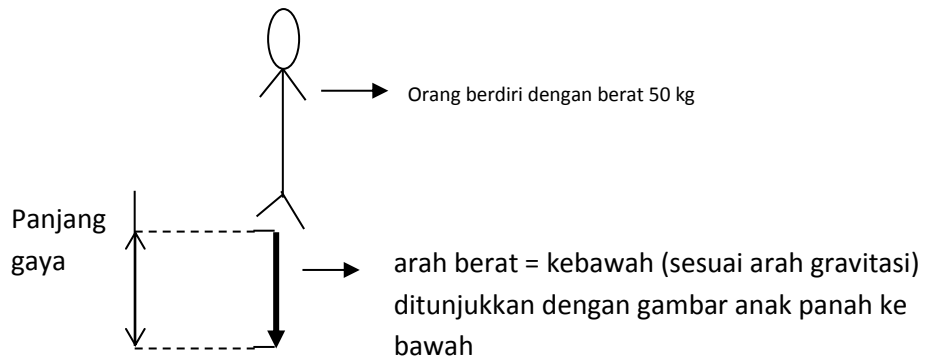


Gambar 1.2 Pemodelan mekanika teknik gambar 1.1

2. Pengertian tentang Gaya dan Garis Kerja gaya

Pada ilmu Mekanika dikenal ada dua besaran, yaitu besaran skalar dan besaran vektor. Besaran skalar adalah besaran yang hanya memiliki besar, sementara itu besaran vektor adalah besaran yang memiliki besar dan harus memperhitungkan arah gerakannya, atau arah kerjanya. Dalam hal ini, gaya termasuk besaran vektor. Gaya pada ilmu mekanika merupakan vektor yang mempunyai besar dan arah. Penggambarannya biasanya berupa garis dengan panjang sesuai dengan skala yang ditentukan. Jadi panjang garis bisa dikonversikan dengan besarnya gaya.

Ilustrasi 1 :

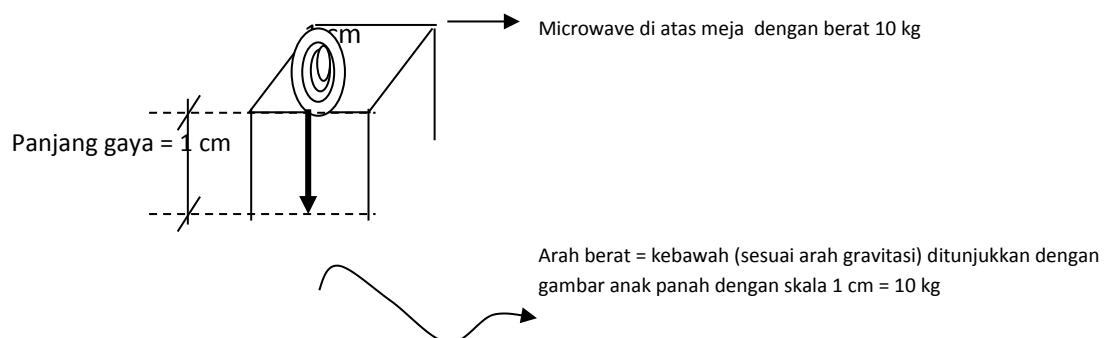


Sehingga, jika anak tersebut berada di atas meja, atau lantai maka gaya perlawanan yang diberikan oleh lantai minimal sebesar gaya berat yang diberikan anak tersebut ke pada meja atau lantai tersebut. Jadi 50 kg adalah gaya yang diakibatkan oleh orang berdiri tersebut dengan arah gaya kebawah yang diwakili sebagai gambar anak panah dengan panjang 1 cm karena panjang 1 cm setara dengan berat 50 kg.

Ilustrasi 2 :



Gambar 1.3 Ilustrasi 2

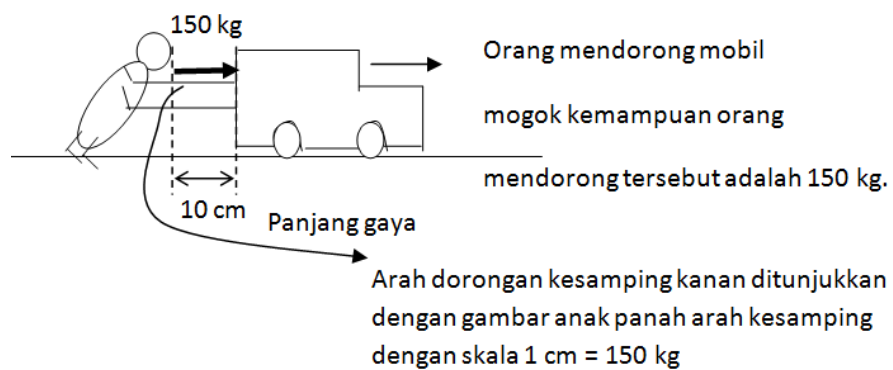


Jadi 10 kg adalah gaya yang diakibatkan oleh televisi yang menumpu di atas meja dengan arah gaya ke bawah yang diwakili sebagai gambar anak panah dengan panjang 1 cm karena panjang 1 cm setara dengan gaya 10 kg.

Ilustrasi 3



Gambar 1.4 Ilustrasi 3



Jadi 150 kg adalah gaya yang diberikan oleh orang untuk mendorong mobil mogok dengan arah kesamping kanan, yang diwakili sebagai gambar anak panah dengan panjang 1 cm karena 1 cm setara dengan 150 kg.

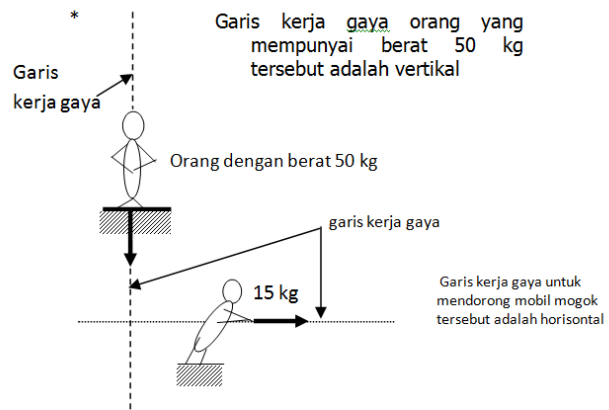
3. Garis kerja gaya

Garis kerja gaya merupakan garis lurus yang melewati gaya Seperti contoh di bawah :

Ilustrasi 4

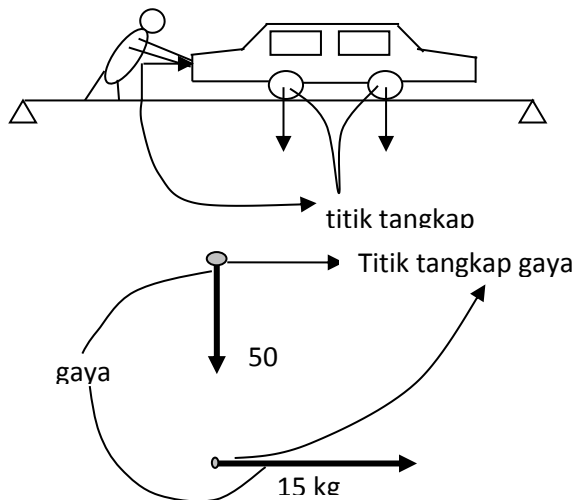


Gambar 1.5 Ilustrasi 4



4. Titik tangkap gaya

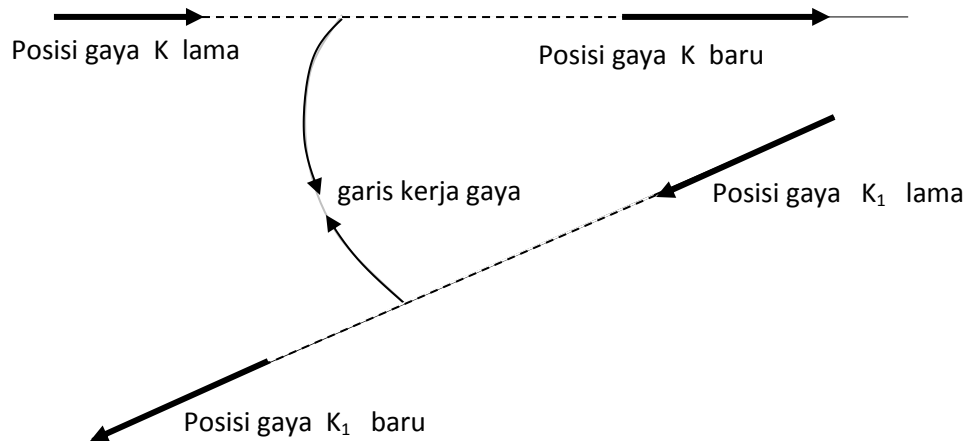
Titik tangkap gaya merupakan titik awal bermulanya gaya tersebut
Contoh: mobil mogok diatas jembatan, roda mobil serta tumpuan tangan orang yang mendorong adalah merupakan titik tangkap gaya.



Gambar 1.6 Ilustrasi 5

5. Sifat Gaya

Gaya dan titik tangkap gaya bisa dipindah-pindahkan asal masih dalam daerah garis kerja gaya.



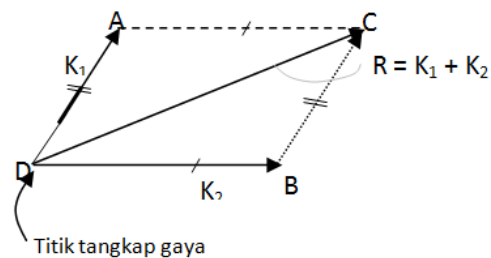
Gambar 1.7 Ilustrasi 5

6. Penjumlahan Gaya

Penjumlahan gaya bisa dilakukan secara analitis maupun grafis.

6.1. Penjumlahan secara grafis

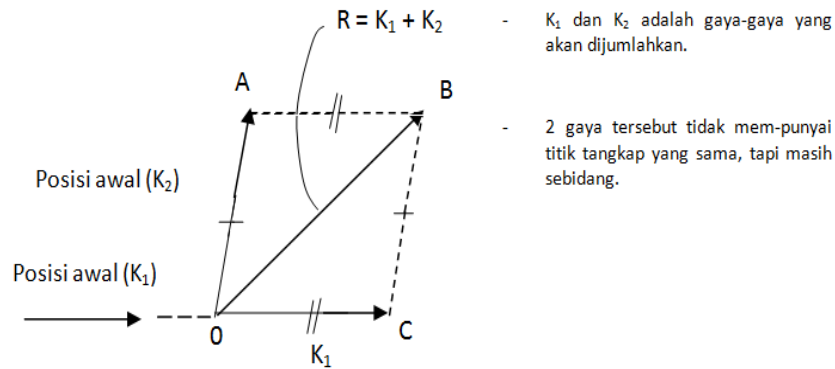
- Penjumlahan 2 gaya yang mempunyai titik tangkap yang sama, jadi gaya-gaya tersebut sebidang, bisa secara langsung dijumlahkan secara grafis.



- K_1, K_2 adalah gaya-gaya yang akan dijumlahkan
- Buat urutan-urutan penjumlahan garis sejajar dengan K_1 dan K_2 di ujung gaya, (K_1 diujung K_2 dan sehingga K_2 diujung K_1) membentuk bentuk jajaran genjang D.A.C.B
- Salah satu diagonal yang panjang tersebut yaitu R adalah merupakan jumlah dari K_1 dan K_2

Gambar 1.8 Penjumlahan gaya secara grafis titik tangkap yang sama

- Penjumlahan 2 gaya yang sebidang, tapi titik tangkapnya tidak sama. Gaya-gaya tersebut bisa dipindahkan sepanjang garis kerja gaya.

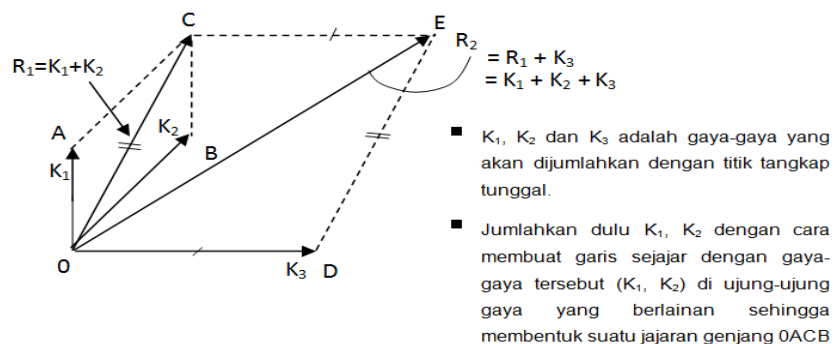


Gambar 1.9 Penjumlahan gaya secara grafis titik tangkap yang sama

Urutan-urutan penjumlahan

- Gaya K_1 dipindah searah garis kerja gaya sampai garis kerja gaya K_1 bertemu dengan garis kerja gaya K_2 , pertemuannya di titik O.
- Buat garis-garis sejajar gaya K_1 dan K_2 di ujung-ujung gaya yang berlainan sehingga membentuk suatu jajaran genjang, OABC
- Salah satu diagonal yang terpanjang (R) adalah merupakan jumlah dari K_1 dan K_2 .

• Penjumlahan 3 gaya yang mempunyai titik tangkap tunggal

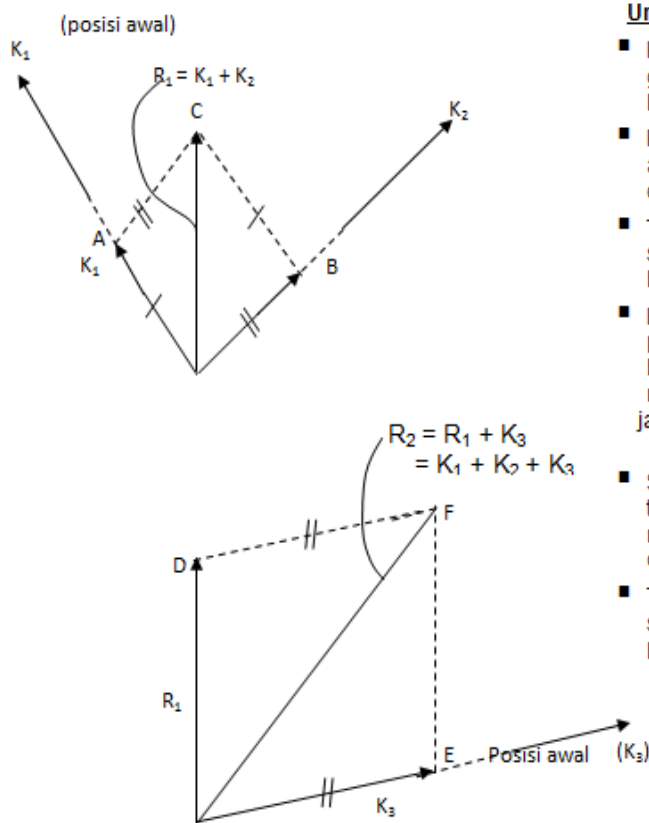


Gambar 1.10 Penjumlahan 3 gaya yang mempunyai titik tangkap tunggal

Penjumlahan tersebut bisa dilakukan secara bertahap sebagai berikut

- Salah satu diagonal terpanjang yaitu R_1 adalah merupakan jumlah $K_1 + K_2$

- Buat garis sejajar K_3 dan R_1 di ujung gaya-gaya yang berlainan sehingga membentuk jajaran genjang $OCED$
 - Salah satu diagonal terpanjang (R_2) adalah jumlah dan R_1 dan K_3 sehingga sama dengan jumlah antara K_1 , K_2 dan K_3 .
- Penjumlahan 3 gaya yang tidak mempunyai titik tangkap tunggal
 - Penjumlahan tersebut dilakukan secara bertahap
 - Titik tangkap gaya bisa dipindahkan sepanjang garis kerja gaya



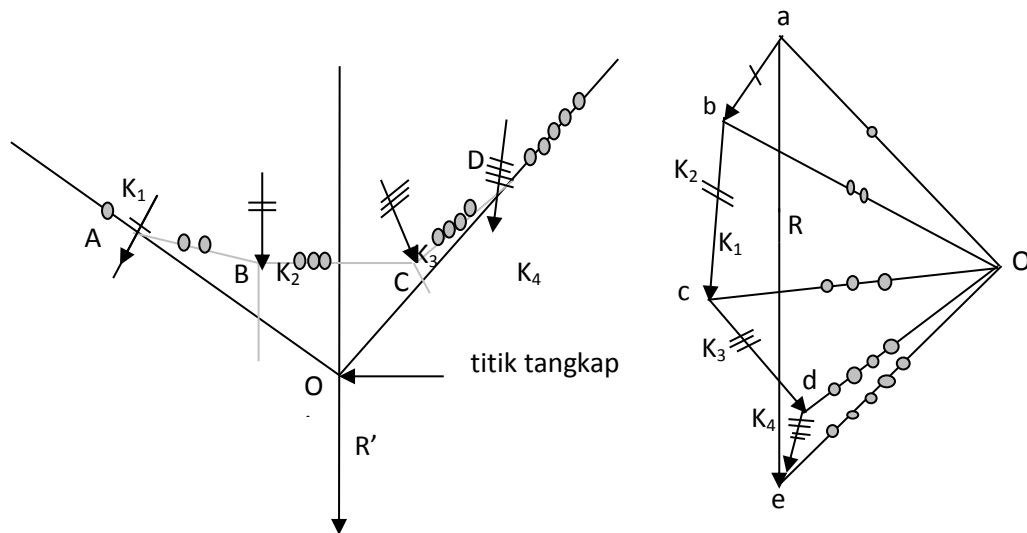
Urut-urutan penjumlahan

- K_1 , K_2 dan K_3 adalah gaya-gaya yang akan dijumlahkan.
- Kerjakan dulu penjumlahan antara K_1 dan K_2 dengan cara :
- Tarik gaya K_1 dan K_2 sehingga titik tangkapnya bertemu pada satu titik di O .
- Buat garis sejajar K_1 dan K_2 pada ujung-ujung gaya yang berlainan sehingga membentuk jajaran genjang $OACB$
- Salah satu diagonal yang terpanjang yaitu R_1 adalah merupakan jumlah dari K_1 dan K_2 .
- Tarik gaya R_1 dan K_3 sehingga titik tangkapnya bertemu pada titik di O_1

Gambar 1.11 Penjumlahan 3 gaya yang tidak mempunyai titik tangkap tunggal ke-1

- Buat garis sejajar R_1 dan K_3 melalui ujung gaya yang berlainan sehingga membentuk jajaran genjang $O_1, D F$

E, salah satu diagonal yang terpanjang adalah R_2 yang merupakan jumlah antara R_1 dan K_3 berarti jumlah antara K_1 dan K_2 dan K_3 .



Gambar 1.12 Penjumlahan 3 gaya yang tidak mempunyai titik tangkap tunggal ke-2

- Polygon Batang Jari-jari Polygon

- Gaya K_1 , K_2 , K_3 dan K_4 adalah gaya-gaya yang mau dijumlahkan
- Untuk pertolongan, perlu dibuat jari-jari polygon (lihat gambar) dengan cara sebagai berikut :
 - buat rangkaian gaya K_1 , K_2 , K_3 dan K_4 secara berurutan dimana tiap-tiap gaya sejajar dengan gaya aslinya (pada gambar jari-jari polygon).
 - pangkal gaya K_1 dan ujung gaya K_4 merupakan jumlah (resultante) gaya K_1 , K_2 , K_3 dan K_4 yaitu R , yang diwakili oleh garis sepanjang a-e tapi letak titik tangkapnya belum betul.
 - Ambil titik 0 sembarang di daerah sekitar R
 - Tarik garis dari 0 ke ujung-ujung gaya sehingga ketemu titik a, b, c, d, dan e, garis - garis tersebut diberi tanda titik satu buah () sampai lima buah

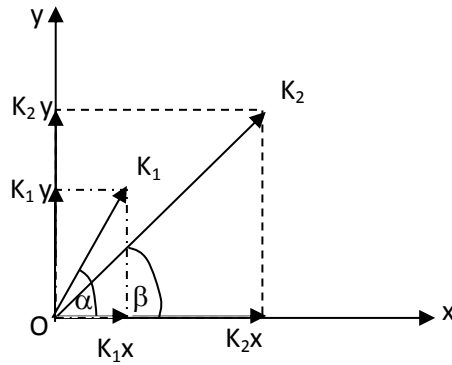
pada garis tersebut. Garis-garis tersebut dinamakan jari-jari polygon.

- Dari gaya-gaya asal yang akan dijumlahkan ditarik garis sejajar Oa
- Dari titik A dibuat garis sejajar Ob memotong gaya K_2 di titik B
- Dari titik B dibuat garis sejajar Oc memotong K_3 dititik c
- Dari titik C dibuat garis sejajar Od memotong K_4 dititik d
- Dari titik D dibuat garis sejajar Oe , perpanjangan garis dan garis pada polygon batang akan ketemu di titik O' yang merupakan titik tangkap jumlah (resultante) gaya-gaya K_1, K_2, K_3 dan K_4 .
- Dari titik O' dibuat garis sejajar R yaitu garis R' . Jadi R' adalah merupakan jumlah (resultante) dari gaya-gaya K_1, K_2, K_3 dan K_4 dengan titik tangkap yang betul, dengan garis kerja melewati O'

6.2. Penjumlahan secara analitis

Dalam penjumlahan secara analitis kita perlu menentukan titik pusat (salib sumbu) koordinat, yang mana biasanya sering dipakai adalah sumbu oxy . Didalam salib sumbu tersebut gaya-gaya yang akan dijumlahkan, diproyeksikan.

- Penjumlahan 2 gaya yang mempunyai titik tangkap tunggal



- K_1 dan K_2 adalah gaya-gaya yang akan dijumlahkan dimana mempunyai titik tangkap tunggal di O ; α adalah sudut antara K_1 dengan sumbu ox
 β adalah sudut antara K_2

dengan sumbu ox

- K_1 dan K_2 diuraikan searah dengan sumbu x dan y

Gambar 1.13 Penjumlahan 2 gaya yang tidak mempunyai titik tangkap tunggal

$$K_{1x} = K_1 \cos \alpha \quad ; \quad K_{2x} = K_2 \cos \beta$$

$$K_{1y} = K_1 \sin \alpha \quad ; \quad K_{2y} = K_2 \sin \beta$$

Semua komponen yang searah ox dijumlahkan demikian juga yang searah dengan oy .

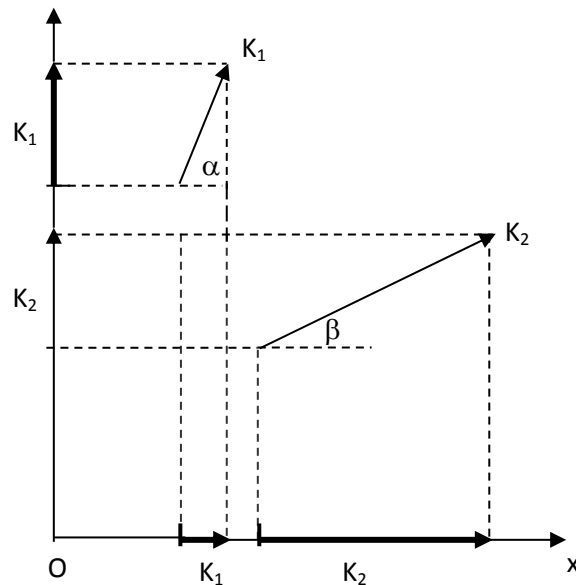
$$R_x = K_{1x} + K_{2x} \quad R_x = \sum K_x$$

$$R_y = K_{1y} + K_{2y} \quad R_y = \sum K_y$$

Jumlah gaya total yang merupakan penjumlahan secara analitis dari komponen-komponen tersebut adalah :

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

- Penjumlahan 2 gaya dengan letak titik tangkap berbeda



- K_1 dan K_2 adalah gaya-gaya yang akan dijumlahkan dengan letak titik tangkap berbeda.

K_1 membentuk sudut α dengan sumbu ox

K_2 membentuk sudut β dengan sumbu ox.

- K_1 dan K_2 diuraikan searah dengan sumbu x dan y

$$K_{1x} = K_1 \cos \alpha ; K_{2x} = K_2 \cos \beta$$

$$K_{1y} = K_1 \sin \alpha ; K_{2y} = K_2 \sin \beta$$

Gambar 1.14 Penjumlahan 2 gaya yang tidak mempunyai titik tangkap berbeda

Semua Komponen yang searah ox dijumlahkan demikian juga yang searah oy.

$$R_x = K_{1x} + K_{2x} \quad R_x = \sum K_x$$

$$R_y = K_{1y} + K_{2y} \quad R_y = \sum K_y$$

Jumlah gaya-gaya total yang merupakan penjumlahan secara analitis dari komponen-komponen tersebut adalah :

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

D. Aktivitas Pembelajaran

Kegiatan belajar mengajar agar penguasaan materi baja yang diampu dapat tercapai dengan:

- Menerapkan berbagai pendekatan, strategi, metode dan teknik serta ilustrasi agar siswa dapat menerima dan menguasai teori besaran vector, skalar dan mengelompokkannya.
- Memastikan semua siswa/peserta didik mendapatkan kesempatan yang sama untuk berpartisipasi aktif dalam kegiatan belajar mengajar misalnya dalam bertanya, mengungkapkan pendapat dan berdiskusi.
- Memberikan materi dan tugas mengenai penjumlahan gaya secara grafis dan analitis dengan ilustrasi tertentu.
- Menyesuaikan aktifitas pembelajaran berikutnya berdasarkan berdasarkan tingkat pemahaman pada pembelajaran sebelumnya.
- Melakukan penilaian secara rutin pada siswa dalam menyelesaikan tugas yang diberikan.

Kegiatan Pengamatan.

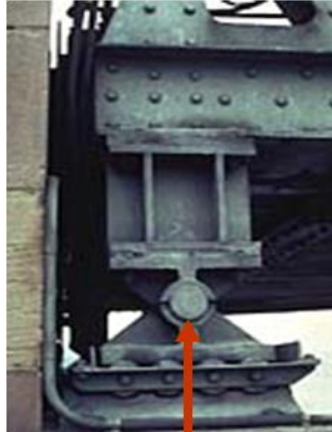
1. Amatilah Gambar berikut berikut ini :



Sebanyak 8 truk disusun di atas jembatan pada saat loading test jembatan. Truk mempunyai beban masing-masing sebesar 40 ton. Ini dilakukan guna mengetahui hasil uji beban dan kelayakan jembatan.

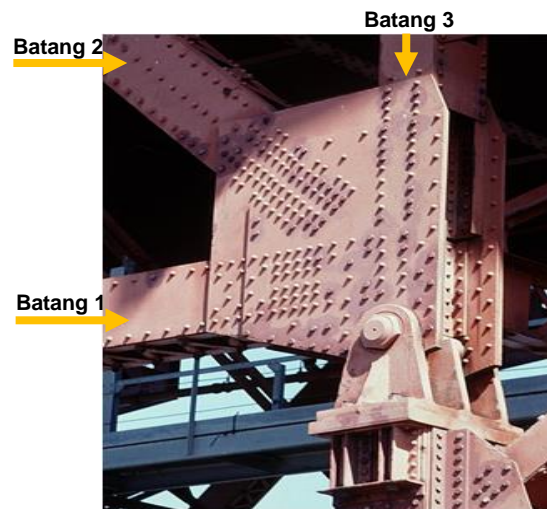
Diminta : Jelaskan pemahaman saudara terhadap contoh kasus di atas berkaitan dengan topik penjumlahan gaya.

2. Amatilah Gambar berikut berikut ini :



Jelaskan perletakan tersebut di atas, dan gaya-gaya apa saja yang dapat dipikul.

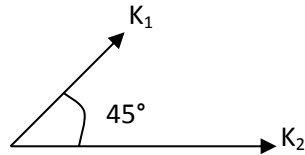
3. Amatilah Gambar berikut berikut ini :



1. Jelaskan perletakan tersebut di atas dan gaya apa saja yang dapat dipikul?
2. Jelaskan fungsi ketiga batang di atas perletakan tersebut.

E. Latihan/Kasus/Tugas

1.

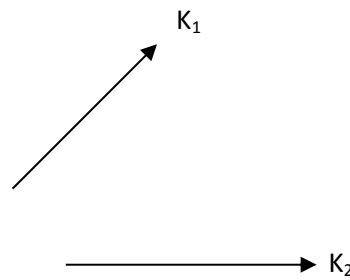


Dua gaya yang mempunyai titik tangkap yang sama seperti seperti pada gambar.

$K_1 = 5$ ton dan $K_2 = 7$ ton, sudut yang dibentuk antara 2 gaya tersebut adalah 45° .

Cari besarnya jumlah gaya-gaya tersebut (R) baik secara analitis maupun grafis

2.



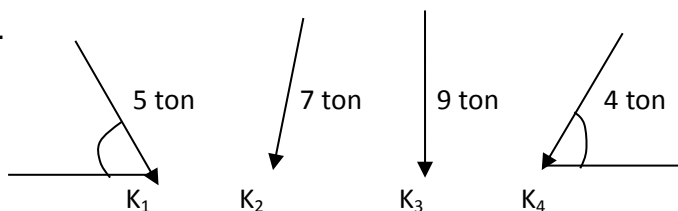
Dua gaya K_1 dan K_2 tidak mempunyai titik tangkap yang sama

$K_1 = 10$ ton dan $K_2 = 4$ ton

Garis kerja ke dua gaya tersebut bertemu dan membentuk sudut 60°

Cari besarnya jumlah gaya-gaya tersebut (R) baik secara analitis maupun grafis.

3.



Empat gaya K_1 , K_2 , K_3 dan K_4 , dengan besar dan arah seperti pada gambar

Cari besar dan arah jumlah gaya-gaya tersebut (R) dengan cara polygon batang.

F. Rangkuman

- Gaya adalah suatu besaran vektor yang mempunyai besar dan arah serta diketahui letak titik tangkapnya.
- Gaya bisa dipindah-pindah sepanjang garis kerja gaya
- Penjumlahan gaya-gaya bisa dilakukan secara grafis ataupun analitis.
- Penjumlahan gaya lebih dari 4 buah bisa memakai cara grafis dengan bantuan polygon batang.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Waktu proses pembelajaran berlangsung, guru hendaknya mengamati kegiatan siswa. Pada saat ini umpan balik dapat dilakukan sebagai berikut :

- 1) Beri kesempatan siswa untuk memberikan jawaban atau untuk didiskusikan dengan teman temannya. Komentar datang dari berbagai pihak sehingga terjadi pembicaraan antara guru dengan siswa, dan siswa dengan siswa. Dengan diskusi semacam ini, siswa yang bertanya akan mengetahui bagaimana cara pemecahannya.
- 2) Saat diskusi berlangsung, guru hendaknya melibatkan diri agar dapat mengetahui proses berpikir siswa dalam memahami suatu konsep

Kegiatan Pembelajaran 2

Teknologi Dasar Konstruksi Baja

A. TUJUAN

Peserta Diklat mampu dan menguasai berbagai macam pengetahuan teknologi dasar konstruksi baja

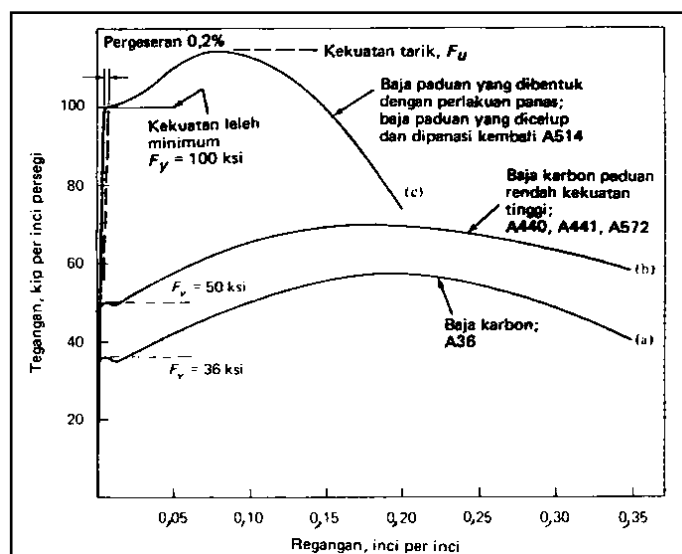
B. INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI

Menganalisis tegangan pada struktur konstruksi baja

C. URAIAN MATERI

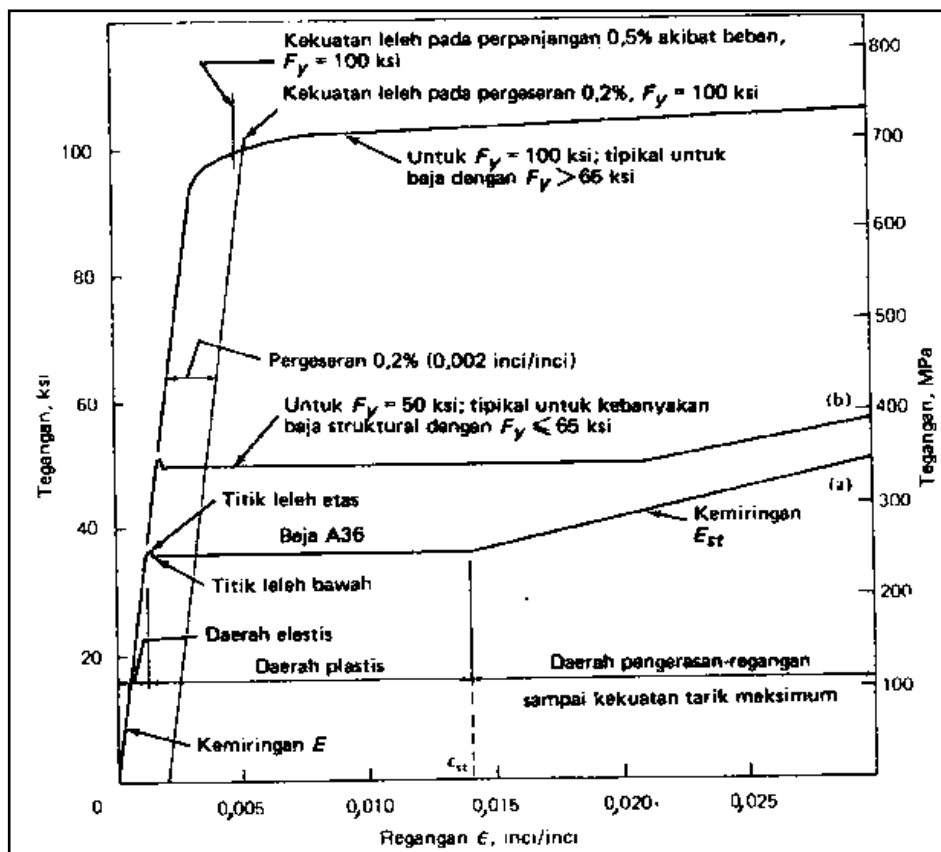
a. Kelakuan Tegangan Regangan (Uji Tarik) pada Suhu Atmosfir

Kurva tegangan-regangan yang umum akibat tarikan diperlihatkan pada gambar 2.1 untuk tiga katagori baja yaitu baja karbon, paduan rendah kekuatan tinggi, dan paduan rendah tinggi yang diberi perlakuan panas. Kelakuan yang sama juga terjadi pada tekanan bila tekuk (*buckling*) dicegah dengan memberikan tumpuan. Bagian dari setiap kurva tegangan-regangan pada gambar 2.1 yang bisa digunakan dalam perencanaan diperbesar pada gambar 2.2



Gambar 2.1 Kurva tegangan-regangan yang umum

Besarnya tegangan pada kurva tegangan-regangan dalam gambar 2.1 ditentukan dengan membagi beban dengan luas penampang lintang semula benda uji, sedangkan regangan (inchi per inchi) dihitung sebagai perpanjangan dibagi dengan panjang semula. Kurva seperti ini disebut kurva tegangan-regangan tehnik, dan naik hingga tegangan maksimum (disebut kekuatan tarik), kemudian kurva menurun bersamaan dengan kenaikan regangan dan berhenti ketika benda uji putus. Pada bahan, tegangannya sendiri terus naik hingga putus. Kurva *tegangan sesungguhnya/ regangan sesungguhnya* diperoleh dengan menggunakan penampang lintang semula (walaupun penampang mengecil) dan regangan tambahan sesaat (*instantaneous incremental strain*). Kurva tegangan-regangan tehnik dapat digunakan dalam praktek untuk menentukan beban maksimum yang dapat dipikul (kekuatan tarik batas).



Gambar 2.2 Kurva tegangan-regangan tipikal yang diperbesar untuk berbagai tegangan leleh

Kurva tegangan-regangan (lihat gambar 2.2) menunjukkan bahwa hubungan garis lurus berakhir di titik yang disebut *batas proporsional*. Titik ini umumnya berhimpit dengan titik leleh baja struktural yang titik lelehnya tidak melampaui 65 ksi (450 MPa). Untuk baja paduan rendah yang dicelupkan dan dipanasi kembali, penyimpangan dari garis lurus terjadi secara perlahan-lahan seperti pada kurva c gambar 2.2. Karena istilah titik leleh tidak sesuai dengan kurva (c), istilah kekuatan leleh dipakai untuk menyatakan tegangan diregangkan tetap sebesar 0.2%; atau alternatifnya, perpanjangan sebesar 0.5% an umum untuk:

- (a) tegangan titik leleh
- (b) tegangan yang selaras dengan regangan tertentu untuk bahan dengan kelakuan tegangan –regangan yang tidak linear secara bertahap

Rasio tegangan dan regangan pada daerah garis lurus awal disebut modulus elastisitas, atau modulus Young E, yang secara pendekatan dapat diambil sebesar 29.000 ksi (200.000 MPa) untuk baja struktural. Pada daerah garis lurus ini, pembebanan dan penghilangan beban tidak menimbulkan deformasi permanen, jadi daerah ini adalah *daerah elastis*. Tegangan akibat beban kerja pada perencanaan baja selalu berada dalam batas proporsional. Namun, dalam menentukan faktor keamanan terhadap keruntuhan atau deformasi yang berlebihan, kita perlu mengetahui kelakuan tegangan–regangan hingga regangan mencapai 15-20 kali regangan elastik maksimum.

Untuk baja yang memiliki titik leleh, seperti kurva (a) dan (b) pada gambar 2.2, keadaan regangan yang besar dengan tegangan konstan disebut *daerah plastis*. Metoda perencanaan plastis menggunakan daerah ini untuk menentukan kekuatan plastis (yang biasanya dianggap kekuatan batas atau maksimum). Baja dengan kekuatan yang lebih tinggi (kurva (c), gambar 2.2) juga mempunyai daerah yang dapat juga disebut sebagai daerah plastis, namun pada daerah ini tegangan tidak konstan dan terus naik pada saat regangan bertambah. Sekarang (1979) metode kekuatan plastis belum berlaku untuk baja ini.

Untuk regangan yang 15 sampai 20 kali lebih besar dari regangan elastic maksimum, tegangan kembali menaik tetapi dengan kemiringan yang lebih kecil daripada kemiringan elastic semula. Kenaikkan kekuatan ini disebut *pengerasan regangan (strain hardening)*. Daerah pergeseran regangan berakhir hingga kekuatan tarik. Kemiringan kurva regangan ini dikenal sebagai modulus pergeseran regangan, E_{st} . Harga rata-rata untuk modulus ini dan regangan ϵ_{st} pada saat pergeseran regangan terjadi telah ditentukan yaitu untuk baja A36, $E_{st}=900$ ksi (6200 MPa) pada $\epsilon_{st}=0.0014$ inchi per inchi; dan untuk A441, $E_{st}=700$ ksi (4800 MPa) pada $\epsilon_{st}=0.021$ inchi per inchi. Pemakaian daerah pengerasan regangan tidak umum dalam perencanaan, tetapi beberapa pembatasan tekuk diturunkan secara konservatif untuk mencegah tekuk pada regangan diatas permulaan pengerasan regangan.

Kurva tegangan-regangan juga menunjukkan daktilitas. Daktilitas didefinisikan sebagai jumlah regangan permanen (yaitu regangan yang melampaui batas proporsional) sampai titik patah. Besar daktilitas diperoleh dari uji tarik dengan menentukan persentase perpanjangan (dengan membandingkan luas penampang lintang akhir dan semula) benda uji. Daktilitas penting karena memungkinkan terjadinya kelelahan setempat akibat tegangan yang besar, sehingga distribusi tegangan berubah. Prosedur perencanaan berdasarkan kelakuan kekuatan batas memerlukan daktilitas bawaan (*inherent*) yang besar, terutama untuk mengakomodasikan tegangan didekat lubang atau perubahan bentuk batang yang mendadak, serta untuk perencanaan sambungan.

b. Keliatan dan Kekenyalan

Keliatan (*toughness*) dan kekenyalan (*resilience*) merupakan ukuran kemampuan logam untuk menyerap energy mekanis. Untuk tegangan uniaksial (satu sumbu, besaran ini dapat diperoleh dari kurva uji tarik (tegangan-regangan tehnik) seperti yang dilihat pada gambar 2.1.

Kekenyalan berhubungan dengan penyerapan energy elastik satu bahan. Kekenyalan (kadang-kadang disebut *modulus kekenyalan*) adalah jumlah

energi elastik yang dapat diserap oleh satu satuan volume bahan yang dibebani tarikan yang besarnya sama dengan luas bidang dibawah diagram tegangan regangan sampai tegangan leleh.

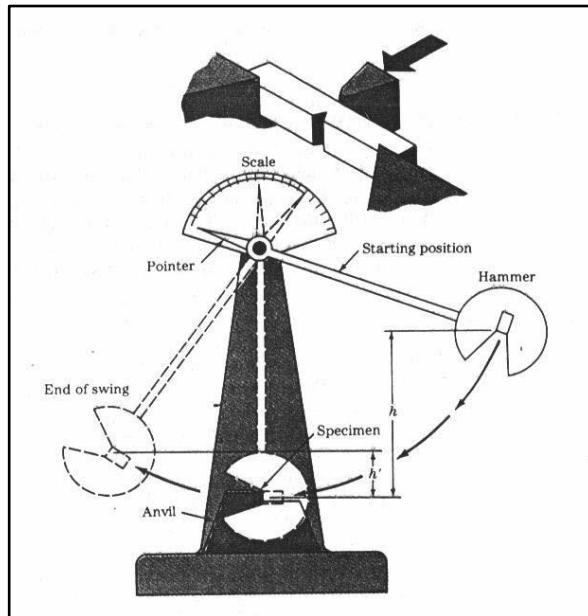
Keliatan berhubungan dengan energi total, baik elastik maupun inelastik, yang dapat diserap oleh satuan volume bahan sebelum patah. Untuk tarikan unaksial, keliatan sama dengan luas bidang dibawah kurva tegangan-regangan tarik sampai titik patah (akhir dari diagram). Luas ini kadang-kadang disebut dengan *modulus keliatan*. Karena deformasi semua bagian pada benda uji tarik tidak sama besar dan maksimum, luas tersebut hanya memberikan harga pendekatan bagi keliatan logam. Sebagai ilustrasi, harga kekenyalan untuk beberapa baja yang umum diberikan dibawah ini.

Baja	Kekenyalan		Keliatan	
	(inci-lb/inci ³)	(kNm/m ³)	(inci-lb/inci ²)	(kNm/m ²)
Karbon (A36 dengan $F_y = 36$ ksi)	22	152	12.000	82.700
Paduan Rendah Kekuatan Tinggi (A441 dengan $F_y = 50$ ksi)	43	296	15.000	103.000
Karbon yang Dicelup dan Dipanasi Kembali ($F_y = 70$ sampai 80 ksi)	110	758	18.000	124.000
Paduan Rendah yang Dicelup dan Dipanasi Kembali (A514 dengan $F_y = 100$ ksi)	170	1170	19.000	131.000

Tabel 2.1 Harga kekenyalan dan keliatan baja

Harga untuk A36, A441 dan A4514 mendekati harga yang dihitung dari kurva pada gambar 2.1. Oleh Karena tarikan uniaksial jarang sekali dijumpai pada struktur yang sesungguhnya, terutama di daerah sambungan, indeks keliatan yang lebih praktis digunakan. Indeks ini didasarkan pada kondisi tegangan yang lebih kompleks (mungkin triaksial) dibawah permukaan suatu takik. *Keliatan takik (notch toughness)* adalah istilah yang digunakan untuk menunjukkan daya tahan logam terhadap timbulnya dan penyebaran (*propagation*) retak didasar takik standar. Keliatan takik umumnya diukur dengan uji takik V-Charpy. Pengujian ini menggunakan balok segi empat bertumpuan sederhana (*simply supported*) dengan titik V ditengah bentangnya.

Batang dipatahkan dengan pukulan bandul ayun. Jumlah energy yang diserap dihitung dari kenaikan tinggi bandul setelah benda uji patah.

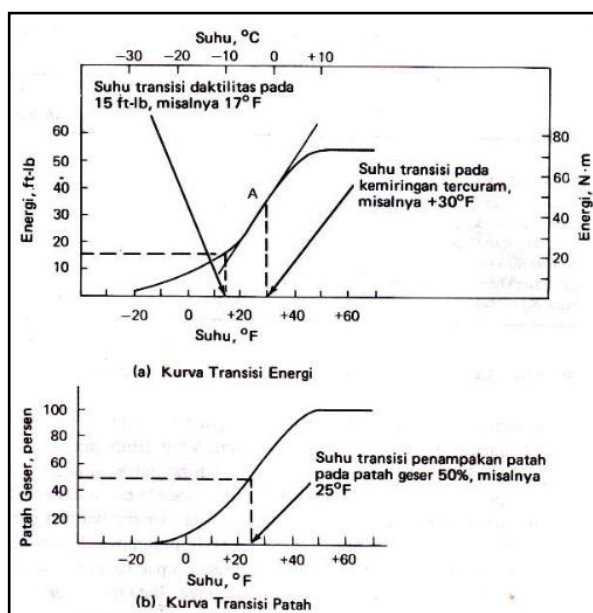


Gambar 2.3 Uji V-Charpy

Uji tarik V-Charpy banyak dipakai untuk menentukan suhu transisi dari kelakuan getas (*brittle*) ke daktil (*ductile*). Penyerapan energi patah untuk berbagai macam suhu diperlihatkan pada gambar 2.3a. Suhu di titik tempat kemiringan tercuram (titik A pada gambar 2.3a) adalah suhu transisi. Karena ketegasan dan daktilitas berhubungan dengan kualitas, derajat daktilitas berbagai baja struktural berlainan dan hanya bermanfaat bila dihubungkan dengan tugas yang harus dipikul oleh baja. Jadi untuk baja pada struktur yang umum, jumlah penyerapan energi sembarang sering digunakan, seperti 15 ft-lb, dan suhu pada saat energi sama dengan harga ini adalah *suhu transisi daktilitas* yang sering hanya disebut suhu transisi.

Semua elemen paduan yang dipakai untuk menaikkan kekuatan baja berpengaruh memperbesar suhu transisi daktilitas; dengan kata lain, memperburuk keliatan takik. Beberapa unsur yang memperbaiki keliatan takik dapat: (a) menimbulkan penyusutan yang besar (akibat pelepasan oksigen yang tak larut karena daya tarik yang besar) selama proses

penyelesaian pemanasan baja (sehingga dihasilkan jumlah yang lebih rendah); (b) sangat mahal, atau (c) mengurangi kemampuan dilas. Unsur seperti karbon, vanadium, dan nitrogen menaikkan suhu transisi kira-kira sebesar 5 sampai 6° F per 1000 psi (3,5 sampai 4° C per 10 N/mm²) menaikkan tegangan leleh. Kombinasi tertentu dari vanadium, nitrogen, dan columbium, seperti yang dijumpai pada baja A572, menaikkan suhu transisi hanya kira-kira sebesar 4°F per 1000 psi (2,7°C per 10 /mm²) menaikkan tegangan leleh.



Gambar 2.4 Kurva transisi suhu untuk baja karbon yang diperoleh dari ujikejut takik V-Charpy

Bila suhu transisi perlu diturunkan (seperti untuk penyimpanan tekanan pada-50 ° F), perlakuan panas (pencelupan dan pemanasan ulang) dibutuhkan.

Uji takik V-Charpy juga dapat dipakai memeriksa tampak permukaan yang patah. Persentase permukaan yang tampak telah patah akibat gaya geser digambarkan terhadap suhu seperti pada gambar 2.1b. Bagian patah geser menghasilkan permukaan dengan serat-serat halus, sedang selebihnya kelihatan getas atau seperti kristal. Suhu pada saat bagian patah geser sama dengan 50% dapat disebut *suhu transisi penampakan patah*.

c. Kekuatan Leleh untuk Keadaan Tegangan Multiaksial

Sifat batang struktur akan sama dengan sifat benda uji tarik hanya bila batang pemikul beban mengalami tegangan tarik uniaksial. Ingat bahwa umumnya leleh pada struktur merupakan kelakuan yang *tidak* dapat didefinisikan dengan jelas seperti yang diamati pada uji tarik. Leleh umumnya dianggap tercapai bila salah satu komponen tegangan mencapai harga uniaksial F_y .

Untuk semua keadaan tegangan selain *uniaksial*, definisi leleh diperlukan. Definisi ini (untuk suatu keadaan tegangan biasanya terdapat sejumlah definisi) disebut *kondisi* leleh (teori keruntuhan) dan berupa persamaan interaksi antara tegangan-regangan yang bekerja.

c.1 Kriteria Leleh Energi Distorsi (Huber-vonMises-Hencky)

Teori yang paling banyak diterima menyatakan tegangan leleh uniaksial dalam tiga tegangan utama. Kriteria leleh dapat dituliskan sebagai

$$\sigma_y^2 = \frac{1}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \quad (2.1)$$

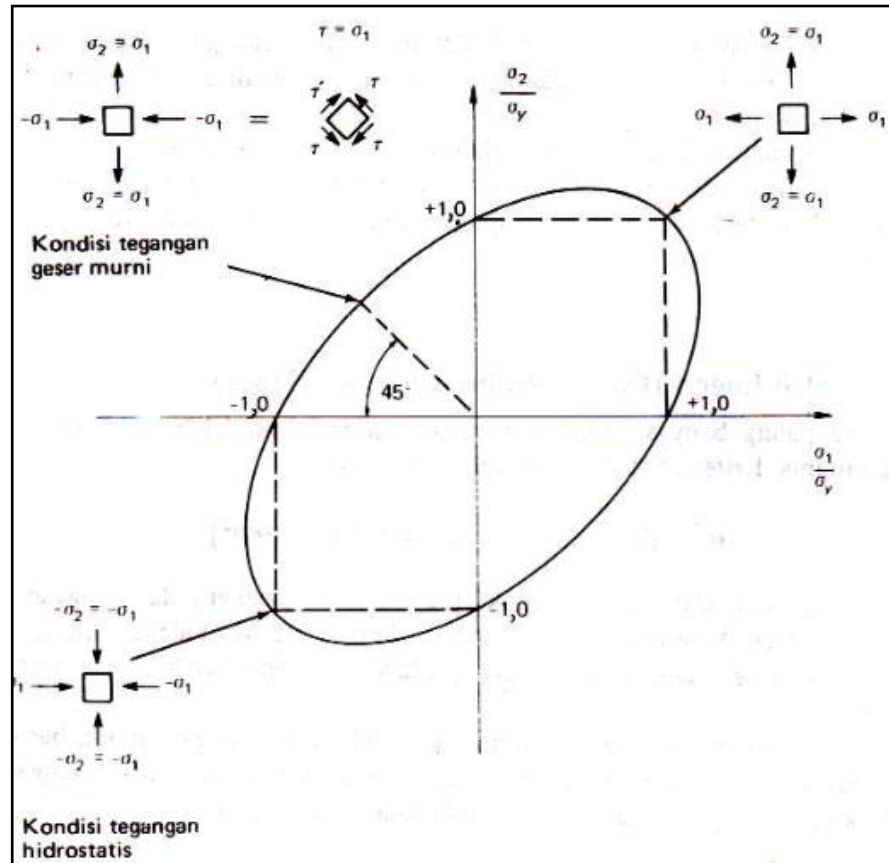
dengan $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ adalah tegangan tarik dan tekan yang bekerja dalam tiga arah utama (principal), dengan kata lain tegangan yang bekerja pada tiga bidang yang tidak mengalami gaya geser dan saling tegak lurus. σ_y adalah “ tegangan leleh” yang setara dengan harga uniaksial F_y .

Dalam perencanaan struktur, umumnya salah satu tegangan utama yang berharga nol atau sangat kecil sehingga dapat diabaikan; jadi, Persamaan 2.1 untuk tegangan bidang berbentuk (semua tegangan dianggap bekerja dalam satu bidang)

$$\sigma_y^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2 \quad (2.2)$$

Bila kita meninjau tegangan pada plat tipis, tegangan utama yang bekerja tegak lurus bidang plat biasanya nol. Tegangan lentur pada balok dianggap tidak menimbulkan tegangan utama yang tegak lurus bidang lentur. Selain itu semua profil structural terdiri dari elemen-elemen plat tipis, sehingga persamaan 2.2 berlaku bagi setiap elemen. Kriteria leleh

tegangan bidang (persamaan 2.2) akan dipakai pada bab-bab selanjutnya jika diperlukan dan diilustrasikan pada gambar 2.1.



Gambar 2.5 Kriteria leleh energi distorsi Huber-vonMises-Hencky untuk tegangan bidang

c.2 Tegangan Leleh Geser

Titik leleh untuk geser murni dapat ditentukan dari kurva tegangan-regangan dengan beban gaya geser, atau jika kriteria leleh multiaksial diketahui, hubungan ini dapat digunakan. Geser murni terjadi pada bidang yang bersudut 45° dengan bidang utama bila $\sigma_2 = -\sigma_1$ dan tegangan geser $\tau = \sigma_1$. Substitusi $\sigma_2 = -\sigma_1$ ke persamaan 2.2 menghasilkan:

$$\sigma_y^2 = \sigma_1^2 + \sigma_1^2 - \sigma_1(-\sigma_1) = 3\sigma_1^2 \quad (2.3)$$

$$\sigma_1 = \tau = \frac{\sigma_y}{\sqrt{3}} = \text{leleh geser} \quad (2.4)$$

c.3 Angka Poissons, μ

Bila tegangan diberikkan dalam satu arah, regangan tidak timbul tidak hanya dalam arah tegangan yang diberikkan tetapi juga dalam dua arah lainnya yang saling tegak lurus. Harga μ yang biasa digunakan oleh dari kondisi tegangan uniaksial, dan sama dengan ratio antara regangan transversal dan regangan longitudinal akibat beban. Untuk baja structural, Angka Poisson mendekati 0,3 pada daerah elastic (dimana bahan dapat dimampatkan) dan mendekati 0,5 pada daerah plastis (dimana bahan tidak dapat dimampatkan: artinya daya tahan konstan tanpa memandang regangan).

c.4 Modulus Elastisitas Geser

Pembebanan geser murni menghasilkan kurva tegangan-regangan geser. Kemiringan bagian garis lurus pada kurva ini menyatakan modulus elastisitas geser. Jika Angka Poissons, μ dan modulus elastisitas tarik-tekan E diketahui, modulus geser (gelincir) G ditentukan dengan teori elastisitas sebagai

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} \quad (2.5)$$

Untuk baja structural, harga G kira-kira 11.000 ksi (75.800 MPa)

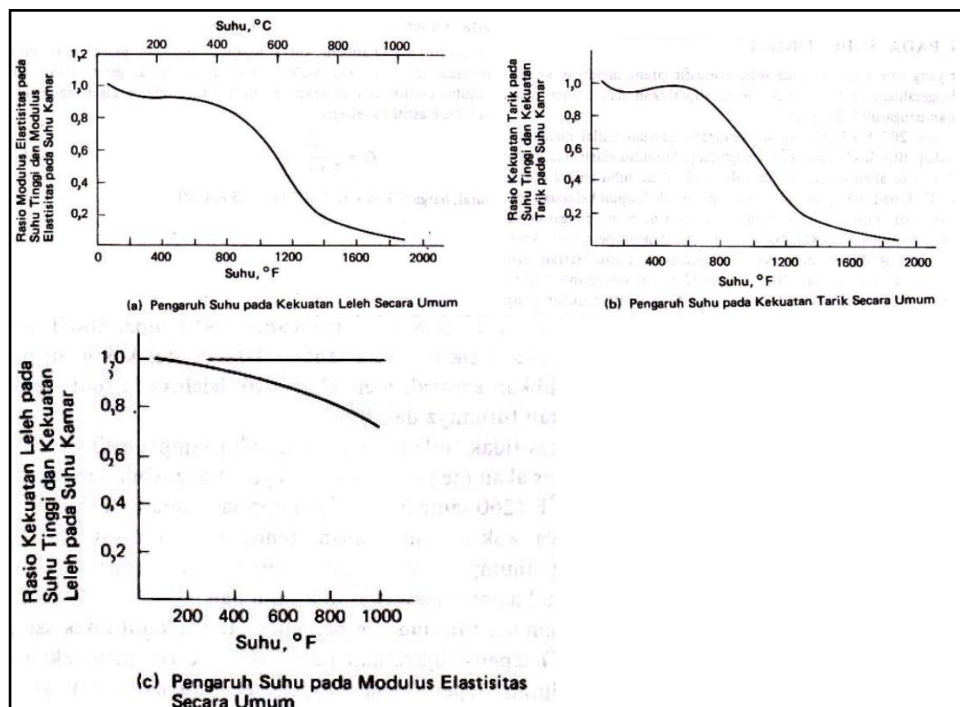
d. Kekakuan pada Suhu Tinggi

Perencanaan struktur yang hanya berada pada suhu atmosfer jarang meninjau kelakuan pada suhu tinggi. Pengetahuan tentang kelakuan ini diperlukan dalam menentukan prosedur pengelasan dan pengaruh kebakaran.

Bila suhu mencapai 200°F (93°C), kurva tegangan—regangan mulai tak linear dan secara bertahap titik leleh yang jelas menghilang. Modulus elastisitas, kekuatan leleh, dan kekuatan tarik akan turun bila suhu naik. Pada suhu antara 800 dan 1000°F (430 dan 540°C) terjadi laju penurunan maksimum. Walaupun kelakuan setiap baja (sifat kimia dan mikrostruktur yang berlainan) berbeda, pengaruh suhu secara umum dapat digambarkan (gambar 2.6). Baja dengan persentase karbon yang tinggi, seperti gambar A36 dan A440, menunjukkan 'pelapukan regangan' (*strain*

aging) yang tinggi, pada suhu 300 sampai 700°F (150 sampai 370°C). Ini terlihat dari keadaan relative titik leleh dan kekuatan tarik pada suhu tersebut, seperti yang ditunjukkan dengan rata-ratanya pada gambar 2.6a dan b. Bila suhu mencapai 500 sampai 600°F (260 sampai 320(260 sampai 320(260 sampai 320 °C) , kekuatan tarik akan naik kira-kira sebesar 10% diatas kekuatan pada suhu kamar dan titik leleh dipulihkan kembali mendekati titik leleh pada suhu kamar. Pelapukan regangan mengakibatkan turunnya daktilitas.

Penurunan modulus elastisitas tidak terlalu besar pada suhu sampai 1000°F (540°C), setelah itu modulus elastisitas akan menurun dengan cepat. Yang lebih penting, bila suhu mencapai 500 sampai 600°F (260-320 °C) deformasi pada baja akan membesar sebanding dengan lamanya waktu pembebanan, fenomena ini dikenal sebagai *rangkak* (*creep*). Rangkak sering dijumpai pada struktur beton dan pengaruhnya pada baja (tidak terjadi pada suhu kamar) meningkat bila suhu naik.



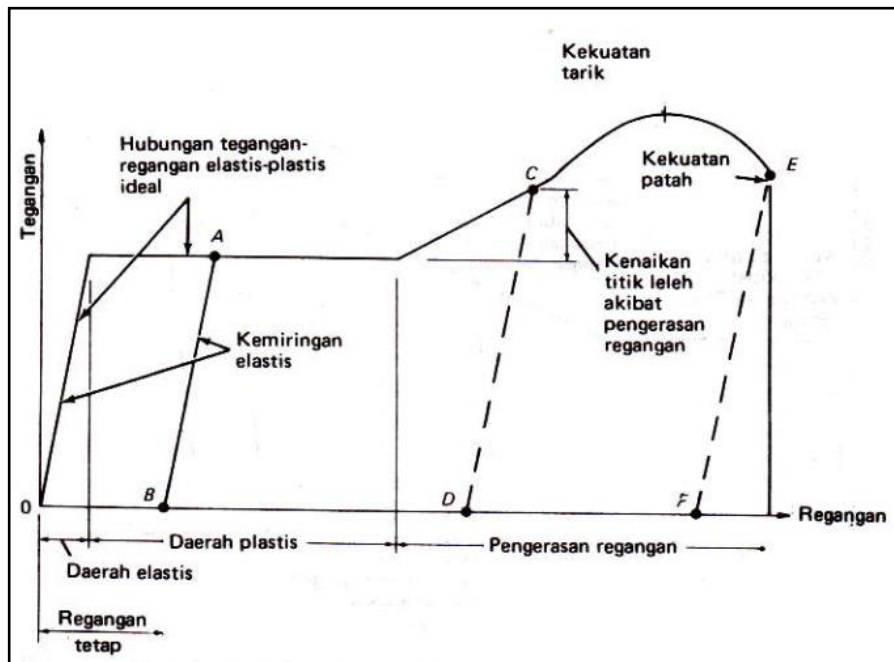
Gambar 2.6 Pengaruh suhu tinggi yang umum pada sifat kurva tegangan-regangan baja struktural

Pengaruh suhu tinggi lain adalah (a) memperbaiki daya tahan kejut takik sampai kira-kira 150-200°F (65-95°C); (b) menaikkan kegetasan akibat perubahan metalurgis, seperti pengendapan senyawa karbon yang mulai terjadi pada suhu 950°F (510°C); dan (c) menaikkan sifat tahan karat baja struktural bila suhu mendekati 1000°F (540°C). Baja umumnya dipakai pada keadaan suhu dibawah 1000°F, dan beberapa baja yang diberi perlakuan panas harus dijaga agar suhunya dibawah 800°F.

e. Kerja dingin dan Pengerasan Regangan

Setelah regangan leleh awal $\epsilon_y = F_y/E_s$ dilampaui dan beban pada benda uji dihilangkan, pembebanan ulang akan menghasilkan hubungan tegangan-regangan yang berbeda dengan yang diamati pada pembebanan pertama. Pembebanan dan penghilangan beban elastik tidak menimbulkan regangan residu (sisa), namun pembebanan awal diatas titik leleh seperti titik A pada Gambar 2.7 menyebabkan kurva penghilang beban turun ke regangan di titik B. Regangan tetap OB terjadi. Kapasitas daktilitas diperkecil dari regangan OF ke regangan BF. Pembebanan kembali akan menghasilkan kelakuan dengan titik awal tegangan-regangan di B, daerah plastis sebelum pengerasan regangan juga diperkecil.

Bila besarnya beban sedemikian rupa hingga titik C tercapai, penghilangan beban akan mengikuti garis terputus ke titik D, dengan kata lain titik awal untuk pembebanan yang baru adalah titik D. Panjang garis CD lebih besar, dan ini menunjukkan kenaikan titik leleh. Pengaruh yang menaikkan titik leleh disebut pengaruh pergeseran regangan. Daktilitas yang ada bila beban diberikan mulai dari titik D jauh lebih kecil dari harga semula sebelum pembebanan pertama. Proses pembebanan diatas daerah elastic yang mengubah besarnya daktilitas yang tersedia (dilakukan pada suhu kamar) disebut *kerja dingin (cold work)*. Karen struktur yang sesungguhnya tidak mengalami tekanan-tarikan uniaksial, pengaruh gaya kerja dingin jauh lebih rumit dari pembahasannya.



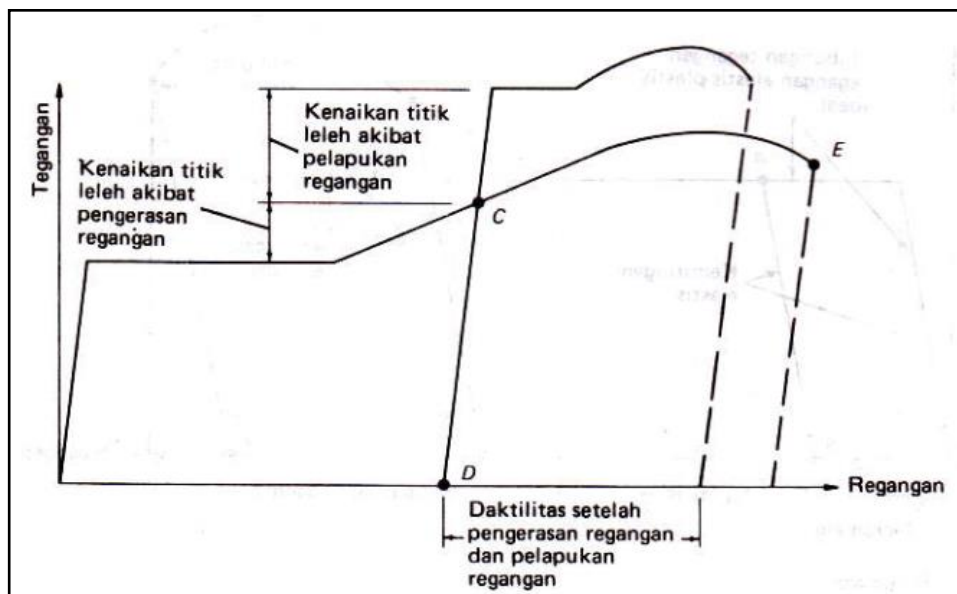
Gambar 2.7 Pengaruh regangan diluar daerah elastis

Bila profil struktural dibentuk dari plat dalam keadaan dingin dan pada suhu atmosfer, daerah dekat bengkokan (*bend*) akan mengalami deformasi inelastic. Pengerjaan dingin pada daerah pengelasan regangan ditempat bengkokan dapat menaikkan kekuatan leleh yang dapat diperhitungkan sesuai dengan spesifikasi perencanaan. Spesifikasi Cold Formed Steel.

Berdasarkan pembahasan dimuka terlihat bahwa kenaikan kekuatan diperoleh dengan pengorbanan daktilitas, serta kehilangan titik leleh dan daerah tegangan plastis konstan yang selaras. Setelah beban dihilangkan dalam jangka waktu tertentu, baja akan memiliki sifat yang berbeda dari yang ditunjukkan oleh titik D, C, dan E (gambar 2.7) akibat fenomena yang disebut *pelapukan regangan*. Seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.8, pelapukan regangan menaikkan titik leleh, memulihkan daerah tegangan plastis konstan, dan menghasilkan daerah pengerasan regangan yang baru akibat naiknya tegangan. Bentuk semula diagram tegangan-regangan dipulihkan kembali tetapi daktilitas diperkecil. Diagram tegangan-regangan yang baru dapat dipakai sebagai diagram semula untuk menganalisa penampang bentukan dingin (*cold-formed*),

asalkan daktilitas yang tersedia memadai. Daerah sudut pada penampang bentukan dingin umumnya tidak memerlukan daktilitas yang tinggi untuk regangan rotasional terhadap sumbu bengkokan.

Pengurangan tegangan aniling (*annealing*) akan menghilangkan pengaruh kerja dingin bila dikehendaki. Proses aniling terdiri dari pemanasan sampai suhu diatas batas transformasi dan pendinginan secara perlahan-lahan, kristalisasi ulang terjadi sehingga sifat-sifat semula dipulihkan.



Gambar 2.8 Pengaruh pelakuan regangan setelah merenggang dalam daerah pengerasan regangan dan penghilangan beban

f. Patah Getas

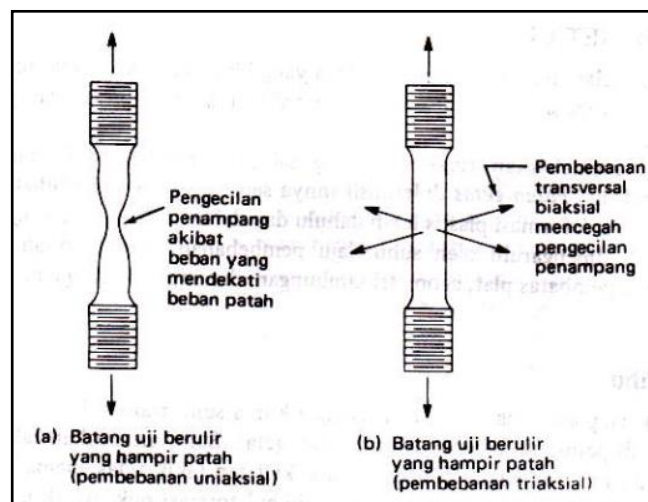
Baja yang biasanya daktil dapat menjadi getas akibat berbagai kondisi. Perencana harus memahami penyebabnya agar patah getas dapat dihindari.. *Patah getas* didefinisikannya sebagai “jenis keruntuhan berbahaya yang terjadi tanpa deformasi plastis lebih dahulu dan dalam waktu yang sangat singkat.” Kelakuan patah dipengaruhi oleh suhu, laju pembebanan, tingkat tegangan, ukuran cacat, tebal atau pembatas plat, geometri sambungan, dan mutu pengerjaan.

f.1 Pengaruh Suhu

Keliatan takik (seperti yang ditentukan dengan kurva suhu transisi kejut Charpy) adalah petunjuk kecenderungan patah getas. Suhu merupakan faktor penting dalam beberapa hal: (a) harga dibawah mana keliatan takik tidak memadai; (b) pada suhu 600 sampai 800°F (320 sampai 430°C) timbul formasi mikro struktur yang getas; dan (c) diatas 1000°F (540°C) pengendapan senyawa karbon dan elemen paduan terjadi sehingga mikrostrukturnya lebih getas. Faktor suhu yang lain telah dibahas dalam bab sebelumnya.

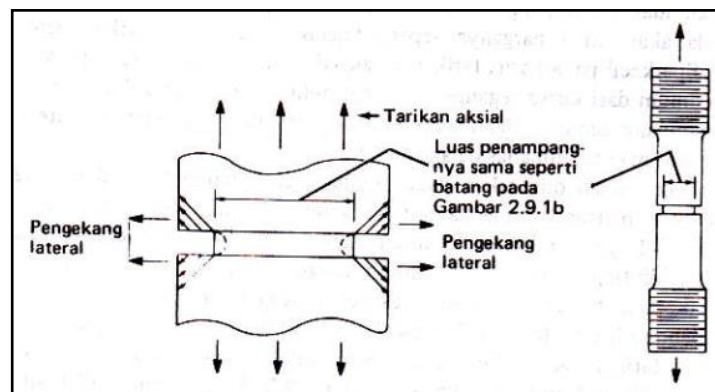
f.2 Pengaruh Tegangan Multiaksial

Kondisi tegangan yang kompleks pada umumnya, terutama di sambungan, menimbulkan pengaruh penting lain pada kegetasan. *Primer on Brittle*. Kurva tegangan-regangan tehnik berlaku bagi tegangan uniaksial, sebelum patah pengecilan penampang terjadi seperti yang diperhatikan pada gambar 2.9.a. Jika beban lateral biaksial (dua sumbu) seperti gambar 2.9.b diberikan, "kelakuan plastis tidak terjadi sehingga batang akan patah secara getas dengan tanpa perpanjangan dan pengecilan luas penampang." Tegangan patah yang berdasarkan luas penampang lintang semula akan sama harganya seperti tegangan yang berdasarkan penampang lintang yang diperkecil pada kasus tarikan uniaksial. Tegangan akan jauh diatas kekuatan tarik maksimum dari kurva tegangan-regangan tehnik yang selalau dihitung berdasarkan luas penampang semula.



Gambar 2.9 Pembebanan uniaksial dan triaksial

Takik mempunyai pengaruh yang hampir sama seperti pembebanan triaksial teoretis pada gambar 2.8, yaitu mengekang aliran plastis (yang akan terjadi) sehingga pada tegangan yang lebih tinggi cenderung runtuh secara getas. Gambar 2.9 memperlihatkan pengaruh takik pada benda uji tarik. Luas penampang lintang didasar takik selaras dengan luas benda uji semula pada gambar 2.9b. Penampang yang direduksi menjadi lebih kecil bila tarikan aksial diperbesar, tetapi ditahan oleh tarikan diagonal yang timbul di sudut seperti yang di tunjukkan pada gambar 2.10. Batang yang di uji akan runtuh secara patah getas pada tegangan yang besar.



Gambar 2.10 Pengaruh takik pada uji tarik uniaksial

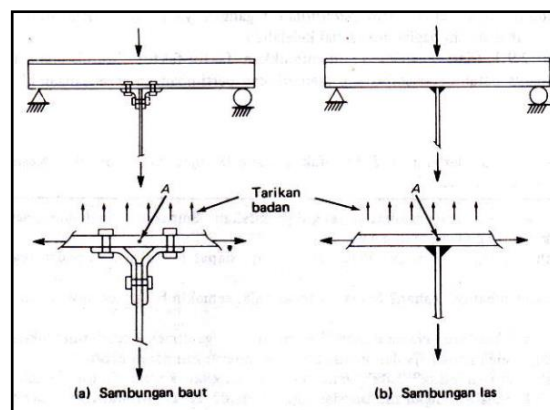
Takik dapat terjadi pada struktur yang sebenarnya karena sudut yang tak diisi dalam perencanaan atau las tidak sempurna sehingga timbul retak-retak. Hal ini dapat menyebabkan kegetasan. Namun, takik dan las yang retak dapat dikurangi dengan perencanaan dan prosedur pengelasan yang baik.

Konfigurasi dan perubahan penampang yang tidak umum harus dibuat secara bertahap sehingga garis aliran tegangan tidak berubah dengan tiba-tiba. Bila kondisinya sedemikian kompleks hingga terjadi tegangan tiga dimensi, kegetasan cenderung terjadi. Misalnya, penuangan (*casting*) menyebabkan kegetasan. Hal ini terutama dikarenakan sifat kontinuitas tiga dimensi.

f.3 Tegangan Multiaksial Akibat Pengelasan

Umumnya pengelasan menimbulkan kontinuitas yang menaikkan tegangan biksial dan tegangan triaksial serta kondisi regangan, sehingga kelakuannya menjadi getas. Sebagai ilustrasi, tinjaulah balok bertumpuan sederhana pada gambar 2.11 yang memikul plat yang tertarik. Akibat lenturan, sayap bawah pada balok mengalami tarikan, jadi tegangan di titik A adalah tarikan uniaksial (dengan mengabaikan pengaruh yang kecil dari lebar balok serta pertemuan sayap dan badan). Tarikan pada plat yang disambung dengan siku dan baut menyebabkan baut sayap dan siku mengalami tarikan aksial serta baut pada plat penggantung mengalami gaya geser, sehingga tidak menimbulkan pengaruh yang besar pada tegangan di titik A. Dengan kata lain, kondisi tegangan pada sambungan dalam gambar 2.11a mendekati keadaan uniaksial.

Selanjutnya, tinjaulah plat penggantung yang tertarik dan dilas ke sayap balok yang tertarik pada Gambar 2.11b. Tegangan di titik A sekarang biaksial karena plat digantung langsung pada sayap di titik A. Oleh karena itu, daerah las mengalami tegangan triaksial, yaitu biaksial akibat beban yang diberikan langsung ditambah dengan penahan deformasi sepanjang sumbu las akibat gantungan yang menerus (pengaruh angka Poisson). Perencanaan sambungan las harus meninjau kemungkinan terjadinya kegetasan akibat tegangan tiga dimensi. Topik *sobekan lamela* (*lamellar tearing*) akan dibahas pada bab selanjutnya



Gambar 2.11 Perbandingan kondisi tegangan pada sambungan baut dan las

f.4. Pengaruh Ketebalan

Jika tegangan bidang terjadi seperti pada plat tipis yang tegang dalam arah transversalnya dapat diabaikan, pengaruh tiga dimensi tidak terjadi untuk plat tebal, kecenderungan terjadinya kegetasan meningkat karena pengaruh tiga dimensi. Akibat proses pembuatan, plat tebal juga cenderung lebih getas dari pada plat tipis: (a) laju pendinginan yang lebih lambat meningkatkan kekasaran mikrostruktur, dan (b) kandungan karbon yang lebih tinggi (yang diperlukan agar kekuatan leleh penampang yang tebal sama seperti kekuatan penampang tipis yang diberi perlakuan panas) juga menghasilkan bahan yang lebih getas.

f.5 Pengaruh Beban Dinamis

Sifat tegangan-regangan dibahas sampai saat ini berhubungan dengan pembebanan statis yang diberikan secara perlahan-lahan. Pembebanan yang lebih cepat seperti akibat pukulan palu, gempa bumi, atau ledakan nuklir mengubah sifat tegangan-regangan. Umumnya, kenaikan laju regangan akibat beban dinamis menaikkan titik leleh, kekuatan tarik dan daktilitas. Pada suhu kira-kira 600°F (320°C) terjadi penurunan kekuatan yang cukup berarti. Kegetasan juga agak meningkat dengan laju regangan yang tinggi, tetapi kelihatannya berkaitan dengan faktor lain (yang dibahas diatas) seperti takik-takik tempat konsentrasi tegangan dan pengaruh suhu pada keliatan. Faktor yang lebih penting dari pembebanan dinamis bukanlah laju penambahan regangan yang cepat, tetapi gabungannya dengan laju *penurunan* regangan yang cepat. Pengaruh *variasi* tegangan dibahas dalam bagian mengenai kelelahan.

Faktor-faktor yang ditinjau dalam menaksir keseriusan patah getas

1. Berapakah suhu servis minimum yang diperkirakan? Semakin rendah suhu, semakin besar kecenderungan patah getas
2. Apakah ada tegangan tarik? Patah getas hanya dapat terjadi pada kondisi tegangan tarik

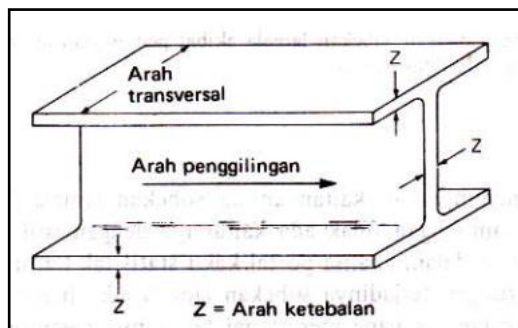
3. Berapakah tebalnya bahan? Semakin tebalnya baja, semakin besar kecenderungan patah getas.
4. Apakah ada kontinuitas tiga dimensi? Kontinuitas tiga dimensi cenderung mengekang terjadinya leleh pada baja dan menaikkan kecenderungan patah getas.
5. Apakah terdapat takik? Takik yang tajam menaikkan kecenderungan patah getas
6. Apakah kondisi tegangan multiaksial dapat terjadi? Tegangan multiaksial cenderung mengekang terjadinya leleh dan menaikkan kecenderungan patah getas.
7. Apakah beban diberikan dengan kecepatan yang tinggi ? Semakin tinggi laju pembebanan, semakin besar kecenderungan patah getas.
8. Apakah ada perubahan laju tegangan? Patah getas hanya terjadi pada kondisi laju tegangan yang meningkat.
9. Apakah ada alas? Retak pada las dapat berlaku sebagai takik yang berbahaya

g. Sobekan Lamela

Sobekan lamela (*lamellar tearing*) merupakan salah satu bentuk patah getas. Dalam kasus ini, bahan dasar pada sambungan las yang sangat dikekang (*restrained*) pecah (sobek) akibat regangan “sepanjang ketebalan” yang timbul karena penyusutan logam las. Bila las dilakukan pada sambungan yang sangat dikekang, regangan setempat akibat penyusutan logam las dapat beberapa kali lebih besar dari regangan titik leleh. Karena tegangan akibat beban kerja jauh di bawah tegangan leleh, regangan akibat beban kerja tidak menimbulkan atau menyebarkan sobekan lamela.

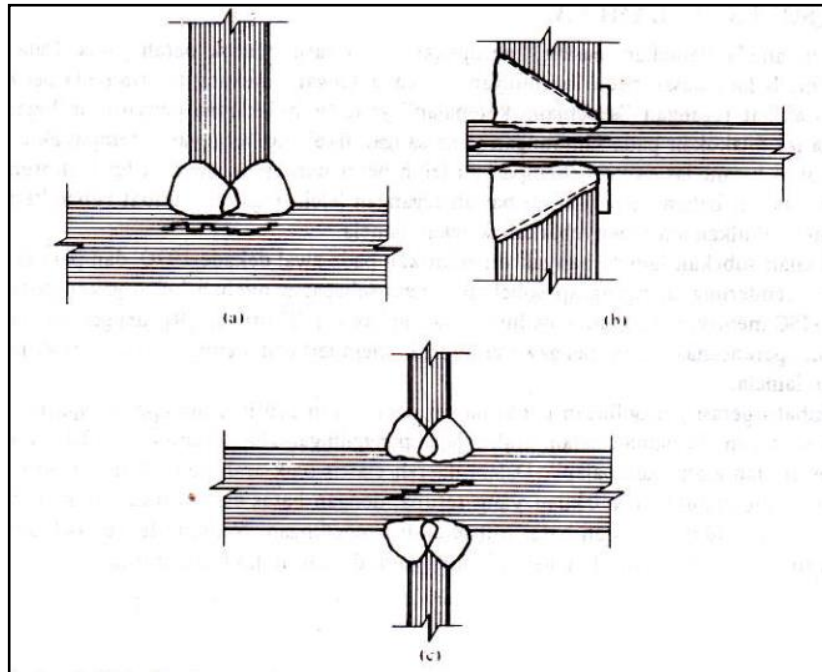
Masalah sobekan lamela banyak diperhatikan pada awal dekade 1970, dan para ahli struktur cenderung menganggap sobekan lamela sebagai penyebab kebanyakan patah getas. AISC menjabarkan fenomena ini secara ringkas. Thoenton mengemukakan prosedur perencanaan dan pengawasan untuk memperkecil kemungkinan terjadinya sobekan lamela.

Akibat operasi penggilingan panas dalam pembuatan profil, penampang baja mempunyai sifat yang berlainan dalam arah sejajar penggilingan (gambar 2.12), arah transversal, dan arah “ketebalan”. Dalam daerah elastik baik arah penggilingan maupun transversal menunjukkan kelakuan yang serupa, dengan batas elastic untuk arah transversal berada sedikit di bawah batas untuk arah penggilingan. Namun, daktilitas (kapasitas regangan) dalam arah “ketebalan dapat jauh dibawah daktilitas untuk arah penggilingan.



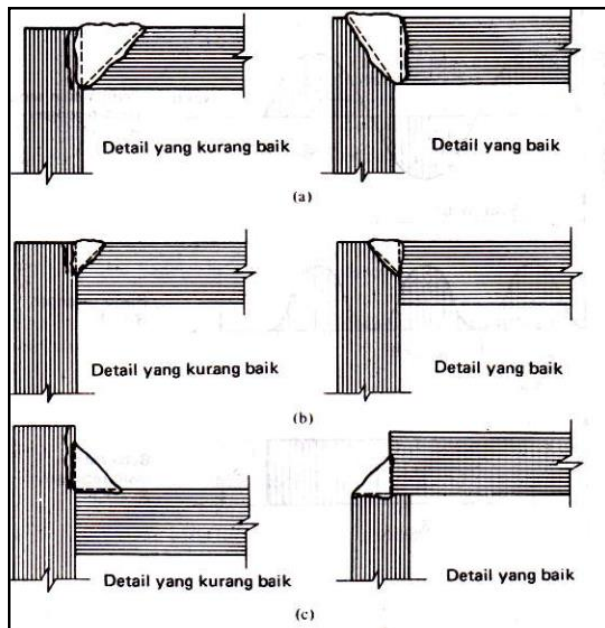
Gambar 2.12 Definisi istilah untuk arah

Umumnya profil baja I cukup daktil bila di bebani dalam arah sejajar atau transversal terhadap arah penggilingan. Penampang I akan berubah bentuk setempat hingga regangannya lebih besar dari regangan leleh (F_y/E_s). Jadi beban dipikul pada keadaan dimana sebagian penampang mengalami tegangan leleh, dan jika beban diperbesar, bahan disekitarnya akan ikut mendukung. Namun, bila regangan dilokalisir misalnya dalam arah “ketebalan” disayap penampang yang tebal, maka keadaan terkekang terjadi karena pada sayap tersebut tidak dapat dibagi kesayap lainnya melalui badan penampang. Regangan “ketebalan” setempat yang besar dapat melampaui regangan titik leleh, sehingga terjadi dekohesi dan menimbulkan sobekan lamela.



Gambar 2.13 Sambungan dengan sobekan lamela akibat penyusutan las yang besar pada bahan tebal yang sangat dikekang

Gambar 2.13 menunjukkan kaitan antara sobekan lamela dan sambungan las. Kondisi pengekgangan sambungan tidak ada kaitannya dengan istilah kontinuitas yang dipakai oleh ahli struktur dalam analisa portal kaku statis tertentu. Pengekgangan yang memperbesar kecenderungan terjadinya sobekan lamela adalah pengekgangan sambungan internal akibat penyusutan las yang merintangangi terjadinya regangan yang besar. Dari gambar 2.14 terlihat bahwa bila penyusutan las terjadi dalam arah “ketebalan”, bahan yang disambung cenderung mengalami sobekan lamela. Detail harus dibuat sedemikian rupa hingga penyusutan las terjadi dalam arah penggilingan.



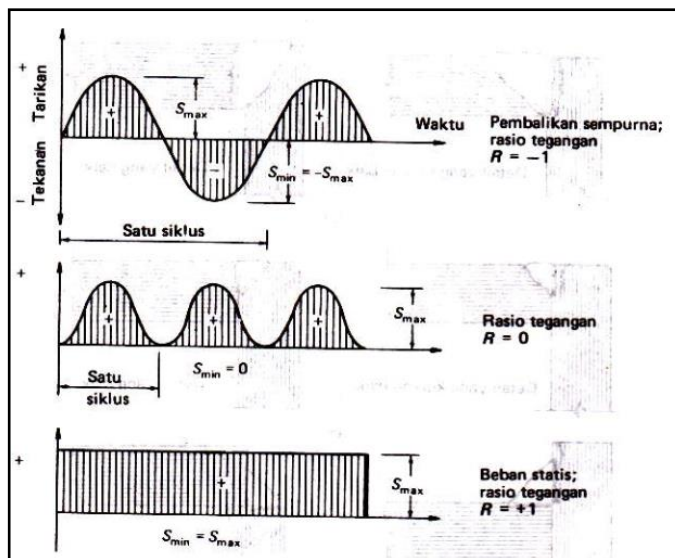
Gambar 2.14 Kecenderungan sobekan lamela dapat diperkecil dengan mengubah detail sambungan las

h. Kekuatan Lelah

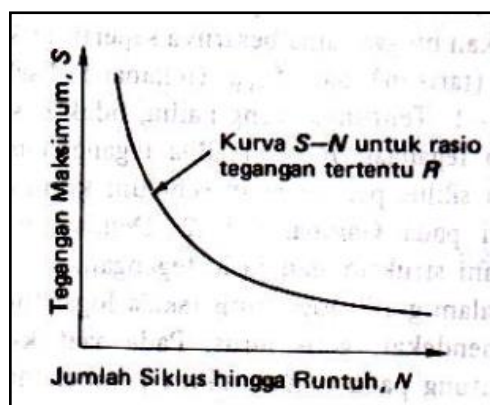
Pembebanan dan penghilangan beban yang berulang-ulang walaupun tidak melampaui titik leleh dapat mengakibatkan keruntuhan. Fenomena ini disebut *kelelahan (fatigue)*. Kelelahan dapat terjadi meskipun kondisinya ideal, yaitu kelihatan takiknya baik, tidak ada konsentrasi tegangan akibat lubang atau takik, kondisi tegangannya uniaksial, mikrostrukturnya daktil, dan lain-lain. Kondisi yang mempengaruhi daktilitas dan kondisi tegangan multiaksial sangat mengurangi kekuatan lelah. Sesungguhnya, faktor-faktor yang dibahas dalam bab ini semua saling berkaitan.

Tinjaulah pada siklus tegangan pada Gambar 2.15. Variasi yang paling ekstrim adalah pembalikan sempurna (full reversal); nol sampai tarikan maksimum, penghilangan beban hingga nol. Rasio S_{maks} (tarikan) dan S_{min} (tekanan) disebut R . Kekuatan lelah terendah terjadi pada $R=-1$. Tentunya, yang paling tidak ekstrim adalah beban statis tanpa variasi dengan rasio tegangan $R=+1$. Bila tegangan maksimum S_{maks} dibuat grafiknya terhadap jumlah siklus pembebanan sebelum keruntuhan terjadi, kita akan memperoleh kurva seperti pada gambar 2.16. Dengan

mengetahui jumlah siklus maksimum yang membebani struktur dan ratio tegangannya, kekuatan lelah dapat ditentukan. Bila gambar dalam grafik logaritmis (skala logaritmis) seperti pada gambar 2.17, kurvanya akan mendekati garis lurus. Pada saat kurva mencapai tegangan *batas lelah* atau *batas keteguhan (endurance)*. Ini biasanya terjadi pada kira-kira 2 juta siklus pembebanan. Untuk jumlah siklus yang lebih kecil dari 100.000, kekuatan tidak banyak dipengaruhi. Karena kebanyakan gedung mengalami siklus pembebanan sebanyak 100.000 atau kurang, kelelahan pada gedung umumnya tidak ditinjau. Jembatan jalan raya biasa diperkirakan mengalami 100.000 siklus pembebanan sehingga kelelahan perlu ditinjau dalam perencanaannya.



Gambar 2.15 Jenis siklus tegangan dengan batas ekstrim ratiotegangan dari $R+1$ (kondisi tanpa kelelahan) sampai $R=-1$ (pembalikan tegangan)



Gambar 2.16 Tegangan maksimum S yang dapat dicapai untuk berbagai jumlah siklus pembebanan N

Bagian yang menurun pada gambar 2.17 dapat dinyatakan

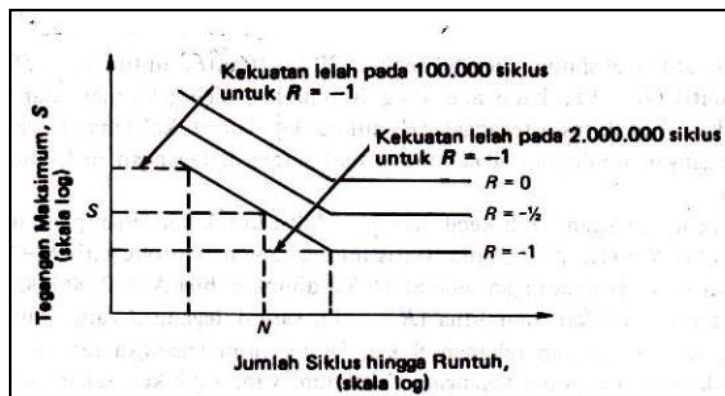
$$F_n = S(N/n)^k$$

Dengan:

F_n = Kekuatan lelah yang dihitung untuk keruntuhan pada n siklus

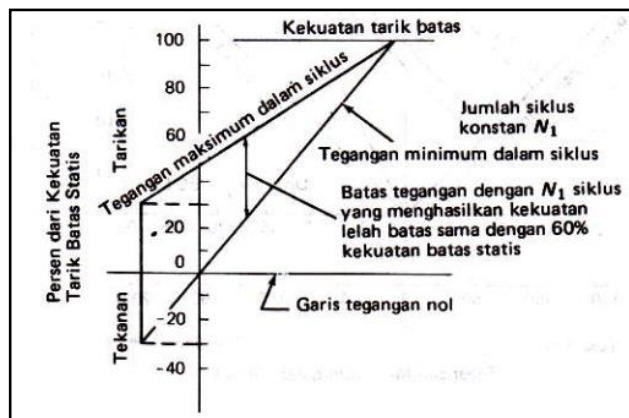
S = tegangan yang menimbulkan keruntuhan pada N siklus

K = Kemiringan garis lurus yang paling sesuai dengan data



Gambar 2.17 Kurva tipikal S-N (pendekatan dengan garis lurus) untuk beberapa rasio tegangan yang digambarkan dengan skala logaritmis

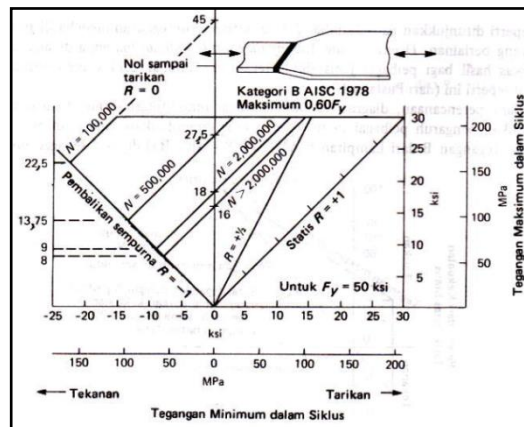
Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.17, setiap ratio tegangan menghasilkan kurva s-N yang berlainan. Diagram yang disebut *diagram Goodman* biasanya dipakai untuk meringkas hasil bagi berbagai jenis siklus tegangan. Gambar 2.18 memperlihatkan diagram Goodman



Gambar 2.18 Diagram Goodman tipikal yang menunjukkan pengaruh berbagai rasio tegangan pada kekuatan lelah untuk N_1 siklus pembebanan

Dalam perencanaan, diagram Goodman yang dimodifikasi sering dipakai untuk menentukan pengaruh berbagai siklus, seperti yang diperlihatkan pada gambar 2.19

Tegangan tarik maksimum diambil sebesar 30 ksi ($0.60 F_y$ untuk $F_y=50$ ksi). Untuk tarikan statis ($R=+1$), Batas atas yang ditunjukkan oleh garis mendatar pada $0,60 F_y$ menentukan . Untuk rasio tegangan (R) antara $+1/2$ dan $+1$, kelelahan tidak berpengaruh karena tegangan minimum tidak kurang dari setengah tegangan maksimum dan sama tandanya.



Gambar 2.19 Diagram Goodman yang dimodifikasi; untuk menentukan tegangan izin. Bila rasio tegangan lebih kecil dari $\frac{1}{2}$, reduksi untuk kelelahan perlu dilakukan jika jumlah siklus N melampaui 2 juta. Garis miring yang memotong garis $R=0$ pada 16 ksi menunjukkan variasi tegangan sebesar 16 ksi diizinkan bila $N > 2.000.000$. Perhatikan bahwa pada pembalikan sempurna ($R=-1$), variasi tegangan yang diizinkan bekisar antara tarikan 8 ksi dan tekanan 8 ksi. Untuk ratio tegangan tertentu R , kita bisa mendapatkan secara grafis tegangan maksimum yang diizinkan selama siklus tertentu dengan menggunakan diagram Goodman yang dimodifikasi.

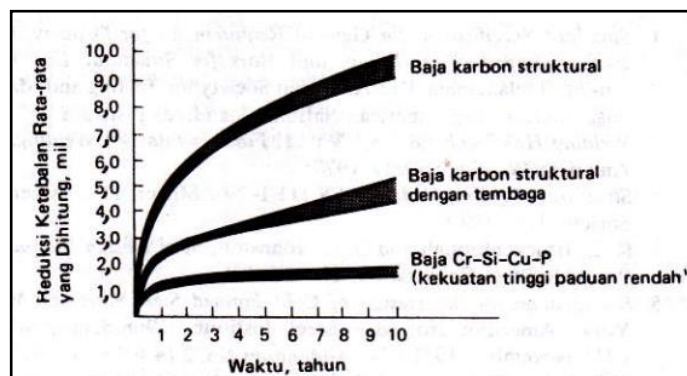
Menurut Lampiran B pada spesifikasi AISC, reduksi kekuatan akibat kelelahan dapat terjadi pada ratio tegangan dan jenis pembebanan tertentu bila jumlah siklus melampaui 2.000 (kira-kira 2 pembebanan perhari selama 25 tahun).

Mekanisme kelelahan masih belum dipahami benar, tetapi diketahui erat kaitannya dengan faktor-faktor yang berhubungan dengan daktilitas. Secara khusus, pengelasan dapat besar pengaruhnya pada kekuatan lelah.

i. Baja Lapuk dan Tahan Karat

Sejak pemakaian baja pertama, salah satu kelemahan utama ialah dibutuhkannya pengecatan untuk mencegah kerusakan logam akibat karat (korosi). Baja karbon yang kekuatannya rendah tidak mahal tetapi sangat mudah berkarat. Sifat tahan karat dapat ditingkatkan dengan menambahkan tembaga sebagai unsure paduan. Namun baja karbon yang mengandung tembaga terlalu mahal untuk pemakaian umum

Baja paduan rendah kekuatan tinggi memiliki sifat tahan karat yang beberapa kali lebih besar dari baja karbon struktural, baik dengan atau tanpa penambahan tembaga, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.20. Permukaan baja paduan rendah kekuatan tinggi tidak sekasar baja karbon, dan karat yang terbentuk menjadi lapisan pelindung yang mencegah korosi lebih lanjut. Dengan elemen paduan tertentu baja paduan rendah kekuatan tinggi akan memberikan lapisan oksida pelindung yang tampaknya menarik dan dapat dideskripsikan sebagai berikut: "lapisan ini adalah karat yang sangat padat warnanya adalah gabungan dari coklat, merah, dan ungu tua.



Gambar 2.20 Perbandingan korosi baja pada lingkungan industry. Bagian yang diarsir menunjukkan daerah jangkauan setiap benda uji

Seperti yang dapat diperkirakan, sifat karat suatu baja, termasuk baja lapuk, tergantung pada susunan kimia, derajat polusi pada atmosfer, dan frekuensi pembasahan dan pengeringan baja.

Sejak pemakaian pertamanya pada tahun 1958 (untuk Pusat Administrasi bagi Deere & Company di Moline, Illinois), pemakaian baja lapuk banyak menarik perhatian. Mula-mula baja ini dispesifikasikan dalam ASTM A242 yang (seperti dibahas sebelumnya) bersifat sangat umum dan mengijinkan variasi kimiawi yang luas.

Dengan ditetapkannya baja A588 pada tahun 1969 dan A709 pada tahun 1975, A242 sekarang hakekatnya sudah ditinggalkan. A 588 umumnya dipakai untuk baja lapuk pada gedung, sedangkan A709, Mutu 50W dan 100W dipakai untuk baja lapuk pada jembatan.

Pabrikasi dan pemasangan baja lapuk perlu dilakukan dengan hati-hati. Lekukan, goresan dan celah yang memperburuk tampak harus dihindari. Pengecatan walaupun untuk identifikasi harus dikurangi sesedikit mungkin, karena semua tanda harus dihilangkan setelah pemasangan selesai. Kerak dan penghilangan warna akibat pengelasan juga harus dihilangkan. Biaya tambahan akibat proses pabrikasi dan pemasangan diimbangi oleh tidak perlunya pengecatan selama masa berdirinya struktur.

Dalam banyak hal, kebutuhan baja tahan api pada gedung memperlambat pemakaian baja ekspos. Dua contoh penyelesaian yang bermanfaat adalah: (1) menaruh batang baja ekspos semuanya diluar bagian gedung yang dapat mudah terbakar; dan (2) mengisi kolom baja ekspos yang berongga dengan air yang diproses secara kimia sebagai penurun panas sehingga suhu baja tetap dingin bila kolom terbakar.

D. Aktivitas Pembelajaran

Kegiatan belajar mengajar agar penguasaan materi baja yang diampu dapat tercapai dengan:

- Menerangkan kepada siswa tentang material dan sifat-sifat baja dengan ilustrasi yang baik dan mudah dipahami
- Memastikan semua siswa/peserta didik mendapatkan kesempatan yang sama untuk berpartisipasi aktif dalam kegiatan belajar mengajar misalnya dalam bertanya, mengungkapkan pendapat dan berdiskusi.
- Melakukan proses pembelajaran dengan membantu siswa mengembangkan potensinya dan mengatasi kekurangannya.
- Pemahaman yang dimaksud adalah siswa telah mengetahui material baja dan sifat mekanik baja, perilaku baja terhadap temperature, serta kegagalan yang sering terjadi pada saat proses konstruksi baja
- Memberikan materi dan tugas mengenai karakteristik baja secara umum
- Melakukan penilaian secara rutin pada siswa dalam menyelesaikan tugas yang diberikan.

Kegiatan Pengamatan.

1. Amatilah Gambar berikut ini



Dari pengamatan gambar.

Suatu tower PLN dibuat untuk menghubungkan jaringan yang satu ke jaringan yang lain. Untuk hal ini tower harus kuat menahan beban-beban yang dipikulnya seperti beban angin, beban gempa, beban berat sendiri, beban hidup/bergerak dan lain-lain. Sebelum difungsikan tower tersebut roboh.

Diminta untuk menjelaskan : Apa yang mempengaruhi tower tersebut rubuh?

E. Soal

1. Sebutkan dan jelaskan karakteristik baja yang digunakan dalam struktur bangunan !
2. Pengujian apakah yang dilakukan dengan baja untuk mengetahui sifat dan karakteristiknya?
3. Apakah yang dimaksud dengan sobekan lamellar?
4. Sebuah baja diberi tekanan pada sisi horizontal sebesar 20 Psi dan tarikan ke arah vertical sebesar 10 Psi, maka tentukan tegangan efektif dan titik leleh pada baja tersebut (anggap geser murni sebesar 45°)!
5. Apakah yang dimaksud dengan keruntuhan getas ?

F. Rangkuman

1. Tegangan pada baja didapati dengan melakukan uji tarik pada baja yang kemudian hasilnya diplotkan kedalam grafik dengan membagi beban dengan luas penampang lintang benda uji, sedangkan regangan didapat dengan membagi perpanjangan dengan panjang semula, kedua hal terus meaik hingga terjadi putus.
2. Sifat-sifat mekanik baja menurut SNI 03-1729-2002 yaitu
 - Modulus Elastisitas, E = 200.000 MPa
 - Modulus Geser, G = 80.000 MPa
 - Angka Poisson = 0.3
 - Koefisien Muai = $12 \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
3. Daktilitas didefinisikan sebagai jumlah regangan permanen (yaitu regangan yang melampaui batas proporsional) sampai titik patah. Besarnya daktilitas diperoleh dari uji tarik dengan menentukan persentase perpanjangan (dengan membandingkan luas penampang lintang akhir dan semula) benda uji.
4. Kekenyalan (kadang-kadang disebut *modulus kekenyalan*) adalah jumlah ebergi elastic yang dapat diserap oleh satu satuan volume bahan yang dibebani tarikan; besarnya sama dengan luas bidang dibawah diagram tegangan reganagan sampai tegangan leleh.
5. *Keliatan takik (notch toughness)* adalah istilah yang digunakan untuk menunjukkan daya tahan logam terhadap timbulnya dan penyebaran (*propagation*) retak didasar takik standar.
6. Tegangan leleh dapat dirumuskan dengan $\sigma_y^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2$, dimana tegangan 1 dan 2 secara berturut-turut merupakan tegangan tekan dan tarik.
7. Pengetahuan tentang perilaku baja pada suhu tinggi diperlukan untuk proses pengelasan karena suhu mempengaruhi tegangan tegangan dan terjadinya rangkak.
8. *Patah getas* didefenisikannya sebagai “jenis keruntuhan berbahaya yang terjadi tanpa deformasi plastis lebih dahulu dan dalam waktu yang sangat singkat.” Kelakuan patah dipengaruhi oleh suhu, laju pembebanan, tingkat tegangan, ukuran cacat, tebal atau pembatas plat, geometri sambungan,

dan mutu pengerjaan. Salah satu contoh patah getas yaitu sobekan lamela

9. Pembebanan dan penghilangan beban yang berulang-ulang walaupun tidak melampaui titik leleh dapat mengakibatkan keruntuhan. Fenomena ini disebut *kelelahan (fatigue)*.
10. Karat merupakan masalah utama baja, sehingga perlu pengecatan atau penambahan unsure

G. Umpan balik

Pada saat ini umpan balik yang melibatkan guru dapat dilakukan sebagai berikut :

- 1) Beri kesempatan siswa untuk memberikan jawaban atau untuk didiskusikan dengan teman temannya. Komentar yang datang dari berbagai pihak sehingga terjadi pembicaraan antara guru dengan siswa, dan siswa dengan siswa. Dengan diskusi semacam ini, siswa yang bertanya akan mengetahui bagaimana cara pemecahannya.
- 2) Akan lebih baik bila dilakukan studi lapangan (*study tour*) ke pabrik baja tertentu untuk lebih memahami sifat dan karakteristik baja.
- 3) Dapat juga mengundang pihak profesional pabrik baja untuk memberikan diskusi khusus kepada siswa

Kegiatan Pembelajaran 3

Merencanakan konstruksi baja dengan menggunakan perangkat lunak (software)

A. Tujuan

Peserta Diklat mampu Merencanakan konstruksi baja dengan menggunakan perangkat lunak (software).

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Peserta Diklat mampu Merancang model struktur konstruksi baja.

C. Uraian Materi

Tahapan Perhitungan Struktur.

Jika kita dalam posisi sebagai seorang civil/structure engineer dan karena tuntutan tugas kita harus melakukan perhitungan struktur baik struktur baja maupun sipil khususnya pondasi, kita dituntut harus berhati-hati, benar dalam asumsi dan cermat dalam melakukannya. Ada beberapa hal dasar yang perlu dilakukan oleh seorang civil/structure engineer dalam melakukan tahapan perhitungan struktur.

1. Tujuan Perhitungan

Dalam melakukan perhitungan nantinya, perlu kita ketahui untuk apakah perhitungan tersebut dilakukan, Normal tujuannya adalah:

1. Untuk membuat engineer mendapatkan desain yang aman, layak dan ekonomis.
2. Pemenuhan persyaratan sesuai spesifikasi dan code/international standards terhadap desain yang dikerjakan.
3. Memfasilitasi penentuan akibat yang akan terjadi jika dilakukan modifikasi terhadap struktur dimasa datang.

2. Unit/Satuan

Pada umumnya, satuan yang digunakan dalam perhitungan memakai SI satuan metric. Kecuali jika perhitungan dibuat sesuai Code atau memakai program computer, yang belum disesuaikan dengan metric, maka pemakaian satuan konvensional boleh dilakukan. Pada ujungnya, untuk lebih memudahkan padanan dengan satuan yang dipakai oleh disiplin lain, sebaiknya hasil perhitungan dikonversikan ke metrik.

3. Simbol-Simbol

Symbol-simbol yang dipergunakan dalam desain struktur baja seharusnya memiliki konotasi yang sama terhadap AISC Manual of Steel Construction, sedangkan untuk struktur beton, padanannya adalah ACI 318 atau SK SNI untuk proyek bersifat lokal. Simbol-simbol lainnya sebaiknya disamakan dengan Code/International Standards yang berlaku dan dipakai sebagai referensi. Konotasi/pengertian symbol yang dipergunakan dalam perhitungan, secara umum harus dituliskan pada awal perhitungan. Gunanya untuk memudahkan pembaca/pemeriksa sewaktu mengkaji dokumen perhitungan tersebut.

Sedangkan untuk simbol tertentu yang dipakai dalam suatu persamaan, sebaiknya juga ditulis dalam cakupan persamaan tersebut, boleh sesudah ataupun sebelum persamaan tersebut diketengahkan.

4. Persamaan

Persamaan-persamaan, grafik, nomograf dan lain sebagainya yang dipakai dalam kalkulasi sebaiknya:

1. Merupakan turunan/derivative dari kalkulasi dasar, atau
2. Merujuk pada standard yang relevan dengan memberikan asal usulnya, atau
3. Jika diambil dari textbook, maka diperlukan juga salinan/copy dari halaman diaman persamaan/grafik itu diambil.
4. Biasakan menggunakan persamaan yang biasa dan mudah dikenali seperti $PL/4$, $WL^2/8$ dan lain-lain.

5. Asumsi

Asumsi yang diambil dimana perhitungan didasarkan haruslah ditulis dengan jelas. Setiap asumsi yang diambil untuk mendukung perhitungan harus jelas menggambarkan dan memiliki data yang sesuai.

Perhitungan yang dilakukan juga harus memberikan sepintas ulasan acuan dasar (philosophy) yang dipergunakan dalam desain tersebut. Termasuk didalamnya adalah konsep yang mungkin diadopsi dari sumber/referensi lain.

6. Parameter

Nilai-nilai dari parameter ditulis dibagian awal perhitungan. Tidak perlu kita menjustifikasi nilai parameter yang telah biasa digunakan dan diterima secara umum seperti Young's modulus, Poisson's ratio, koefisien tarik/tekan dll. Namun untuk nilai parameter yang bersifat spesifik, barulah kita harus memberikan justifikasi, apakah dengan menuliskan sumbernya (seperti hasil studi atau laporan pemeriksaan tanah) ataukah ringkasan dasar penggunaan parameter tersebut ataukah kita ambil dari referensi yang dipercaya secara umum maupun Code. Contohnya adalah:

1. Perbedaan temperatur.
2. Tegangan permukaan tanah, daya dukung ijin, penurunan/settlement ataukah perbedaan nilai penurunan permukaan tanah.
3. Tekanan angin, dapat dihitung dari kecepatan rata-rata angin daerah dimana desain kita akan dipergunakan dan exposure factor. Biasa ada referensi yang sah dari pihak berwenang seperti Badan Metrologi dan geofisika (BMG) lokal. Perhitungan nilai parameter tersebut harus mengemukakan kecepatan dasar angin terhadap tinggi, bentuk, arah hembusan (gust) dan importance factor yang dipakai.

7. Presentase Perhitungan

Tampilan presentasi perhitungan selayaknya sebagai berikut:

- a. Kepala Judul berisikan:
 1. Jika kita melakukan untuk kepentingan perusahaan atau Klien, maka tulislah nomor administrasi yang seharusnya. Biasanya sudah ada garis besar penomoran dari Klien/Perusahaan. Selanjutnya work order atau nomor SPK.
 2. Nama pembuat perhitungan (engineer ybs) dan nama pemeriksa (checker).
 3. Judul desain perhitungan, yang harus menggambarkan isi kandungan perhitungan. Misalnya Perhitungan Pondasi Turbo Compressor KT-2010 atau Perhitungan Struktur Shelter Steam Turbin ST-007.
 4. Tanggal sewaktu perhitungan itu dibuat.
- b. Cover sheet atau halaman depan setiap paket dokumen perhitungan diberi label nama untuk memudahkan identifikasi sesuai Job Order, Engineering Order ataukah Study/Report Order. Penomoran halaman juga harus runtut.
- c. Jangan lupa daftar isi, daftar codes/standards dan referensi lainnya yang sesuai. Jika memakai referensi spesifikasi dari Klien, indikasikan juga tanggal rilis dari spek tersebut. Ini gunanya untuk menghindarkan salah pengertian dikemudian hari jika spek perusahaan/klien tersebut ternyata berubah dimasa depan diluar sepengetahuan engineer.
- d. Perhitungan haruslah diperiksa oleh pihak yang yang berkompeten sebelum secara resmi dirilis atau diserahkan kepada Klien. Pemeriksa haruslah memastikan bahwa setiap isi halaman dokumen telah benar dan hasil perhitungan dapat diverifikasi dan dipertanggung jawabkan.
- e. Bahasa yang dipergunakan. Tergantung permintaan Klien. Untuk proyek internasional ataupun yang memiliki hubungan dengan pihak dari warga negara lain, tentu harus memakai bahasa Inggris.
- f. Perhitungan struktur tersebut harus memuat kriteria desain, persyaratan beban-beban utama, kombinasi beban layan kritis dan factor kritis kombinasi beban. Kriteria desain ini tentulah harus sesuai dengan proyek yang sedang dikerjakan. Artinya, kita tidak memakai kriteria desain berdasarkan proyek berbeda yang pernah dilakukan meskipun banyak

factor kesamaannya. Misalnya kita pernah mendesain onshore platform buat proyek A di daerah Papua, maka kriteria desain proyek tersebut janganlah dipakai untuk proyek onshore platform proyek B di daerah Balikpapan.

- g. Dokumen perhitungan tersebut juga harus memuat urutan yang benar dalam menuliskan sub judul. Sehingga pembaca/pemeriksa mengerti secara benar runtutan perhitungan. Berilah penebalan atau garis bawah untuk sub judul guna memudahkan pembedaan. Contohnya menghitung ketebalan base plate untuk struktur baja yang akan didukung. Urutannya secara sederhana dalam perhitungan adalah asumsi pembebanan, statika struktur (gaya dan momen yang bekerja), pemilihan material baja untuk struktur atas. Baru kemudian perhitungan base plate.
- h. Sediakan juga rangkuman dasar perhitungan secukupnya diawal sehingga pembaca mengerti metode yang dipergunakan dalam perhitungan tersebut. Sketsa ataupun gambar sederhana perlu ditampilkan.
- i. Perhitungan struktur baja khususnya, harus lengkap dengan detail perlu seperti koneksi momen ataupun koneksi khusus di joint tertentu.
- j. Pada akhirnya, sebelum dirilis, dipastikan bahwa dokumen perhitungan sudah lengkap dan benar serta memuat lampiran jika diperlukan.

8. Perhitungan Memakai Komputer

a. Umum

Indonesia termasuk daerah rawan gempa, sehingga untuk mengurangi resiko bencana tersebut diperlukan bangunan tahan gempa. Umumnya, bangunan tahan gempa direncanakan dengan prosedur yang ditulis dalam peraturan perencanaan bangunan (building codes). Peraturan dibuat untuk menjamin keselamatan penghuni terhadap gempa besar yang mungkin terjadi, dan untuk menghindari atau mengurangi kerusakan atau kerugian harta benda terhadap gempa sedang yang sering terjadi. Meskipun demikian, prosedur yang digunakan dalam peraturan tersebut tidak dapat secara langsung menunjukkan kinerja bangunan terhadap suatu gempa yang sebenarnya, kinerja tadi tentu

terkait dengan resiko yang dihadapi oleh pemilik bangunan dan investasi yang dibelanjakan terkait dengan resiko diambil.

Perencanaan tahan gempa berbasis kinerja (performance based seismic design) merupakan proses yang digunakan untuk perencanaan bangunan baru maupun perkuatan (upgrade) bangunan yang sudah ada, dengan pemahaman yang realistis terhadap resiko keselamatan (life), kesiapan pakai (occupancy) dan kerugian harta benda.

Proses perencanaan tahan gempa berbasis kinerja dimulai dengan membuat model rencana bangunan kemudian melakukan simulasi kinerjanya terhadap berbagai kejadian gempa. Setiap simulasi memberikan informasi tingkat kerusakan (level of damage), ketahanan struktur, sehingga dapat memperkirakan berapa besar keselamatan (life), kesiapan pakai (occupancy) dan kerugian harta benda (economic loss) yang akan terjadi. Perencana selanjutnya dapat mengatur ulang resiko kerusakan yang dapat diterima sesuai dengan resiko biaya yang dikeluarkan.

Hal penting dari perencanaan berbasis kinerja adalah sasaran kinerja bangunan terhadap gempa dinyatakan secara jelas, sehingga pemilik, penyewa, asuransi, pemerintahan atau penyandang dana mempunyai kesempatan untuk menetapkan kondisi apa yang dipilih, selanjutnya ketentuan tersebut digunakan perencana sebagai pedomannya.

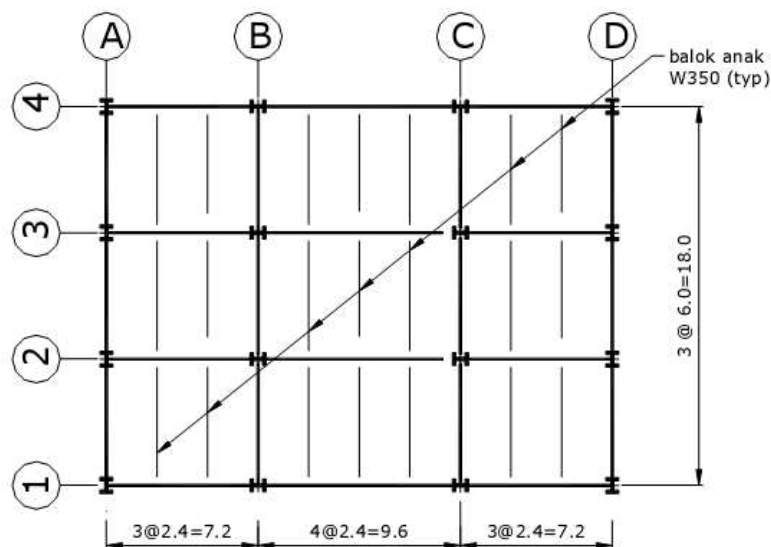
Secara umum, perencanaan tahan gempa umumnya didasarkan pada analisis struktur elastis yang diberi faktor beban untuk simulasi kondisi ultimate (batas). Untuk bangunan yang didesain dengan menggunakan struktur baja, acuan desainnya umumnya mengacu pada standar SNI 03-1729-2000 (Tata Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Baja) dan SNI 03-1726-2003 (Standar Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung). Pada cara perencanaan ini, proses selesai jika setiap persyaratan terpenuhi.

b. Deskripsi bangunan rencana

Dalam kasus ini, implementasi perencanaan berbasis kinerja untuk bangunan baja :

- Konfigurasi bangunan yang dipilih adalah reguler dan tipikal seperti pada umumnya, yaitu agar dapat difabrikasi dan dilaksanakan secara tepat.
- Jumlah lantai 6 tingkat termasuk atap. Tinggi lantai pertama 4 m, sedang tinggi lantai typical di atasnya adalah 3.5 m. Jadi tinggi total bangunan $H = 21.5$ m (atap)
- Fungsi bangunan adalah perkantoran.

Sistem lantai adalah beton bertulang dengan tebal 120 mm, yang didukung oleh balok anak setiap jarak 2.4 m (typical). Balok anak terdiri dari WF 350X175X7X11 sebagai sistem struktur sederhana (simple beam). Hubungan balok dengan lantai diberi tulangan angkur sehingga lantai dapat dianggap sebagai diafragma kaku pada bidang horisontal. Selanjutnya akan dianalisis sebagai analisa struktur 3D

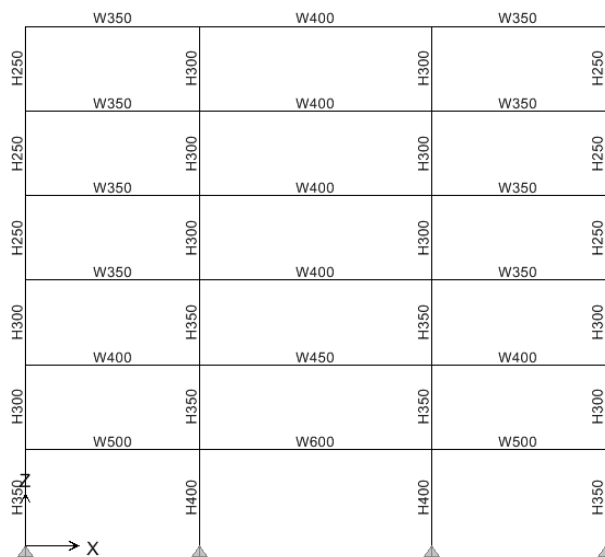


Gambar 3.1 Denah bangunan tipikal

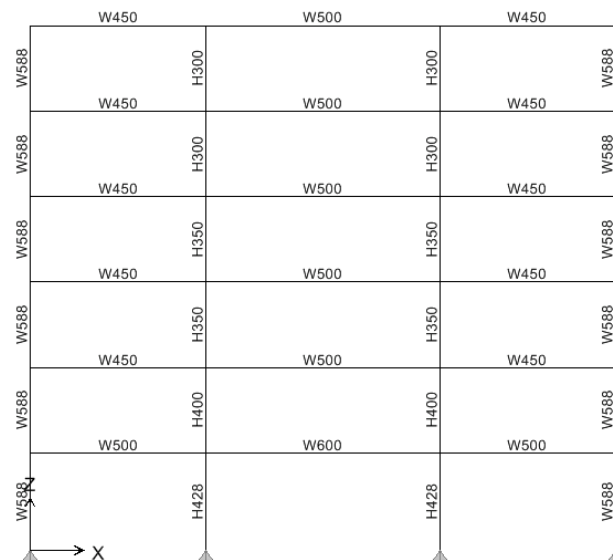
Sistem tumpuan kolom ke pondasi berupa sendi agar diperoleh sistem sambungan yang sederhana dan mudah dilaksanakan. Konsekuensinya, balok portal pada lantai di atasnya harus dipilih cukup kaku agar

faktor tekuk pada kolom bagian bawah tidak terlalu besar. Faktor tekuk dihitung otomatis saat proses desain dengan program software.

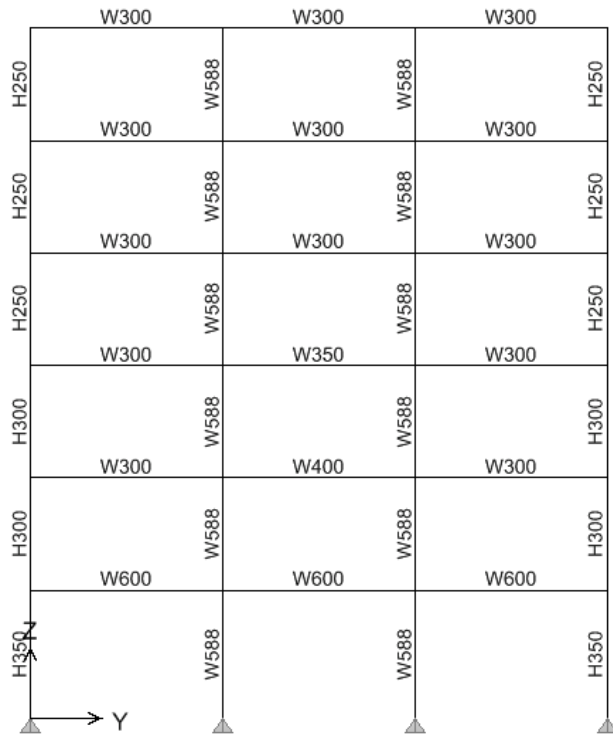
Sistem sambungan portal adalah sistem sambungan kaku sekuat profil yang terlemah dan diberi perkuatan sedemikian sehingga sendi plastis hanya terjadi pada balok dan merupakan sistem struktur yang daktail.



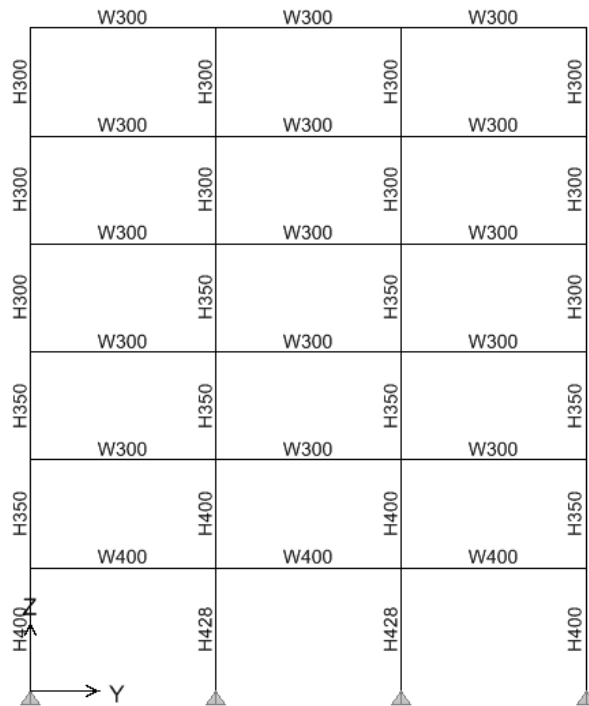
Gambar 3.2 Portal 1 dan 4



Gambar 3.3 Portal 2.3



Gambar 3.4 Portal A dan D



Gambar 3.5 Portal B dan c

Notasi	d (mm)	B (mm)	t _w (mm)	t _r (mm)	Note
W300	300	150	6.5	9	Balok
W350	350	175	7	11	
W400	400	200	8	13	
W450	450	200	9	14	
W500	500	200	10	16	
W600	600	200	11	17	
W588	588	300	12	20	Kolom
H250	250	250	9	14	
H300	300	300	10	15	
H350	350	350	12	19	
H400	400	400	13	21	
H428	428	407	20	35	

Tabel 3.1 Daftar profil baja yang digunakan

c. Beban tetap dan masa bangunan

Waktu getar alami selain tergantung dari kekakuan struktur, juga tergantung pada massa bangunan. Dalam hal tersebut sumbangan terbesar adalah dari beban tetap lantai bangunan.

Pada kasus ini, beban tetap terdiri dari lantai beton bertulang ($t = 120$ mm) dan berat finishing, peralatan ME serta plafon yang dipikulnya, yang selanjutnya disebut beban mati.

$$\text{Beban lantai} : 0.12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$$

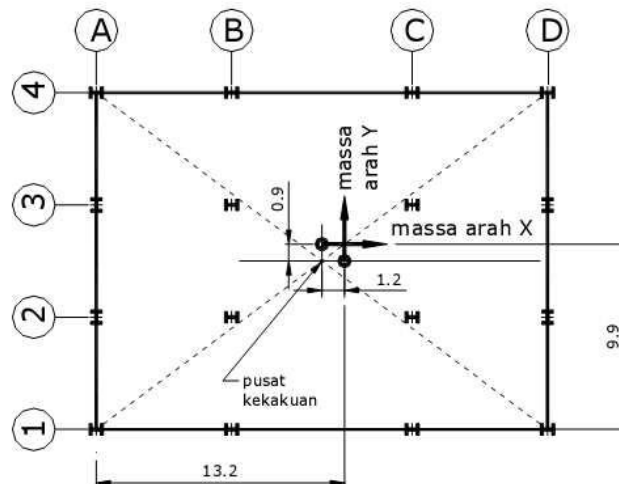
$$\text{Finishing + ME} : 112 \text{ kg/m}^2$$

Beban hidup diambil 250 kg/m^2 yang tergantung dari fungsi lantai (perkantoran). Untuk perhitungan massa bangunan maka beban hidup direduksi 30 %. Dinding penutup bangunan dianggap dari panel kaca dan aluminium maka berat dianggap relatif dapat diabaikan. Berat sendiri struktur secara otomatis diperhitungkan dalam program.

d. Analisa modal

Analisa modal atau eigen value diperlukan untuk mengetahui perilaku dinamis bangunan sekaligus perioda getar alami. Parameter yang mempengaruhi pada analisa modal adalah massa dan kekakuan lateral bangunan.

Dalam perencanaan struktur gedung terhadap pengaruh gempa rencana, eksentrisitas rencana e_d antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus ditinjau baik dalam analisis statik maupun analisis dinamik 3 dimensi. Antara pusat massa dan pusat rotasi lantai tingkat harus ditinjau suatu eksentrisitas rencana e_d . Apabila ukuran horisontal terbesar denah struktur gedung pada lantai tingkat itu, diukur tegak lurus pada arah pembebanan gempa, dinyatakan dengan b , maka eksentrisitas rencana e_d ditentukan sebesar $0.05 b$, dalam hal tersebut nilai e adalah nol karena massa lantai dan konfigurasi strukturnya adalah simetri.



Gambar 3.6 Penempatan masa dengan Eksentrisitas Rencana

e. Konfigurasi pembebanan

e.1. Beban Gempa

Analisis ragam spektrum respon digunakan sebagai simulasi gempa, yaitu memakai Spektrum Respons Gempa Rencana dari SNI-1726-2003, dengan asumsi bahwa bangunan tersebut dibangun di atas tanah sedang dan berada di wilayah 4 dari peta gempa.

Spektrum Respons Gempa Rencana menurut gambar di bawah, nilai ordinatnya dikalikan dengan faktor koreksi I/R , dimana I adalah Faktor Keutamaan ($I=1$), sedangkan R adalah faktor reduksi gempa representatif dari struktur gedung yang bersangkutan

($R=8.5$, portal daktail baja). Dalam hal ini, jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respons gempa menurut metoda ini harus sedemikian rupa, sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus mencapai sekurang-kurangnya 90 %.

Nilai puncak gaya dalam, perpindahan, gaya geser tingkat dan gaya dasar setiap ragam yang ditinjau, dikombinasikan dengan cara CQC (Complete Quadratic Sum of Squares). Untuk memperhitungkan percepatan gempa yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa dalam arah utama dianggap efektif 100% dan dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan tadi dengan efektifitas sebesar 30%. Ketentuan tersebut secara mudah dipenuhi memakai option ETABS/SAP 2000 saat mendefinisikan analisis ragam spektrum respons, sehingga pada saat mendefinisikan kombinasi pembebanan tidak perlu diulang.

Dalam SNI 1726-2003 menyatakan bahwa nilai akhir respons dinamik struktur gedung terhadap gempa nominal Gempa Rencana dalam arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 80% nilai respons ragam yang pertama. Bila respons dinamik struktur gedung dinyatakan dalam gaya geser dasar nominal V , maka persyaratan tersebut dapat dinyatakan menurut persamaan berikut :

$$V \geq 0.8 V_1 \quad (3.1)$$

dimana V_1 adalah gaya geser dasar nominal sebagai respons ragam yang pertama terhadap pengaruh Gempa Rencana menurut persamaan :

$$V_1 = \frac{C_1 I}{R} W_t \quad (3.2)$$

Dimana:

C_1 : nilai Faktor Respons Gempa dari Spektrum Respons Gempa Rencana untuk waktu getar alami pertama T_1

I : Faktor Keutamaan

R : faktor reduksi gempa

W_t : Berat total gedung termasuk reduksi beban hidup.

e.2. Kinerja Batas Layan

Kinerja batas layan bangunan ditentukan oleh simpangan antar tingkat akibat pengaruh Gempa Rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pelelehan baja atau peretakan pada bangunan beton yang berlebihan, disamping untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Simpangan antar tingkat ini harus dihitung dari simpangan simpangan struktur gedung tersebut akibat pengaruh gempa nominal yang telah dibagi faktor skala.

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas layan maka dalam segala hal simpangan antar tingkat yang dihitung dari simpangan bangunan tidak boleh melampaui $0.03/R \cdot$ tinggi tingkat yang bersangkutan atau 30 mm, dan pilih yang nilainya terkecil.

e.3 Kombinasi beban

Kombinasi pembebanan mengacu standar SNI 03-1729-2000 (Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung) dimana ketentuannya sama dengan AISC LRFD 1994, yaitu:

1.4 DL

1.2 DL + 1.6 LL

1.2 DL + 0.5 LL \pm 1.0 Ex \pm 0.3 Ey

1.2 DL + 0.5 LL \pm 0.3 Ex \pm 1.0 Ey

0.9 DL \pm 1.0 Ex \pm 0.3 Ey

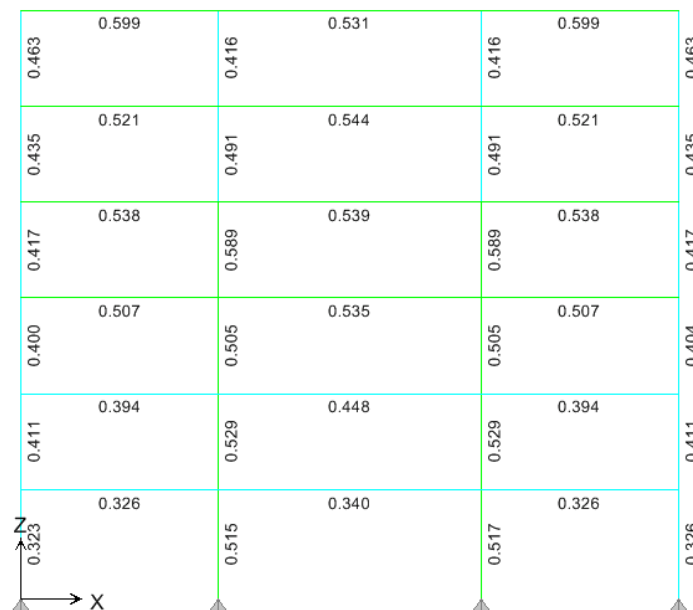
0.9 DL \pm 0.3 Ex \pm 1.0 Ey

f. Hasil perencanaan struktur standard

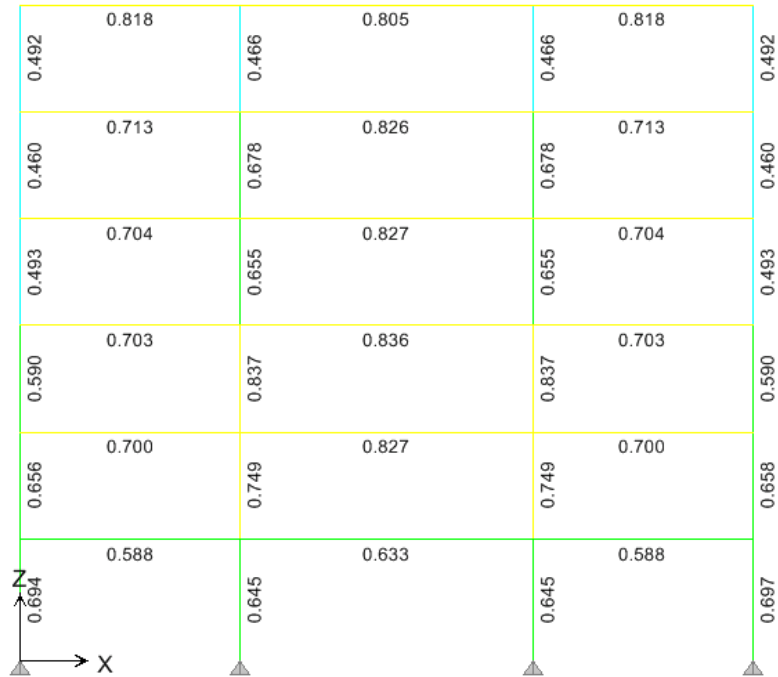
ETABS atau SAP 2000 menyediakan option perencanaan baja berdasarkan code : AISC-ASD 1989, AISC-LRFD 1994, AASHTO-LRFD 1997, CAN/CSA- S16.1-94 1995, BS5950 1990, CEN 1992.

AISC-LRFD 1994 sama dengan standar SNI 03-1729-2000, maka option tersebut dipilih. Hasilnya berupa ratio kuat perlu dibanding kuat nominal dan semuanya cukup (rasio < 1).

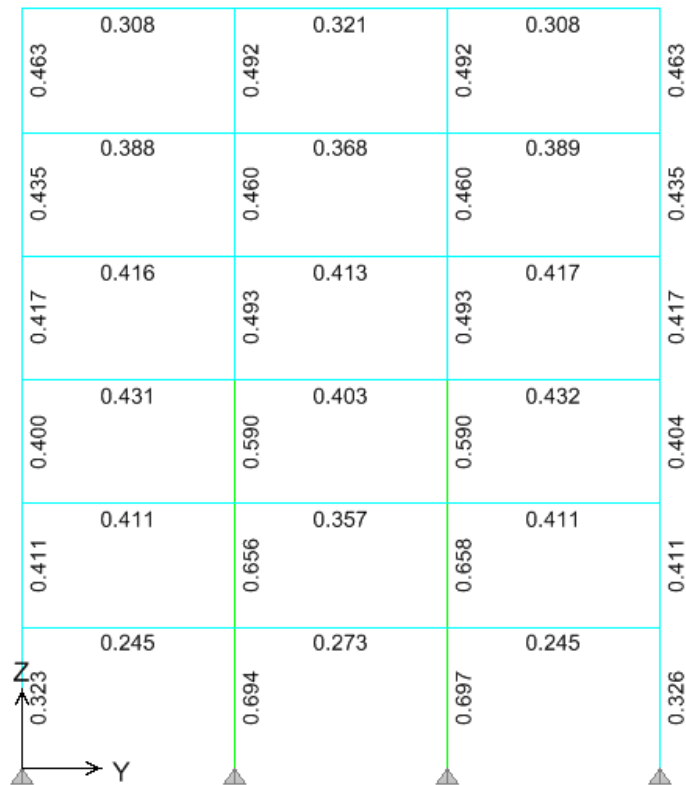
Dari evaluasi diketahui bahwa kombinasi beban gempa berpengaruh pada kolom uktportal tepi, sedangkan kolom-kolom tengah ditentukan dari pembebanan tetap. Selain itu, konfigurasi struktur telah memenuhi persyaratan perencanaan yang biasa.



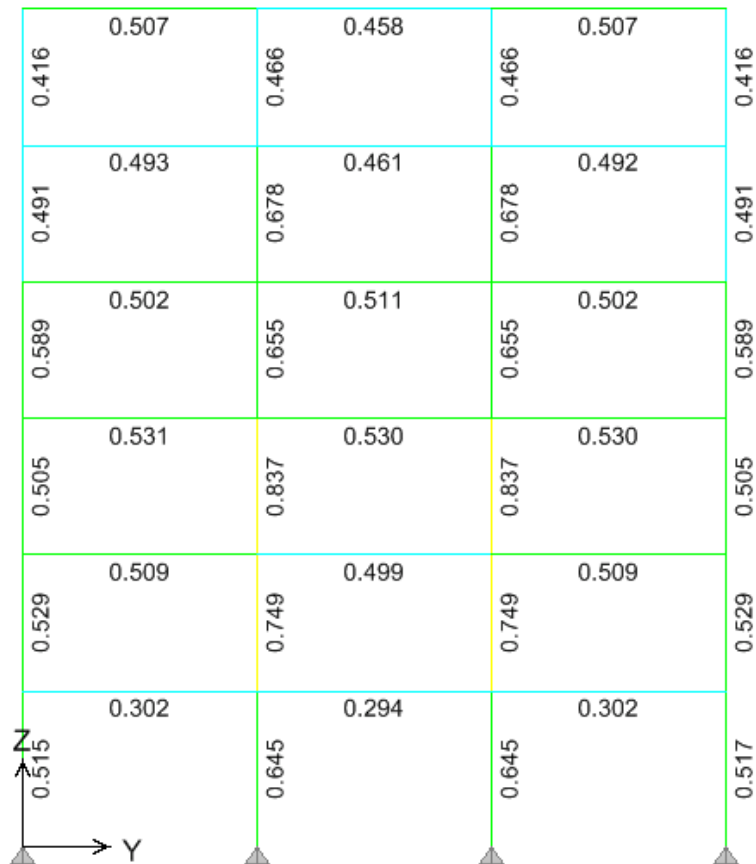
Gambar 3.7 PM Ratio Portal 1 dan 4



Gambar 3.8 PM ratio portal 2 dan 3



Gambar 3.9 PM ratio portal A dan D



Gambar 3.10 Portal B dan C

9. Check List Desain Sipil/Struktur

Dalam menghitung suatu desain, saya sarikan check list berikut ini sebagai panduan umum. Check list ini memuat persyaratan kunci antara lain:

1. Kajian Skedul/Jadwal.
 - Apakah dalam mendesain ada batas jadwal yang harus diikuti.
 - Jika ada, berapa lama dan apakah skedul tersebut wajar untuk mendesain struktur yang dimaksud.
2. Prosentase tahapan penyelesaian desain. Rekomendasinya adalah:
 - Geoteknik dapat dihitung sebagai progress 30%.
 - Desain Sipil dihitung sebagai progress 60%.
 - Desain Struktur dihitung sebagai 90%.

3. Kajian Dokumentasi. Jumlah dokumen hardcopy yang harus diserahkan ke Klien:
 - Proposal proyek. 1 hard copy dari seluruh dokumen per kajian.
 - Detail desain. 1 paket dokumen lengkap per kajian.
4. Cakupan Pekerjaan (scope of work/SOW):
 - Apakah SOW sudah tercakup dalam paket perhitungan.
5. Kajian Dokumen-Dokumen. Apakah semua dokumen yang diperlukan, termasuk paket perhitungan, telah disetujui oleh Klien. Misalnya:
 - Dokumen Sipil
 - Dokumen Geoteknik.
 - Dokumen Struktur. Dalam hal ini tidak termasuk shop drawing dan MTO. Kedua jenis dokumen ini tidak perlu di serahkan kepada Klien.
6. Index Gambar. Apakah index gambar sesuai dengan penomoran administrasi yang disepakati dengan Klien. Misalnya:
 - Index A – Rencana tapak (plot plan).
 - Index B – Konstruksi Bangunan (Building)
 - Index C – Konstruksi Beton
 - Index D – Arsitektural
 - Index E – Struktur Baja
7. Penyelesaian Paket Desain. Apakah paket desain telah komplit. Misalnya:
 - Gambar Tapak, konstruksi beton termasuk pondasi, struktur baja, konstruksi sipil/drainase, gambar arsitektur bangunan kilang dll.
 - Perhitungan beton termasuk desain pondasi, perhitungan seluruh struktur baja termasuk pipe support, perhitungan bangunan tahan ledakan (blast resistant building) dll.
8. Satuan. Apakah perhitungan menggunakan SI metric ataukah Imperial Unit.
9. Simbol-simbol. Apakah desain struktur baja dan sipil memiliki kesamaan notasi atau nomenklatur dengan AISC Steel Manual dan Code ACI 318 atau SK SNI.
10. Persamaan. Apakah seluruh persamaan yang dipakai dalam perhitungan desain cukup jelas?

11. Asumsi. Apakah dasar asumsi telah secara benar dipergunakan dan memiliki dasar teknis yang bisa dipertanggungjawabkan.
12. Parameter. Apakah nilai-nilai parameter yang dipergunakan perlu dijustifikasi?
13. Kandungan Perhitungan. Apakah dokumen perhitungan telah mengandung seperti hal berikut ini:
 - Nama pembuat (Originator).
 - Nama pemeriksa (Checker).
 - Judul yang menggambarkan isi perhitungan.
 - Tanggal perhitungan dibuat.
 - Daftar isi.
 - Daftar Code dan referensi.
 - Gambaran umum metodologi perhitungan.
 - Kriteria desain.
 - Pembebanan dan turunannya.
 - Sketsa/gambar untuk imaji perhitungan.
 - Perhitungan tersendiri, manual, untuk sambungan khusus termasuk momen sambungan balok/kolom (khususnya perhitungan struktur baja).
14. Perhitungan Komputer. Apakah perhitungan telah memenuhi, paling tidak, seperti hal dibawah ini:
 - Input data program sudah diperiksa untuk memastikannya benar.
 - Pemodelan computer ditampilkan dan menunjukkan penomoran joint dan member, kondisi support dan pembebanan.
 - Output hasil perhitungan bersama input yang berkaitan.
 - Lembar rangkuman hasil analisa setelah dipilih dari output computer.
 - Rekaman/salinan hasil perhitungan dalam bentuk CD.
15. Jika memakai STAAD III/Pro, input computer – parameter desain:
 - Apakah faktor K_z dan K_y (rasio efektif panjang kolom) telah diinput dalam parameter desain.
 - Apakah factor L_z dan L_y (panjang bebas/tak terkekang dalam local z dan axis y) telah diinput untuk menghitung rasio slenderness kolom.

- Apakah balok UNL (panjang bebas/unbraced length) telah diinput untuk menghitung kuat ijin tekan balok.
16. Kajian Resiko. Apakah kajian resiko telah dibuat untuk bangunan kilang. Jika sudah, apakah telah diserahkan kepada Klien.
17. Desain Bangunan. Apakah SOW juga mencakup tipe bangunan kilang yang harus didesain. Misalnya:
- Bangunan biasa.
 - Bangunan tahan ledakan (blast resistant building). Apakah data sheet untuk persyaratan desain bangunan jenis ini telah ada?
 - Pre-Engineered Building (PEB). Apakah data sheet juga telah tersedia.
 - Struktur bermacam bangunan sipil.
18. Material yang dipergunakan. Apakah telah ditentukan jenis material yang akan digunakan. Misalnya material untuk desain:
- Konstruksi baja.
 - Konstruksi beton.
 - Dinding blok penahan beban.
 - Kombinasi antara beton dengan baja (komposit).
 - Pre cast dan beton Pre Stress
 - Lain-lainnya sesuai tujuan desain.
19. Stabilitas Struktur. Apakah bangunan struktur cukup memiliki kestabilan lateral dan longitudinal melalui:
- Kekakuan rangka momen sambungan (struktur baja).
 - Rangka terkekang (struktur baja).
 - Kombinasi antara kekakuan dan rangka terkekang.
 - Sistem sambungan yang lain.
20. Slab atap bangunan kilang/lantai. Tentukan jenis slab yang dipakai. Misalnya:
- One-way concrete slab.
 - Two-ways concrete slab.
 - Komposit antara decking beton slab termasuk shear connector jika memakai struktur komposit balok baja.
 - Non-komposit decking slab beton.
 - Slab yang ditunjang oleh balok baja.

- Slab yang ditunjang oleh rangka (truss) atau joist system.
21. Ketebalan Slab. Apakah nilai defleksi telah diperiksa untuk memastikan nilai minimum ketebalan slab sesuai persyaratan di ACI.
 22. Tipe Pondasi Bangunan. Apakah telah ditentukan jenis pondasi yang akan dipergunakan. Contohnya:
 - Pondasi sebaran (spread footing).
 - Pondasi kombinasi.
 - Pondasi lajur (strip footing).
 - Pondasi rakit (raft/mat footing).
 - Dan lain sebagainya.
 23. Detail Bangunan Kilang. Apakah telah cukup tersedia detail tampak (plan), elevasi dan potongan di dalam gambar yang menampakkan detail struktur bangunan?
 24. Grade Material Baja. Apakah grade/kelas material baja telah sesuai dengan spesifikasi yang dipersyaratkan.
 25. Sambungan Konstruksi Baja. Apakah material sambungan-sambungan balok/kolom/bracing telah sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan.
 26. Material Anchor Bolts dan Base Plate. Apakah jenis material anchor bolts dan base plate sudah sesuai yang dipersyaratkan? Termasuk pemeriksaan detail-detail bentuk atau tipenya.
 27. Metal Decking (pada slab). Apakah technical properties metal decking yang digunakan untuk struktur slab baik lantai maupun atap telah diperiksa. Termasuk didalam pemeriksaan adalah gambar-gambar yang disediakan.
 28. Grating. Apakah grating didesain untuk menahan beban hidup dan beban lalu lintas (orang dan barang) diatasnya? Periksa juga system sambungan/perletakan grating.
 29. Rangka Batang Atap ataupun Lantai.
 - Apakah detail sambungan rangka batang (di las atau dibaut) telah diperlihatkan digambar.
 - Apakah batang-batang tersebut didesain untuk menahan gaya-gaya actual yang terjadi.

- Apakah ikatan dasar rangka (truss bottom chord) telah dikeang secara benar.
 - Pemeriksaan yang sama juga harus dilakukan untuk splice struktur baja.
30. Lengan (jib) Crane. Apakah lengan crane telah didesain untuk menahan beban yang diaplikasikan pada saat posisi lifting (pengangkatan) dalam posisi jarak penuh (full range). Termasuk pemeriksaan defleksi/lendutan (termasuk kolom penopang) dan eksentrisitas beban yang dapat menyebabkan tekuk major dan minor serta torsi pada kolom.

D. Aktifitas Pembelajaran

Kegiatan belajar mengajar agar penguasaan materi baja yang diampu dapat tercapai dengan:

- Menerangkan kepada siswa tentang ketentuan asumsi dan parameter dasar dalam mendesain baja menggunakan *software*
- Memastikan semua siswa/peserta didik mendapatkan kesempatan yang sama untuk berpartisipasi aktif dalam kegiatan belajar mengajar misalnya dalam bertanya, mengungkapkan pendapat dan berdiskusi.
- Melakukan proses pembelajaran dengan membantu siswa mengembangkan potensinya dan mengatasi kekurangannya.
- Siswa telah memahami ketentuan dasar dalam memakai program desain baja
- Memberikan materi dan tugas mengenai perencanaan program menggunakan *software*
- Melakukan penilaian secara rutin pada siswa dalam menyelesaikan tugas yang diberikan.

Kegiatan Pengamatan.

1. Amatilah Gambar berikut ini



Gudang menggunakan Profil Span Beam dan Column menggunakan WF 350.350.9 dengan lebar bentang 16 meter, tinggi kolom 6 meter, sudut kemiringan span beam 30° selanjutnya kontrol apakah Konstruksi tersebut aman atau tidak.

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Jelaskan tujuan perhitungan konstruksi baja !
2. Sebutkan parameter-parameter yang harus diperhatikan dalam perhitungan konstruksi baja !
3. Jelaskan hal-hal yang perlu diperhatikan dalam membuat perhitungan konstruksi baja dengan menggunakan computer!

F. Rangkuman

1. Tujuan utama dari perhitungan adalah untuk memperoleh desain yang aman dan ekonomis
2. Unit dan satuan yang digunakan dalam perhitungan memakai satuan Internasional (SI)/Metric
3. Simbol-simbol yang dipergunakan dalam desain struktur harus memiliki konotasi yang sama terhadap AISC Manual of Steel Construction

4. Nilai-nilai parameter yang telah diterima secara umum tidak perlu dijustifikasikan, kecuali parameter yang bersifat spesifik

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Pada saat ini umpan balik yang melibatkan guru dapat dilakukan sebagai berikut :

- 1) Beri kesempatan siswa untuk memberikan jawaban atau untuk didiskusikan dengan teman temannya. Komentar yang datang dari berbagai pihak sehingga terjadi pembicaraan antara guru dengan siswa, dan siswa dengan siswa. Dengan diskusi semacam ini, siswa yang bertanya akan mengetahui bagaimana cara pemecahannya.
- 2) Akan lebih baik bila guru menguasai salah satu program desain baja seperti SAP 2000 atau pun program lainnya yang sejenis
- 3) Memulai pengenalan dasar segera terhadap salah satu program desain struktur baja, dimulai dengan program sederhana.

Kegiatan Pembelajaran 4

Merancang Gambar Konstruksi Baja

A. Tujuan

Peserta Diklat mampu Merancang gambar konstruksi baja.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Peserta Diklat mampu Menganalisis gambar arsitektur, gambar rencana, gambar kerja (shop drawing) dan gambar pelaksanaan (as built drawing).

C. Uraian Materi

Definisi

Gambar Arsitektur, Gambar Rencana, Gambar Kerja (Shop Drawing) dan Gambar Pelaksanaan (As built Drawing)

I. **Gambar Arsitektur**

Secara umum, menurut fungsi dan tujuannya gambar dalam arsitektur dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu:

a. **Jenis Gambar Arsitektur**

1. Gambar Presentasi

Gambar presentasi atau gambar arsitektur memang dibuat untuk keperluan *showcase*. Oleh sebab itu, ia sengaja dibuat tampak seindah mungkin.

Bahkan, tak jarang gambar ini mendapat sentuhan efek dramatis agar lebih tampak impresif. Tujuannya, tentu agar menarik perhatian dan menunjukkan pesona dari arsitektur itu sendiri.

Meskipun demikian, aspek informatif dari gambar tetap harus diperhatikan, karena gambar arsitektur tidak sama dengan lukisan yang cukup indah saja, tapi harus bersifat informatif juga bagi yang mengamati. Misalnya gambar denah, meskipun dalam denah presentasi tidak selalu jelas menampilkan, misalnya, posisi kolom atau material dinding, gambar tersebut tetap harus dapat menunjukkan dengan baik jenis ruang, sirkulasi, dsb.

Gambar presentasi dibedakan atas 2 bagian yaitu : Render dan Sketch



Gambar 4.1 Contoh Render



Gambar 4.2 Contoh Sketch

2. Gambar Teknik

Sesuai namanya, gambar teknik atau gambar konstruksi memuat informasi-informasi teknis suatu bangunan dengan lebih mendetail, misalnya material yang dipakai, konstruksi sambungan, posisi kolom-balok, *plumbing* (perpipaan), kelistrikan, dsb. Gambar seperti ini dipakai sebagai pedoman pelaksanaan pembangunan di lapangan. Karena fungsinya demikian, tidak seperti halnya gambar presentasi yang memang mengedepankan keindahan, gambar teknik sangat menekankan ketepatan dan kelengkapan gambar.



Gambar 4.3 Gambar Persentasi

b. Macam-Macam Gambar Arsitektur

Gambar arsitektur sendiri ada bermacam, seperti denah, tampak, potongan, *site plan*, & *lay out*. Berikut adalah penjelasan mengenai gambar-gambar tersebut beserta pengertian atau definisinya.

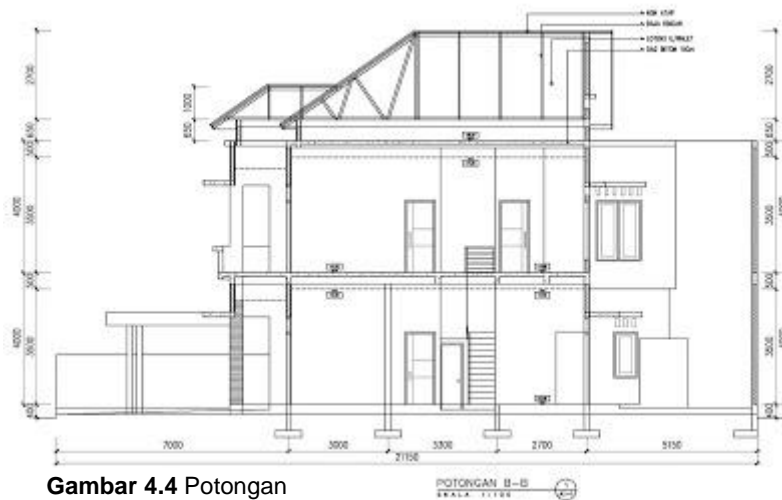
1. Denah

Denah adalah tampak atas bangunan yang seolah-olah dipotong secara horizontal setinggi 1m dari ketinggian 0.00 bangunan tersebut. Bagian atas bangunan yang terpotong dihilangkan sehingga bagian lantainya yang terlihat. Level (ketinggian) 0.00 ditentukan oleh arsitek.

Pada gambar denah presentasi, ada yang menggambar bagian dinding yang terpotong dengan diblok warna hitam, sementara kolom diberi warna putih atau warna kontras lain untuk pembedaan. Ada juga yang menggambar dinding hanya dengan satu warna saja. Sementara, pada gambar teknik, karena digunakan untuk pekerjaan lapangan, bagian yang terpotong tersebut perlu dilengkapi dengan notasi material sebagai pedoman pengerjaan. Untuk teknik penggambaran, bagian denah yang “terpotong” tadi digambar dengan garis yang lebih tebal, sisanya digambar menggunakan garis yang lebih tipis.

Fungsi denah sendiri antara lain untuk menunjukkan:

- fungsi ruang
- susunan ruang
- sirkulasi ruang
- dimensi ruang
- letak pintu dan bukaan
- isi ruang
- fungsi utilitas ruang (air, listrik, AC, dll.) pada denah-denah tertentu



Gambar 4.4 Potongan

2. Layout

Secara prinsip, *lay out* kurang lebih sama dengan denah, hanya saja ia digambarkan mencakup area yang lebih luas. Jadi, tidak hanya menampilkan bangunan, gambar *lay out* juga dilengkapi dengan lingkungan sekitar bangunan seperti misalnya taman, jalan, dan bangunan-bangunan tetangga.

3. Kawasan

Gambar *layout* yang cakupannya sangat luas melebihi kota/desa/wilayah.

4. Site Plan

Site plan merupakan tampak atas bangunan beserta lingkungan sekitarnya.

5. Tampak

Gambar tampak adalah gambar yang menekankan pada permukaan luar yang vertical atau dari arah pandang frontal dimana bentuk objek-objek digambar secara duadimensi dan dilihat dari luar bangunan

5.1 Tujuan dari gambar tampak:

Untuk mengkomunikasikan tampak luar atau eksterior suatu benda/bangunan secara keseluruhan dari sudut pandang tertentu.

5.2 Fungsi –fungsi gambar tampak:

Gambar tampak berfungsi yaitu untuk menunjukkan :

1. dimensi bangunan
2. proporsi
3. gaya arsitektur
4. warna dan material
5. estetika

5.3 Kegunaan gambar tampak:

1. digunakan pada blueprint suatu bangunan
2. pada brosur-brosur perumahan

5.4 Kelebihan gambar tampak:

1. lebih jelas menjelaskan proporsi
2. lebih detail dan menampakkan seluruh bidang
3. desain eksterior lebih terlihat jelas

5.5 Keurangan gambar tampak:

1. Gambar terlihat datar dimana gambar kurang menunjukkan kedalaman suatu bangunan
2. tidak menampilkan informasi apapun tentang interior bangunan
3. tidak menunjukkan struktur bangunan

Wujud luar fisik bangunan yang tampak secara dua dimensi. Gambar tampak dapat digambar secara *plain* atau ditambah efek bayangan untuk mempertegas dimensi atau maju mundurnya bidang pada bangunan.

Arah pandang untuk gambar tampak sendiri tidaklah pasti. Bisa disesuaikan arah mata angin (tampak utara, tampak timur, dll.) atau sesuai *view* tertentu seperti tampak dari danau, tampak dari jalan raya,

dsb. Selain itu bisa juga hanya dinamai tampak A, tampak B, dst. sesuai keinginan arsitek yang ditentukan juga pada denah.

6. Potongan

Gambar dari suatu bangunan yang dipotong vertikal dan memperlihatkan isi atau bagian dalam bangunan tersebut. Bagian bangunan yang dipotong serta arah pandangnya disertakan dalam denah agar gambar keseluruhan dapat dibaca secara komprehensif.

Fungsi potongan antara lain untuk menunjukkan:

- Struktur bangunan
- Dimensi tinggi ruang

Untuk kriteria penggambaran, menggambar potongan prinsipnya kurang lebih sama dengan denah, yakni bagian yang terpotong digambar dengan garis tebal dan diberi notasi material bila merupakan gambar kerja.

Potongan umumnya digambar secara dua dimensi. Namun, ada juga yang disebut potongan ortogonal, yaitu gambar potongan yang berkesan tiga dimensi karena digambar dengan teknik gambar perspektif satu titik lenyap yang diletakkan di dalam bangunan.

II. Gambar Perencanaan

Sebuah perencanaan dalam kegiatan apapun merupakan satu hal yang penting. karena dengan adanya perencanaan maka kegiatan yang dilakukan akan dapat lebih terukur dan mudah untuk dievaluasi. karena itu ada satu ungkapan yang menyebutkan bahwa perencanaan yang baik adalah separuh dari kemenangan.

Begitu pula sama halnya dengan kita ketika akan membangun rumah. perencanaan menjadi bagian penting yang tidak boleh dilewatkan. dengan adanya perencanaan maka kita akan mempunyai guideline atau panduan ketika membangun rumah. perencanaan ketika membangun rumah secara sederhana meliputi perencanaan desain rumah dan rencana anggaran biaya (RAB).

Salah satu aspek desain rumah adalah gambar perencanaan. gambar perencanaan ini dapat disebut juga gambar kerja/bestek. Gambar kerja ini memuat informasi detail mengenai fisik bangunan yang akan kita bangun seperti:

1. Rencana denah, pondasi, atap, titik lampu, saluran sanitasi, dll
2. Gambar tampak rumah (depan, belakang, kanan, kiri), gambar potongan (melintang dan memanjang).
3. Gambar detail sebagai informasi tambahan untuk konstruksi.

Kesemuanya gambar perencanaan diatas tentu akan sangat berguna untuk tahapan pelaksanaan pembangunan rumah. sesungguhnya gambar perencanaan atau gambar kerja mempunyai standar yang relatif baku. sehingga untuk membaca gambar perencanaan atau gambar kerja tidak harus seseorang yang mempunyai keahlian khusus seperti lulusan teknik sipil ataupun arsitek. keahlian membaca gambar perencanaan atau gambar kerja bisa didapatkan dengan cara otodidak.

III. **Gambar Kerja (*Shop Drawing*)**

Shop Drawing dikerjakan oleh kontraktor untuk mendetailkan gambar arsitek agar sesuai dengan spek -spek/bahan yang ada dilapangan yang mau dipakai dalam proyek, atau menjelaskan apakah persepsi arsitek dan pelaksana sama dalam intepetasi gambar, so yang pertama DED atau design engineering drawing (Perencana), kedua Shop Drawing (Kontraktor) & Ketiga Asbuilt Drawing (Kontraktor) yang merupakan kumpulan dari Shop Drawing yang telah sesuai dengan lapangan dan telah ditata rapi

Maka gambar kerja adalah gambar teknis lapangan yang digunakan sebagai acuan pelaksanaan suatu pekerjaan. Secara Umum, shop drawing adalah gambar yang siap untuk diimplementasikan di lapangan.

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

perlindungan kebakaran, dan listrik. Shop Drawing biasanya Menampilkan Lebih detail dari dokumen konstruksi. model shop drawing biasanya sangat berbeda dari gambar arsitek. Dikutip Dari Wikipedia.com

Dalam Membuat shop drawing haruslah memperhatikan dan memahami kemampuan pengguna agar nantinya gambar shop drawing tidak akan menyulitkan pengguna dalam memahami dan dapat menghindari terjadinya kesalahan pelaksanaan serta kesalahan persepsi. Gambar shop drawing merupakan sebuah media komunikasi yang efektif antara design dan pelaksanaan. Oleh karna itu gambar shop drawing harus dibuat dengan tingkat detail yang lebih baik.

a. Kriteria Gambar Shop Drawing

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

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

b. Kendala Gambar Shop Darwing

Kendala Yang terjadi Dalam Gambar ShopDarwing. Dalam pelaksanaannya adalah sebagai berikut :

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

harus ada secara sistem tapi tidak tergambar, maka perlu klarifikasi dengan pihak MK atau perencana,

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

IV. As Built Drawing

Walaupun rasanya as built drawing itu sederhana, tapi ternyata tidak sedikit yang menyalah-artikan atau membuat rumit ketentuan dalam membuat atau memproses gambar ini. Terdapat beberapa referensi mengenai *As built Drawing*, yaitu :

- Gambar-gambar yang sesuai dengan pelaksanaan di lapangan.(www.bppk.depkeu.go.id)
- Gambar aktual pelaksanaan setelah proses pekerjaan lapangan selesai dilaksanakan. (www.bppk.depkeu.go.id)
- *The final set of drawings produced at the completion of a construction project* (www.wisegeek.com)

- *Revised set of drawing submitted by a contractor upon completion of a project or a particular job. They reflect all changes made in the specifications and working drawings during the construction process, and show the exact dimensions, geometry, and location of all elements of the work completed under the contract. Also called record drawings or just as-builts. (www.businessdictionary.com)*
- *It is common for the client to require that as-built drawings are prepared, either during the construction process or when construction is complete, to reflect what has actually been built. The contractor will generally mark up changes to the 'final construction issue' drawings on-site using red ink, and these can then be used by the consultant team to create record drawings showing the completed project. This information may be supplemented by as-built surveys. (www.designingbuildings.co.uk)*

Dari beberapa referensi di atas, definisi As Built Drawing adalah cukup sederhana, yaitu gambar yang dibuat sesuai kondisi terbangun di lapangan yang telah mengadopsi semua perubahan yang terjadi (spesifikasi dan gambar) selama proses konstruksi yang menunjukkan dimensi, geometri, dan lokasi yang aktual atas semua elemen proyek. Tujuan gambar ini adalah sebagai pedoman pengoperasian bangunan yang dibuat dari shop drawing dimana telah mengadopsi perubahan yang dilakukan pada saat konstruksi dimana perubahan tersebut ditandai secara khusus. As Built Drawing dibuat oleh kontraktor dengan persetujuan Penyedia Jasa / Owner melalui proses cek oleh konsultan pengawas.

Dengan tujuan pedoman pengoperasian, tentu saja As Built Drawing tidak perlu sedetil shop drawing yang tujuannya adalah untuk dasar membangun yang dituntut harus detil. spek penting yang harus diperhatikan adalah tujuan komunikasi kedua gambar tersebut. Shop Drawing bertujuan untuk informasi lengkap bagaimana membangun, sedangkan As Built Drawing bertujuan untuk informasi pedoman pengoperasian. Contoh pada gambar penulangan balok, kadang diperlukan detil penyaluran tulangan atau pembengkokan tulangan pada semua balok. Tapi gambar ini cukup diganti dengan standart drawing. Tingkat

detil kedua gambar, ditentukan dari tujuan informasi atas fungsi kedua gambar tersebut.

Namun demikian, selalu ada saja yang keliru dalam mempersepsikan gambar ini. Beberapa kasus nyata berdasarkan pengalaman disebutkan di bawah ini:

- As Built Drawing menjadi bagian item progress pekerjaan dengan bobot tertentu. Kasus ini kadang terjadi. Jelas merupakan hal yang keliru karena As Built Drawing dikerjakan ketika pekerjaan telah selesai. Jika dianggap bagian dari pekerjaan, maka progress akan sulit mencapai 100%. Membuat As Built Drawing sendiri membutuhkan waktu yang tidak sedikit. Akibatnya proses mencapai progress 100% akan molor cukup jauh.
- As Built Drawing hanya disetujui jika seluruh dokumen konstruksi telah lengkap. Kasus ini terjadi karena mencampur adukkan antara proses konstruksi dan pasca konstruksi. Adalah benar bahwa dalam pelaksanaan konstruksi harus disertai dengan kelengkapan dokumen pendukung. Tapi hal ini bukan menjadi syarat approval As Built Drawing karena gambar ini hanyalah record hasil pekerjaan.
- Gambar pabrik seperti pompa, mesin, panel diminta As Built Drawing-nya. Barang yang dibeli jadi (bukan dibuat) bentuknya bukan detil shop drawing atau As Built Drawing, melainkan katalog / manual book yang telah disediakan oleh pabrik. Kesalahan persepsi dimana semua harus dibuat As Built Drawing terjadi akibat kekeliruan memahami makna komunikasi dokumen proyek. Adanya manual book yang dikeluarkan oleh pabrik tentu lebih rinci sedemikian tidak perlu digambar ulang. Dengan adanya manual book pada elemen proyek seperti itu, maka penggambaran pada As Built Drawing dapat disederhanakan dengan bentuk simbol alat yang telah baku dan tidak perlu didetilkan.

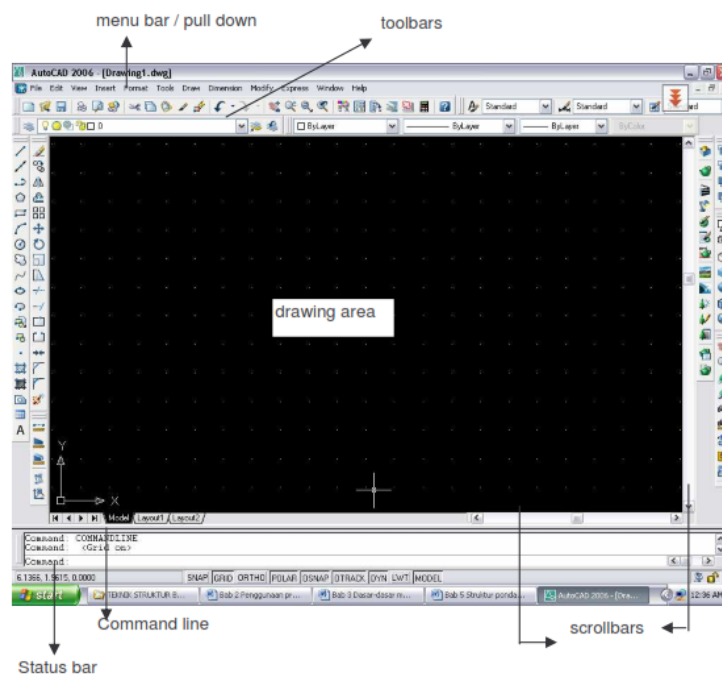
V. Aplikasi program Autocad dalam Teknik Bangunan

CADD merupakan sistem komputer yang memberikan kemudahan dalam proses penggambaran maupun perencanaan dan perancangan melalui otomatisasi yang dimilikinya. CADD juga menggantikan tugas-tugas yang membosankan dan memakan waktu lama, misalnya pengulangan gambar dalam jumlah besar. CADD juga menawarkan kecermatan dan ketepatan gambar yang tinggi,

kemampuan memperbesar (*zooming*) yang tidak terbatas, sehingga memudahkan kita melihat bagian-bagian gambar dengan cepat dan tepat. Salah satu software CADD dikeluarkan perusahaan Autodesk bernama AutoCAD.

1. Menjalankan Program AutoCad

Untuk menjalankan AutoCAD, mula-mula klik tombol 'Start' pada sudut kiri bawah tampilan Windows, kemudian arahkan kursor pada item 'All Programs' dan pilihlah Autodesk AutoCAD. Tampilan AutoCAD yang pertama kali atau disebut *AutoCAD Screen* akan muncul seperti pada gambar 4.5 baik pada saat memulai suatu file baru maupun membuka file yang telah ada.



Gambar 4.5 Interface Program AutoCad

Keterangan :

- **Command Window / Command Line**, adalah tempat memasukkan perintah melalui *keyboard* dan melihat pesan-pesan atau penuntun tiap perintah yang diberikan oleh AutoCAD. Command Line ini dapat diubah ukuran dan letaknya sesuai dengan kemauan kita.
- **Status Bar**, selalu terletak di sebelah bawah dari menu AutoCAD, menunjukkan informasi koordinat dan setting yang bekerja pada saat kita menggambar seperti *grid*, *snap*, dan *model/paperspace*

- **Drawing Area**, merupakan area tempat kita menggambar atau mengedit gambar.
- **Scrollbars**, untuk menggeser tampilan, baik secara vertikal maupun horisontal.
- **Menu Bar**, berisi *pull-down menus*, yang dapat diaktifkan dengan menggerakkan kursor menuju menu bar dan menentukan pilihan dengan menekan tombol kiri mouse. Ketika anda memilih salah satu menu, menu tersebut akan memperlihatkan berbagai pilihan dimana anda dapat memilih satu dari berbagai pilihan tersebut.
- **Floating Toolbar**, merupakan menu atau perintah yang berbentuk gambar. Ketika kursor terletak di atas gambar, akan tampil keterangan perintah dari gambar tersebut. Jika pada gambar tersebut terdapat tanda segitiga di sebelah kanan bawah (*flyout indicator*), hal itu menandakan gambar tersebut mempunyai gambar atau perintah berikutnya (*sub-command*).
- **Cursor Menu**, merupakan menu yang tampil jika kita menggabungkan tombol keyboard dengan tombol mouse, misalnya Shift + tombol kanan mouse untuk menampilkan *Object Snap Mode* dan *Filters Menu*
- **Dialogue Boxes**, merupakan tampilan pendukung perintah yang kita masukkan melalui keyboard atau melalui menu pick
- **Crosshairs Cursor**, merupakan alat gambar dan alat pemilih objek
- **UCS Icon**, merupakan tanda letak bidang gambar

2. Memulai gambar baru dan membuka gambar yang sudah ada

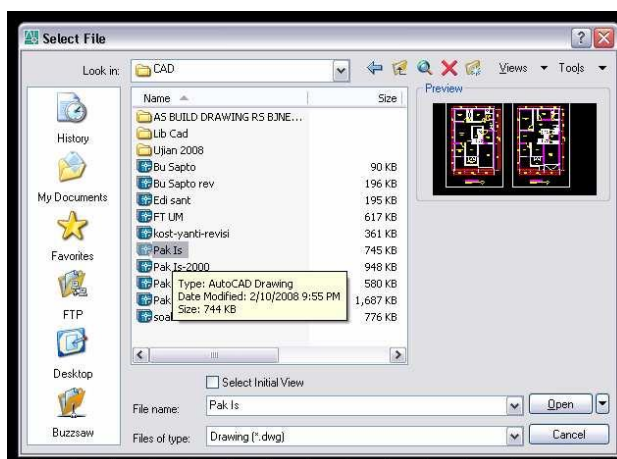
Dengan menggunakan perintah 'File-New' pada menu bar, kita dapat memulai gambar baru dengan beberapa alternatif :

- Menggunakan setting yang sudah ada (*use a wizard*)
- Menggunakan setting pada basic unit dan area (*limits*) – (*Quick Setup*)
- Menggunakan *setting* lengkap (*advanced setup*) pada basic unit, sudut, arah, block dan border pada paperspace dan modelspace, pola dasar (*template*), serta satuan standar ukuran pada sistem metrik atau Inggris (*english/metric*)



Gambar 4.6 Kotak dialog pilihan *template*

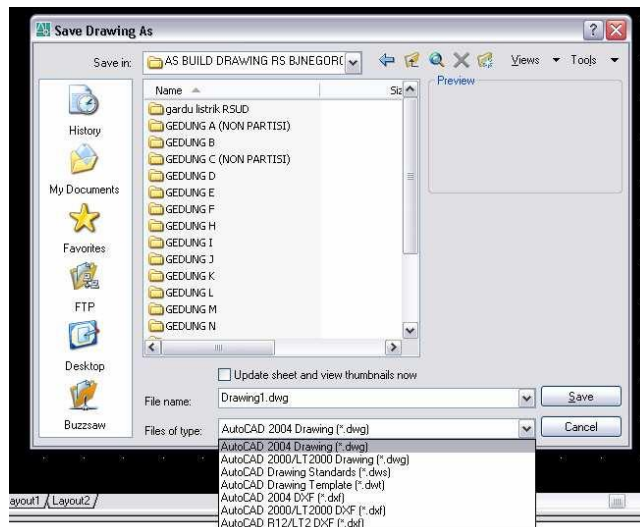
Dengan menggunakan perintah 'File-Open' pada menu bar, kita dapat memanggil gambar yang sudah ada dengan melihat kotak dialog seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.7 Kotak dialog untuk pilihan file yang akan dibuka

3. Menyimpan Gambar

Perintah 'File-Save' atau 'qsave' pada command line, membutuhkan nama file dan menyimpan dengan nama tersebut. Jika sudah memiliki nama file pada saat memulai file baru, perintah ini akan menyimpan file yang dibuat secara otomatis.



Gambar 4.8 Kotak dialog untuk menyimpan gambar

4. Keluar dari Auto-CAD

Klik 'File-Exit' atau ketikkan 'quit' pada command line atau klik pada tanda silang di sudut kanan atas layar Command : quit (enter). Pada layar akan tampil menu yang memberi pilihan pada kita untuk menyimpan, mengabaikan, atau membatalkan perintah.

Keterangan :

- save changes : menyimpan gambar
- discard changes : mengabaikan penyimpanan
- cancel command: membatalkan perintah untuk keluar

5. Perintah Menggambar (draw)

Beberapa perintah yang banyak digunakan untuk gambar konstruksi bangunan, antara lain:

5.1 Menggambar Garis (Line)

Garis merupakan objek paling dasar dalam AutoCAD. Kita dapat membuat bermacam-macam garis seperti : *single line*, *multiple line*, *segments*, *multiple parallel lines*, dan *freehand sketch lines*. Secara umum kita dapat menggambar garis dengan spesifikasi koordinat dalam besaran panjang dan arahnya.

command : LINE (enter)

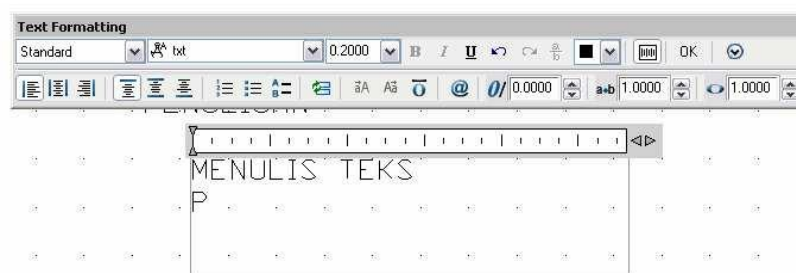
From point : tentukan titik awal garis (klik)

To point : tentukan titik berikutnya (klik)

To point : tentukan titik berikutnya (klik), bila selesai, tekan enter untuk menghubungkan titik akhir dari proses pembuatan line dengan titik awal proses tersebut, kita cukup mengetikkan 'C' pada prompt 'To point :' tersebut.

5.2 Membuat Text (Teks)

Teks dapat dibuat atau ditambahkan dalam gambar melalui perintah 'Text', 'Dtext', dan 'Mtext'. Teks dapat dibuat dengan berbagai macam tipe dan ukuran huruf, seperti dalam gambar ini



Gambar 4.9 Toolbar format teks dan area penulisan teks

command : TEXT (enter)

Start point or Align/Center/Fit/Middle/Right/Style : tentukan titik awal penulisan atau sifat rata text (tengah, kiri, kanan, atau kiri-kanan) (enter)

Rotation angle <0> : tentukan sudut kemiringan text (enter)

Text : ketikkan text yang dimaksud (enter)

Perintah Mtext digunakan untuk membuat paragraf teks seperti pada *Word Processor* pada umumnya, dimana dapat dilakukan format teks, menentukan jenis huruf, copy, cut, dan paste. Pada gambar AutoCAD, Mtext ditampilkan dalam kotak persegi empat dimana kotak tersebut tidak akan tampil ketika dicetak/diplot.

5.3 Menggambar Circle (Lingkaran)

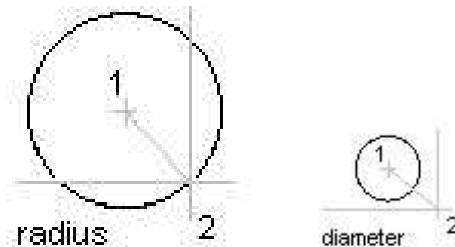
Terdapat lima cara pembuatan lingkaran :

- center, radius
- center, diameter
- 3P (3 point)
- 2P (2 point, dimana kedua titik merupakan diameter lingkaran)
- TTR atau Tangent Tangent Radius, dimana Tangent adalah titik singgung

command : CIRCLE (enter)

3p/2p/TTR/<Center point> : tentukan titik pusat lingkaran (klik)

Diameter/<Radius> : tentukan jari-jari lingkaran (enter)



Gambar 4.10 Teknik menggambar lingkaran

5.4 Menggambar Ellipse

Elips yang kita buat dapat berbentuk utuh (*full ellipse*) dan busur elips.

Elips terbuat dari tiga acuan, yaitu

- *mid point of first axis* atau titik pusat elips
- *end point of first axis* atau jarak antara dua ujung sumbu elips pertama
- *distance* atau setengah jarak antara dua ujung sumbu elips kedua atau dengan :
 - major axis* atau sumbu utama elips
 - minor axis* atau sumbu kedua elips

command : ELLIPSE (enter)

<Axis and point 1>/Center : pilih C (enter)

Center of ellipse : tentukan titik pusat elips (klik)

Axis end point : tentukan panjang sumbu pertama (enter)

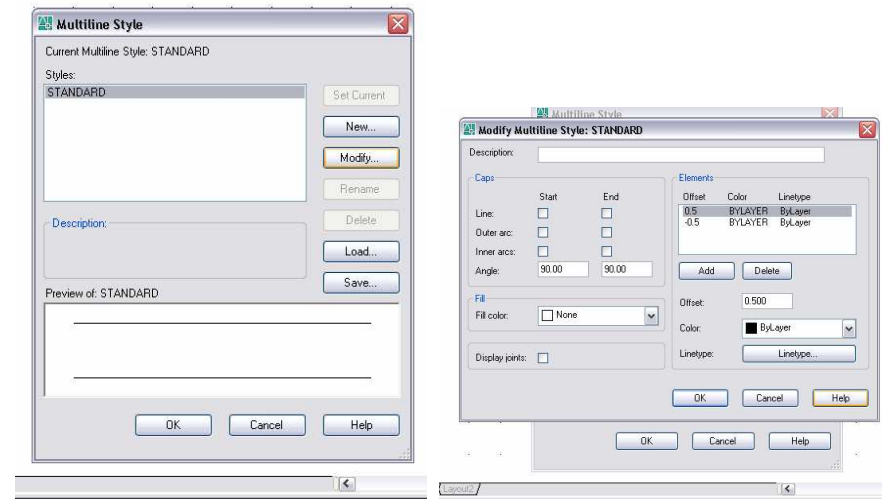
<other axis distance>/Rotation : tentukan panjang $\frac{1}{2}$ sumbu kedua (enter)

5.5 Menggambar Multiline

Multiple Line (Multiline) digunakan untuk membuat garis paralel dengan maksimal 16 garis sejajar. Jarak masing-masing garis dapat ditentukan.

Masing-masing garis dapat mempunyai *properties* yang berlainan, misalnya : jenis garis, warna, dan sebagainya. Untuk menentukan sifat

dan karakter garis tersebut dapat digunakan menu 'Format-Multiline Style...' seperti pada gambar ini :



Gambar 4.11. Kotak dialog menentukan jenis multiline

command : MULTILINE (enter)

Sumber: AutoCad 2006

Justification/Scale/Style/<from point> : tentukan titik awal garis (klik)

To point : tentukan titik berikutnya (klik)

Close/Undo/<to point> : tentukan titik berikutnya (klik), bila selesai, tekan enter

5.6 Menggambar Polyline

Sebuah polyline merupakan sebuah hubungan yang berurutan dari garis atau busur menjadi sebuah objek (*single object*). Prosedur dalam pembuatan polyline hampir sama dengan pembuatan line.

command : POLYLINE (enter)

From point : tentukan titik awal (klik)

Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of line> : tentukan titik berikutnya (klik)

Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width/<Endpoint of line> : tentukan titik berikutnya (klik), bila selesai, tekan enter

Untuk mengubah polyline menjadi garis-garis tunggal atau *individual line*, kita dapat menggunakan perintah 'Explode'.

5.7 Menggambar Polygon (Segi Banyak)

Polygon merupakan polyline tertutup, mempunyai sisi yang berjumlah antara 3 sampai 1024. Pilihan bentuk polygon adalah sebagai berikut :

- circumscribed : diameter lingkaran dalam
- inscribed : diameter lingkaran luar
- edge : panjang sisi segi banyak

command : POLYGON (enter)

Polygon number of sides <4> : tentukan jumlah sisi segi banyak (enter)

Edge/<Center of polygon> : tentukan titik pusat polygon (klik)

Inscribed in circle/Circumscribed about circle (I/C) < I > : tekan enter

Radius of circle : tentukan jari-jari (enter)

5.8 Menggambar Rectangle (segi empat)

Rectangle merupakan polyline tertutup yang berbentuk segiempat.

command : RECTANGLE (enter)

Specify first corner point : tentukan titik sudut diagonal awal (klik)

Specify other corner point : tentukan titik sudut diagonal berikutnya (klik)

5.9 Menggambar Busur (Arc)

Kita dapat membuat busur dalam beberapa cara. Metoda utama adalah dengan 3 titik, yaitu : starting point, second point, dan end point. Kita dapat juga membuat spesifikasi dengan menggunakan sudut (*angle*), radius, arah (*direction*), dan *length of chord*.

command : ARC (enter) Arc center/<Start point> : tentukan titik awal busur (klik)

Center/End/<Second point> : tentukan titik kedua (klik)

Endpoint : tentukan titik akhir busur (klik)

5.10 Membuat Titik (Point)

Dalam membuat titik, yang harus diperhatikan adalah menentukan jenis titik. Pemilihan jenis titik (*point style*) melalui option menu, display, kemudian pilih point style. Setelah menentukan jenis titik, kita tentukan besar dari tanda titik. Perintah ini terhadap pada menu 'Format-Point Style' .

Ada dua macam cara untuk menentukan besar dari tanda titik, yaitu :

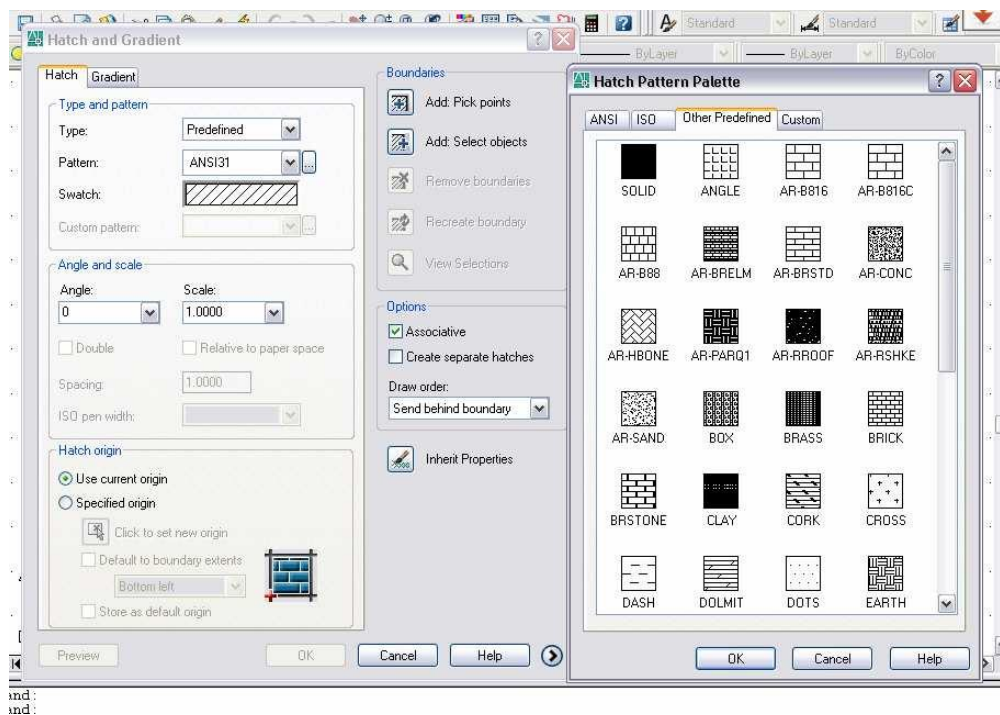
- persentase ukuran dibanding layar, dan

- persentase ukuran dibanding unit

5.11 Membuat Hatch (arsiran)

Perintah Hatch dapat ditampilkan dengan memilih 'Hatch Tool' pada menu Draw (Draw Toolbar). Untuk memilih pola arsiran, kita dapat menekan gambar pola yang terdapat pada hatch dialogue box (gambar 4.12) atau menekan 'Pattern' pada dialogue box tersebut, maka akan keluar tabel berisi beragam tampilan pola hatch. Untuk meletakkan hatch pada gambar, terdapat beberapa cara :

- *pick points*, batas hatch secara otomatis akan ditampilkan mengelilingi titik hatch yang kita maksud
- *select objects*, batas hatch kita tentukan sendiri dengan memilih batas secara tertutup atau langsung memilih objek tunggal dengan batas-batas yang jelas.

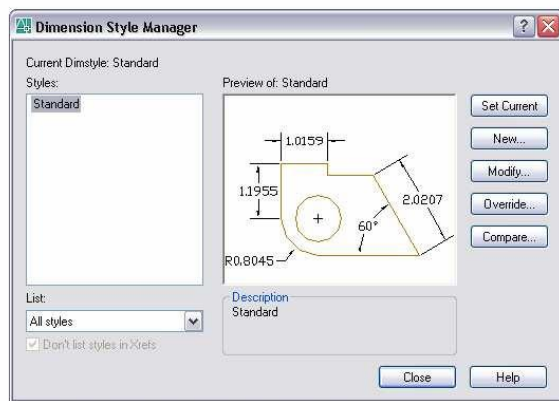


Gambar 4.12 Kotak dialog penentuan jenis arsiran

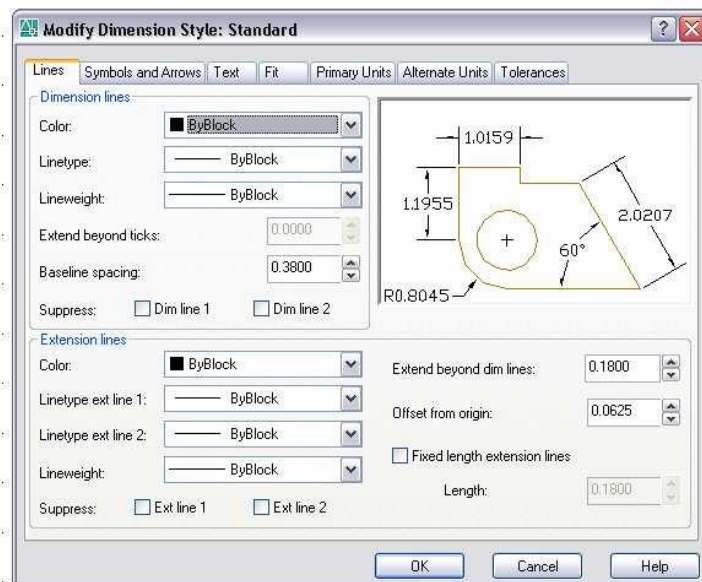
6. Perintah format

6.1 Membuat Dimensi

Dimensi menunjukkan ukuran geometris dari objek, jarak atau sudut antara 2 objek atau koordinat X dan Y. AutoCAD mempunyai tiga dasar dimensi, yaitu linier, radial, dan angular. Dimensi linier meliputi : horizontal, vertical, aligned, rotated, ordinate, baseline, dan continue dimension.



Gambar 4.13 Kotak dialog penentuan dimensi objek



01 / Layout2

Gambar 4.14 Kotak dialog pemilihan jenis tampilan dimensi

6.2 Mengatur Layer

Layer merupakan salah satu bentuk manajemen gambar yang sangat penting dan dapat dipergunakan pada semua tipe gambar. Pada keadaan standar (*default*), kita sudah memakai layer, yaitu layer 0 yang tidak dapat dihapus. Layer dapat didefinisikan sebagai tumpukan kertas transparan yang masing-masing lembarnya berisi informasi-informasi secara khusus.

Untuk mengontrol keadaan layer dengan mempergunakan *Layer Control Dialogue Box* seperti pada gambar 4.15 atau dengan *Layer Drop Down Menu*.

command : LAYER (enter)

?/Make/Set/New/On/Off/Color/Ltype/Freeze/Thaw : tentukan perintah editing terhadap layer yang sudah ada dengan memilih M, S, N, On, Off, L, F, atau T (enter)

M untuk membuat layer baru sebagai current layer (layer yang aktif)

S untuk menentukan atribut layer

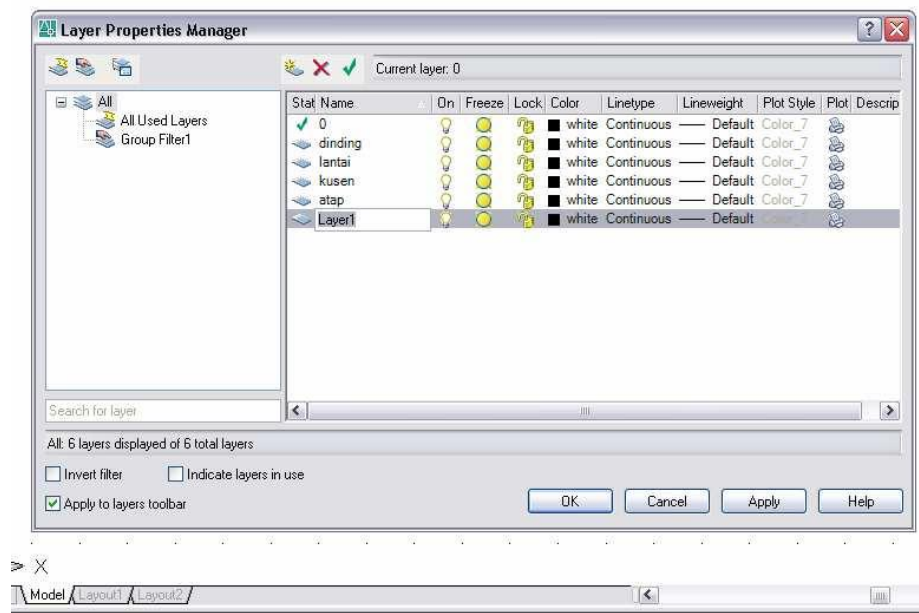
N untuk membuat layer baru

On/Off untuk menghidupkan atau mematikan layer tertentu (bukan current layer)

L untuk menentukan jenis tipe garis layer

F untuk menon-aktifkan layer (selain current layer)

T untuk mengaktifkan layer (selain current layer)



Gambar 4.15 Kotak dialog penentuan atribut objek dengan layer

7. Perintah editing (*modify*)

7.1 Erase

Perintah untuk menghapus obyek

command : ERASE (enter)

Select object : tentukan objek yang akan dihapus (klik)

Select object : tentukan objek lainnya (klik), bila tidak ada lagi, tekan enter

Objek yang akan diedit dapat dipilih dengan beberapa macam cara :

- dipilih langsung dengan cara meng-klik objek yang dimaksud
- cross (c), benda yang masuk maupun dilewati kotak cross akan terpilih
- window (w), hanya benda yang masuk kotak/window yang akan terpilih
- fence (f), benda yang dilewati garis fence akan terpilih

7.2 Menggandakan Objek (Copy)

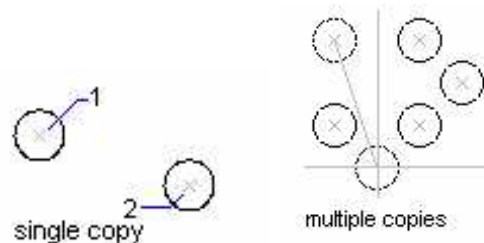
Dengan perintah 'Copy' dari menu 'Modify', kita dapat memindahkan objek, baik dengan jarak, maupun dengan bantuan objek snap.

command : COPY (enter)

Select object : tentukan objek yang akan dihapus (klik)

Select object : tentukan objek lain yang akan dihapus (klik), bila tidak ada lagi, tekan enter <Base point or displacement>/Multiple : tentukan titik acuan perpindahan – pada objek (klik)

Second point of displacement : tentukan titik tujuan perpindahan (klik)



Gambar 4.16 Teknik menggandakan objek

7.3 Memindah Objek (Move)

Dengan perintah 'Move' dari menu Modify, kita dapat memindahkan objek, baik dengan jarak, maupun dengan bantuan object snap.

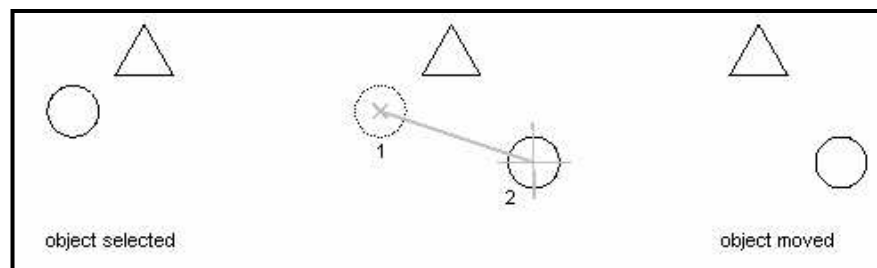
command : MOVE (enter)

Select object : tentukan objek yang akan dipindah (klik)

Select object : tentukan objek yang lainnya (klik), bila tidak ada lagi, tekan enter

Base point or displacement : tentukan titik acuan perpindahan pada objek (klik)

Second point of displacement : tentukan titik tujuan perpindahan (klik)



Gambar 4.17 Teknik memindah objek

7.4 Menggandakan Objek secara Paralel (Offset)

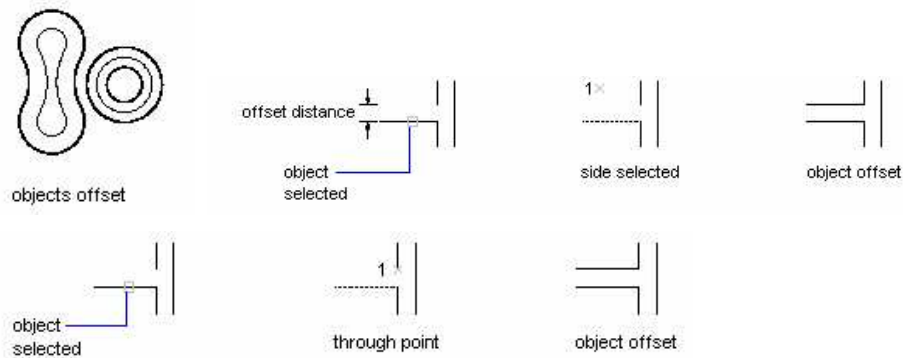
Perintah untuk menggandakan objek / garis dengan jarak tertentu secara paralel. Kita dapat menggandakan lines, arcs, circles, 2Dpolylines, ellipses, elliptical arcs, Xlines, Rays, dan planar splines.

command : OFFSET (enter)

Offset distance : (tentukan jarak antar objek) (enter)

Select object to offset : (pilih objek yang dimaksud) (enter)

Side to offset : (letakkan kursor untuk menentukan arah offset) (klik)



Gambar 4.18 Teknik menggandakan objek dengan offset

7.5 Menggunakan Array

Obyek dapat digandakan dengan mempergunakan Array. Perintah Array terdapat dalam menu Modify. Terdapat dua macam Array, yaitu Rectangular dan Polar seperti pada gambar 4.19.

command : ARRAY (enter)

Select object : tentukan objek yang akan di-array (klik)

Select object : tentukan objek lainnya (klik), bila tidak ada lagi, tekan enter

Rectangular/Polar array (R/P) : pilih R untuk array menurut sumbu x dan y, atau P untuk array menurut titik pusat sebuah lingkaran (enter)

Bila Rectangular yang dipilih :

Enter number of rows (--)<1> : tentukan jumlah perbanyakkan dalam sumbu y (enter)

Enter number of columns (III)<1> : tentukan jumlah perbanyakkan dalam sumbu x (enter)

Unit cell or distance between rows : tentukan jarak antar objek dalam sumbu y (enter)

Distance between columns : tentukan jarak antar objek dalam sumbu x (enter)

Bila Polar yang dipilih :

Select object : tentukan objek yang akan di-array (klik)

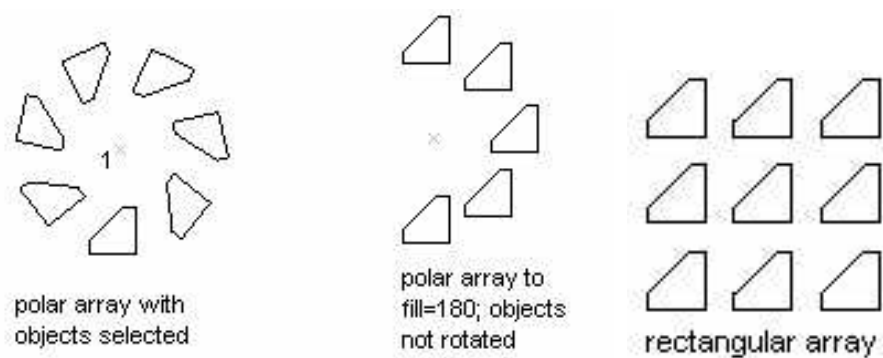
Select object : tentukan objek lain (klik), bila tidak ada lagi, tekan enter

Specify center point of array : tentukan titik pusat lingkaran imajiner sebagai acuan perbanyakkan (klik)

Enter the number of items in the array : tentukan jumlah perbanyakkan (enter)

Specify the angle to fill (+=ccw, -=cw)<360> : tentukan sudut perputaran array (enter)

Rotate arrayed objects ? [Yes/No] <Y> : apakah semua objek yang di array diputar juga menurut pusat array-nya ?



Gambar 4.19 Teknik melakukan perintah array

7.6 Mencerminkan Objek (Mirror)

Perintah untuk mencerminkan objek terhadap garis tertentu sebagai cerminnya. Dalam mengoperasikan mirror, kita membutuhkan *mirror line* yang terdiri dari dua buah titik. Dengan mirror kita dapat menghapus objek asli. Untuk Teks, mirror mempunyai variabel untuk mengatur jenis pencerminan. Variabel tersebut adalah *Mirrtext*, dimana nilai 0 menghasilkan teks yang tidak terbalik (tidak tercermin) dan nilai 1 menghasilkan teks yang terbalik.

command : MIRROR (enter)

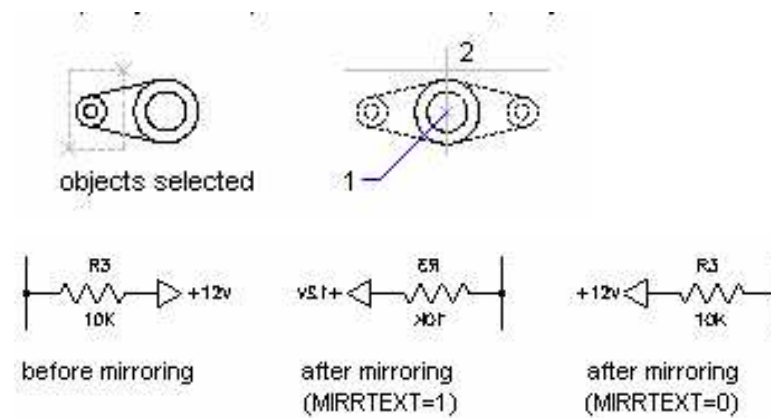
Select object : (pilih objek yang akan di-mirror) (klik)

Select object : pilih objek lain, bila tidak ada lagi, tekan enter

First point of mirror line : (tentukan titik pertama cermin) (klik)

Second point : (tentukan titik kedua cermin) (klik)

Delete old object ? (apakah objek lama dihapus atau tidak ?) (enter)



Gambar 4.20 Teknik mencerminkan objek dengan mirror

7.7 Memotong garis dengan garis pemotong (Trim)

Dengan perintah 'Trim' dari menu Modify, kita dapat memotong objek dengan bantuan satu atau lebih objek pemotong. Objek pemotong dapat berupa : lines, arcs, circles, polylines, ellipses, splines, xlines, rays, dan viewports pada paperspace.

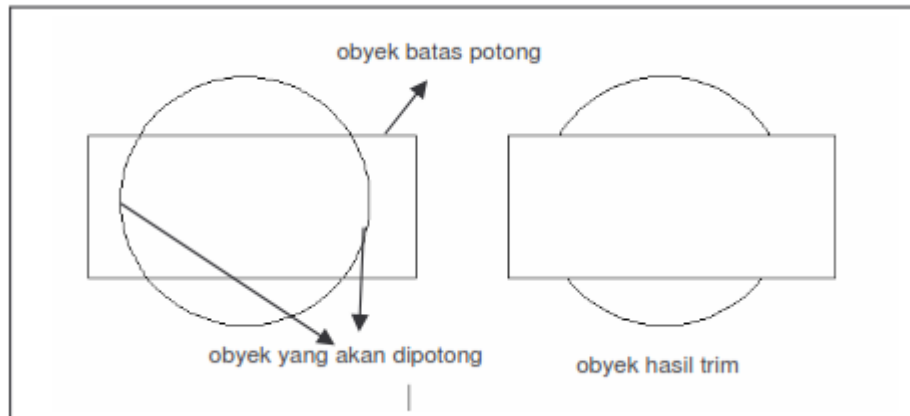
command : TRIM (enter)

Select cutting edges : (Projmode = UCS, Edgemode = No extend) :

tentukan objek atau garis yang menjadi pemotong (klik)

Select objects : tentukan objek lain yang menjadi pemotong, bila tidak ada lagi, tekan enter

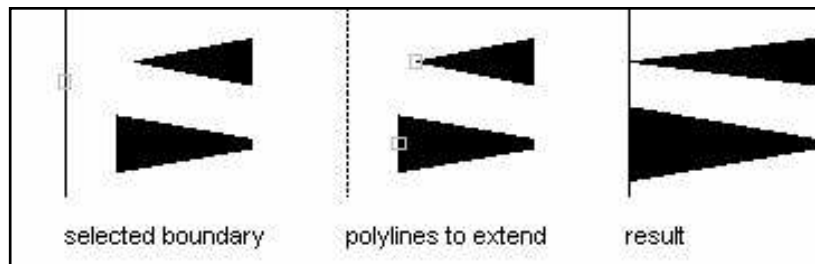
<Select object to trim>/Project/Edge/Undo : tentukan garis/objek/ atau bagian objek yang hendak dipotong.



Gambar 4.21 Teknik memotong objek dengan trim

7.8 Memperpanjang objek menuju objek lain (Extend)

Dengan perintah 'extend' yang terdapat dalam menu Modify, kita dapat memperpanjang sebuah objek menuju objek lain. Prosedur perintah Extend hampir sama dengan perintah Trim



Gambar 4.22 Teknik memperpanjang objek dengan extend

7.9 Mempertemukan dua garis (Fillet)

Perintah untuk mempertemukan dua garis tidak sejajar yang tidak bertemu atau yang saling melebihi titik potongnya

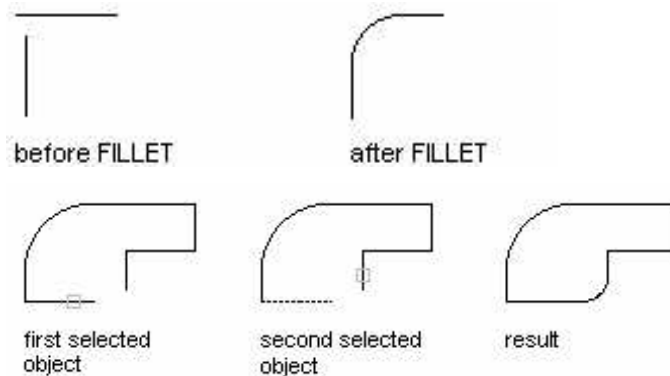
command : FILLET (enter)

Select object : (pilih objek pertama) (klik)

Select object : (pilih objek kedua) (klik)

Pertemuan kedua objek garis merupakan objek lengkung (arc) dengan radius sebesar nilai yang diisikan untuk r.

Jika nilai $r = 0$, maka pertemuan objek akan merupakan sebuah titik pertemuan atau tanpa ada objek baru.



Gambar 4.23 Teknik mempertemukan garis dengan fillet

7.10 Memotong garis dengan Break

Perintah untuk menghilangkan sebagian garis dengan jarak pemotongan yang diinginkan

command : BREAK (enter)

Select object : (pilih objek yang akan dipenggal) (klik)

Enter second point (or F for first point) : pilih F

Enter first point : (tentukan titik pemotongan pertama) (klik)

Enter second point : (tentukan titik pemotongan kedua) (klik)

7.12 Memutar objek (*Rotate*)

Perintah untuk memutar objek dengan sudut tertentu dan menggunakan reference atau acuan jika kita tidak mengetahui besar sudutnya.

command : ROTATE (enter)

Select object : (tentukan objek yang akan diputar) (klik)

Select object : tentukan objek lain, bila tidak ada lagi tekan enter

Base point : (tentukan titik perputarannya / poros) (klik) <Rotation

angle>/Reference : (tentukan sudut perputarannya) (enter)

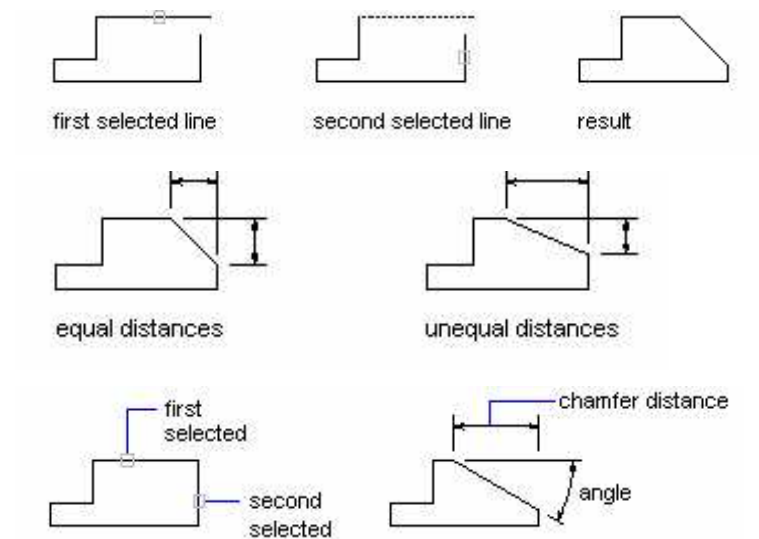
7.13 Chamfer

Seperti pada Fillet, dimana kita dapat membuat perpanjangan dua objek dengan atau tanpa radius. Kita dapat pula membuat perpotongan dua objek dengan atau tanpa jarak. Chamfer ditemukan pada Feature Flyout dalam Modify Toolbar. Jarak pertama yang kita masukkan akan merupakan nilai dari *edge* pertama yang kita pilih. Prosedur pemakaian perintah Chamfer mirip dengan perintah Fillet.

command : CHAMFER (enter)

Select first line : (tentukan garis pertama) (klik)

Select second line : (tentukan garis kedua) (klik)



Gambar 2.24 Teknik mempertemukan garis dengan chamfer

7.14 Menggunakan Stretch

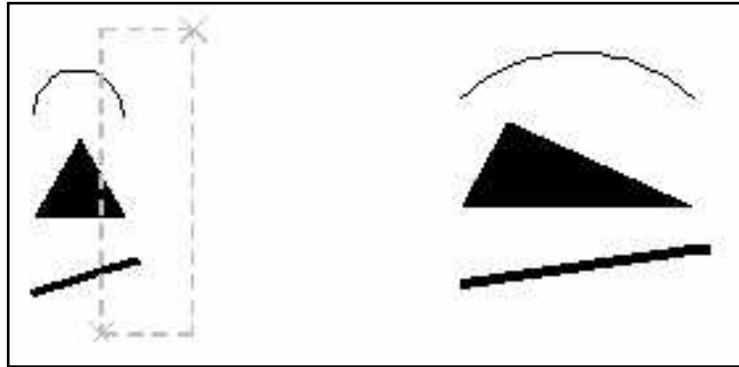
Perintah untuk merubah besaran/ukuran suatu objek dengan memindahkan satu koordinat ke koordinat lain. Stretch terdapat dalam Resize Flyout dalam Modify Toolbar. Dalam melakukan perintah Stretch, pemilihan objek harus menggunakan Cross atau Cross Polygon, dimana semua titik ujung yang akan kita Stretch harus masuk ke dalamnya.

command : STRETCH

Select object : (tentukan objek yang dimaksud) (klik)

Base point : (tentukan titik basis perubahannya) (klik)

Second point of displacement : (tentukan titik/arah perubahannya) (klik)



Gambar 4.25 Teknik memperpanjang objek dengan stretch

7.15 Merubah skala objek (Scale)

Dengan Scale kita dapat mengubah besaran objek (skala) secara proporsional menurut arah X dan Y.

command : SCALE (enter)

Select object : (tentukan objek yang dimaksud) (klik)

Base point : (tentukan titik basis / pusat pembesaran atau perkecilannya) (klik) <Scale factor>/Reference : (tentukan skala perubahannya) (enter)

7.16 Zoom

Zoom digunakan untuk memperbesar atau memperkecil tampilan tanpa merubah skala benda.

command : ZOOM (enter)

All/Center/Dynamic/Extents/Left/Previous/Window/<Scale(x)> : tentukan sifat pembesaran dengan memilih A, C, D, E, L, P, W, atau S (enter)

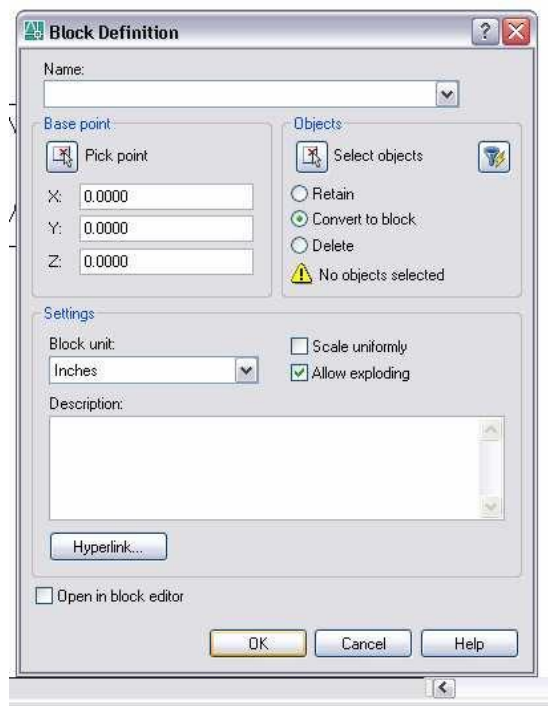
- zoom all, untuk melihat seluruh objek beserta limits yang telah dibuat
- zoom center, untuk membuat display baru dengan meletakkan center point sebagai titik acuan
- zoom extents, untuk melihat seluruh objek tanpa limits
- zoom previous, kembali pada tampilan zoom sebelumnya
- zoom windows, untuk memperbesar tampilan objek dengan window yang akan menjadi tampilan penuh

7.17 Menggunakan Block dan Wblock

Block dapat mempercepat proses menggambar. Sebagai aplikasi, kita dapat menggunakan Block untuk :

- membuat standar library dari simbol-simbol yang sering dipakai
- revisi gambar yang efisien dengan memasukkan, meletakkan, dan menggandakan Block sebagai komponen lebih dari sekadar objek yang berdiri sendiri
- menghemat ruang harddisk dengan menyimpan semua bentuk Block yang sama sebagai sebuah Block di dalam manajemen gambar.

Ketika kita memasukkan Block ke dalam gambar, kita dapat menentukan skala X, Y, dan Z dari Block. Nama layer, warna, dan tipe garis dari Block akan terselip secara otomatis ke dalam gambar. Jika kita membuat Block sebaiknya kita bekerja dalam layer 0 karena semua informasi warna dan tipe garis akan sesuai dengan layernya jika dipanggil (*Insert*)



Gambar 4.26 Kotak dialog menentukan objek sebagai block

Terdapat dua cara dalam membuat Block, yaitu :

- **BLOCK**, jika objek hanya dipergunakan dalam gambar yang sedang aktif
- **WBLOCK**, jika objek dipergunakan untuk file gambar lain

command : BLOCK (enter)

Block name (or?) : ketikkan nama block yang diinginkan (enter)

Insertion base point : tentukan titik acuan block pada objek bila nanti hendak dipanggil (di-insert) (klik)

Select object : tentukan objek yang hendak di-block (klik)

Select object : tentukan objek lainnya (klik), bila tidak ada, tekan enter

Objek akan hilang dan tersimpan sebagai block dengan nama yang diketikkan tadi. Bila hendak menampilkan kembali objek masukkan perintah : Oops

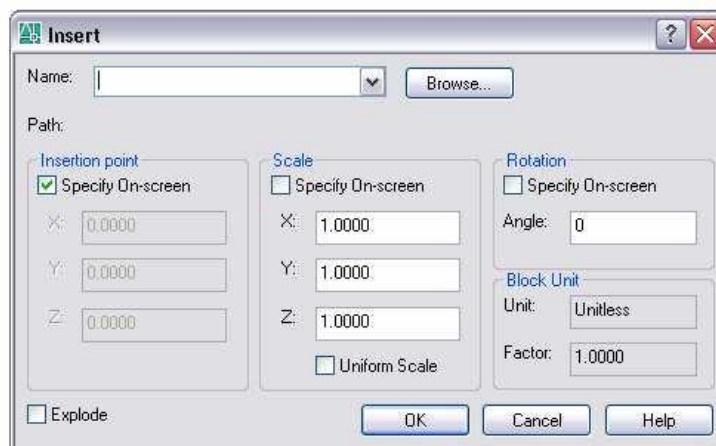
7.18 Memasukkan Block (Insert)

command : INSERT (enter)

Block name (or ?) : masukkan nama block yang hendak ditampilkan (enter)

Insertion point : tentukan titik tujuan (sesuaikan dengan titik acuan objeknya) (klik) X scale factor <1>/Corner/XYZ : enter Y scale factor (default = x) : enter

Rotation angle <0> : tentukan sudut perputarannya, atau langsung enter



Gambar 4.27 Kotak dialog memanggil (insert) block yang telah tersimpan

7.19 Mempergunakan Object Snaps



Gambar 4.28 Kotak dialog dan toolbar penentuan objek snap

Object snaps digunakan pada saat AutoCAD membuat atau mendefinisikan sebuah titik. Object snaps dapat ditampilkan melalui tombol shift + tombol kanan mouse atau memilih dari object snaps toolbar (gambar 4.28), atau memakai AutoSnap, atau memakai perintah 'DDOsnap'. Object snap meliputi: *endpoint*, *midpoint*, *center*, *node*, *quadrant*, *intersection*, *extension*, *insertion*, *perpendicular*, *tangent*, *nearest*, *apparent intersection*, dan *paralel*.

7.20 Menentukan jarak dan luasan

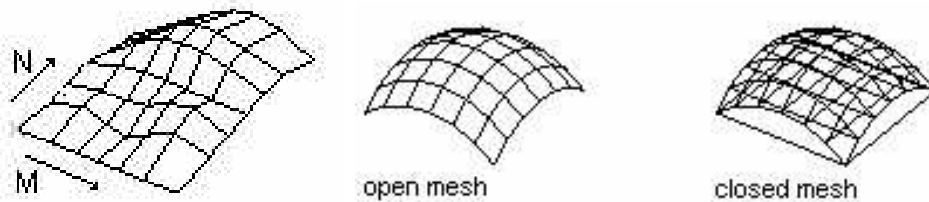
Panjang dan sudut dari satu titik ke titik lain dapat ditentukan dengan menggunakan perintah 'Dist' atau memilih 'Distance' pada Object Properties Toolbar. Luas suatu area dapat dihitung minimal dari tiga titik dengan menggunakan perintah 'Area', atau memilih 'Area' dari Object Properties Toolbar.

8. Perintah dasar 3 Dimensi

8.1 Menggunakan Meshes

AutoCAD menyediakan pula objek-objek 3D dengan parameter yang dapat kita atur sendiri. Objek tersebut adalah : box, cone, dish, dome, mesh, pyramid, sphere, torus, dan wedge. Bentuk-bentuk meshes ini terlihat sebagai rangka dan akan terlihat sebagai bentuk yang mempunyai

permukaan jika kita 'hide', 'shade', atau 'render'. Kita dapat membuat meshes dengan memilih 'surfaces' pada Draw menu atau pada Surface Toolbar.

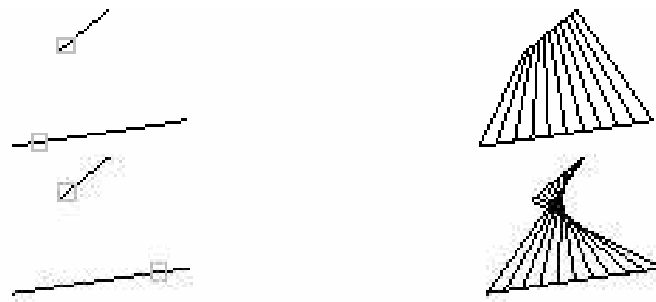


Gambar 4.29 Contoh gambar objek dengan meshes

- **3dmesh**, dengan perintah ini kita dapat membuat polygon meshes yang terbuka pada arah M dan N (M dan N sama dengan arah sumbu X dan Y pada permukaan XY). Aplikasi yang paling sering memakai 3dmesh adalah pemetaan untuk menentukan kontur tanah.
- **3dface**, untuk memberikan permukaan pada bidang dengan 3 atau 4 titik.
- **Rulesurf(ace)**, untuk membuat bidang antara 2 objek (seperti terlihat pada gambar 4.30). Objek yang dapat dipakai dalam perintah ini adalah lines, points, arcs, circles, ellipses, elliptical arcs, 2D polylines, 3D polylines, dan splines. Pasangan objek yang akan dipergunakan merupakan jalur dari Rulesurf. Keduanya harus samasama tertutup atau terbuka. Untuk point, dapat digabungkan dengan objek terbuka maupun tertutup. Dalam membuat rulesurf, harus memperhatikan pemilihan objek, pemilihan objek yang satu tidak boleh bersilangan dengan pemilihan objek yang lain.

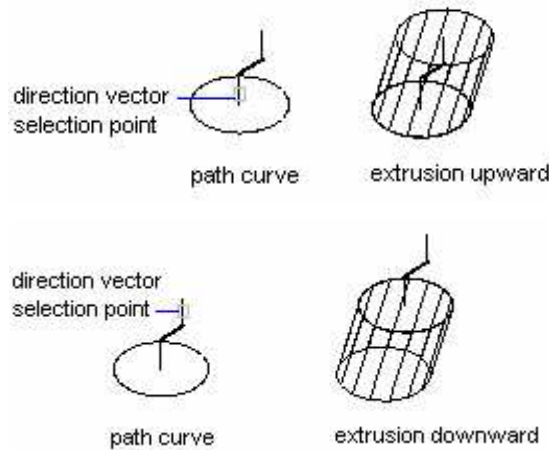


examples of ruled surfaces



Gambar 4.30 Teknik menggambar dengan rulesurf

- **Tabsurf(ace)**, untuk membentuk bidang dari objek yang mengikuti vektor pengarah.



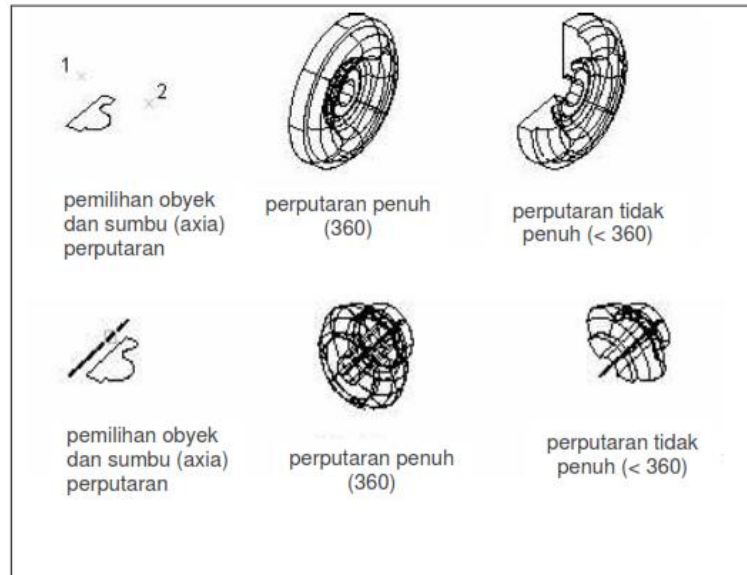
Gambar 4.31 Teknik menggambar dengan tabsurf

- **Edgesurf(ace)**, untuk membentuk permukaan antara 4 objek yang disebut 'edge'. Edges dapat berupa lines, arcs, polylines, splines dan elliptical arcs, yang merupakan rangkaian tertutup dan mempunyai ujung yang sama.



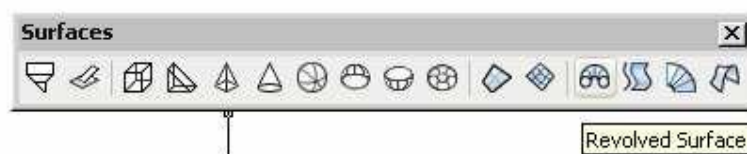
Gambar 4.32 Teknik menggambar dengan edgesurf

- **Revsurf(ace)**, untuk membuat profil yang melingkar. Revsurf berguna dalam pembuatan objek simetris/silindris yang berputar.



Gambar 4.33 Teknik menggambar dengan *revsurf*

Untuk mengatur kerapatan *surface*, digunakan '**surftab1**' dan '**surftab2**', yang nilainya dapat kita tentukan sendiri. Nilai yang dianjurkan adalah kurang dari 24, sebab semakin besar nilai yang kita masukkan, maka disamping selain halus permukaan yang dihasilkan, ukuran file juga makin besar.



Gambar 4.34 Toolbar untuk menu *surface*

8.2 Solid Modelling

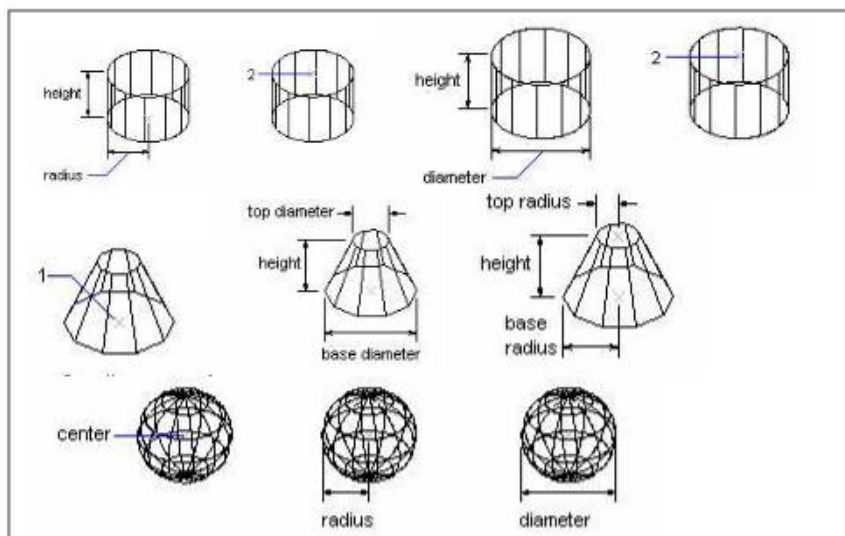
Perbedaan mendasar antara *solid modelling* dengan rangka atau *surface modelling* adalah informasi dalam solid model lebih lengkap dan konstruksi dari model lebih jelas. Solid modeller biasanya mengandung tipe atau data menyangkut model tersebut, sebagai contoh adalah *spatial data* atau *topology data*. Informasi akurat dari data yang terdapat pada model menyangkut beberapa karakteristik seperti weight, mass, volume,

area, dan banyak lagi. Perintah-perintah pembuatan objek 3D solid dan editing sederhananya terdapat pada Solids Toolbar (gambar 2.65).

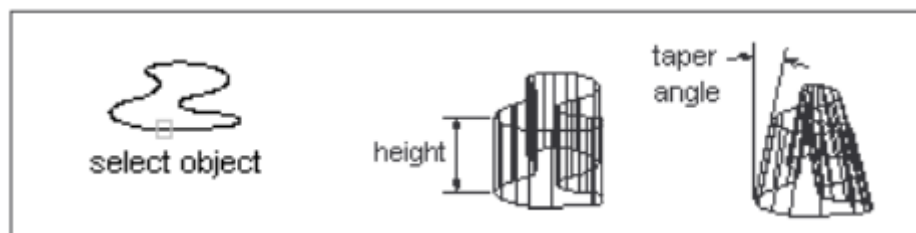


Gambar 4.35 Toolbar untuk menu solids

Objek 3D *solid primitives* yang dapat dibuat adalah : *box*, *cylinder*, *cone*, *wedge*, *sphere*, dan *torus* (gambar 4.36). Selain itu kita dapat memakai 'EXTRUDE' untuk menambah ketebalan objek (gambar 4.37). Objek yang dapat di-extrude adalah *polylines*, *polygons*, *rectangles*, *circles*, *ellipses*, *closed splines*, *donuts*, dan *region*. Kita tidak dapat melakukan *extrude* 3D object, objek yang berada di dalam *block*, atau *polyline* yang tidak tertutup. *Extrude* juga memungkinkan kita untuk memperpanjang objek mengikuti lintasanya (*path*).



Gambar 4.36 Contoh objek 3D *solid primitif*



Gambar 4.37 Teknik melakukan *extrude* objek

8.3 Membuat *Solid Composite*

Operasi-operasi yang berada dalam pembuatan *composite solid* disebut '*Boolean Operation*', yang meliputi :

- **Union**, membuat gabungan dari dua atau lebih solid
- **Subtract**, solid yang satu mengurangi (mencoak) solid yang lain
- **Intersect**, solid yang terjadi dari perpotongan dua solid atau lebih

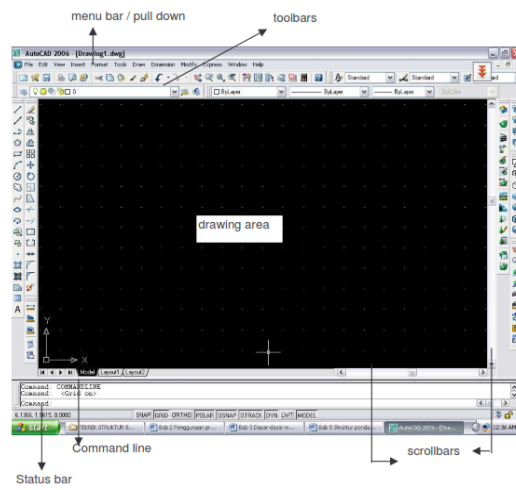
8.4 Editing Objek 3D

- **Rotate 3D**, perintah untuk membuat rotate 3D terdapat pada menu Modify – 3D Operation atau mengetikkan 'rotate3d' pada command line. Fungsinya sama dengan rotate pada 2D dimana rotate 3D kita dapat memutar objek dengan arah X, Y, dan Z.
- **Array 3D**:
 - a) **Rectangular**, perintah untuk membuat 3D rectangular array terdapat pada Modify – 3D Operation, atau mengetikkan '3darray' pada command line. Fungsinya sama dengan array pada 2D, dimana array 3D dapat menggandakan objek dengan arah X,Y,dan Z
 - b) **Polar**, perintah untuk membuat 3D polar terdapat pada Modify 3D Operation, atau mengetikkan '3darray' pada command line. Fungsinya sama dengan array pada 2D, dimana pada array 3D kita dapat menggandakan objek dengan arah sumbu X, Y, dan Z, atau mengikuti sumbu pemutar yang sudah kita tentukan
 - c) **Mirror 3D**, perintah untuk membuat mirror 3D terdapat pada Modify – 3D Operation atau mengetikkan 'mirror3d' pada *command line*. Fungsinya sama dengan mirror pada 2D, dimana mirror 3D dapat mencerminkan objek dengan sumbu mirror X, Y, dan Z, atau mengikuti sumbu mirror yang kita definisikan.

D. Aktivitas pembelajaran

Kegiatan belajar mengajar agar penguasaan materi baja yang diampu dapat tercapai dengan:

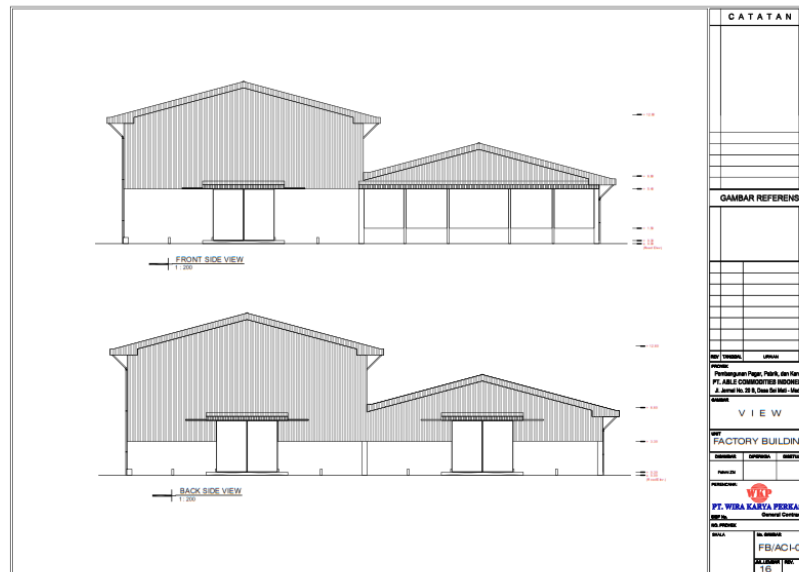
- Menerangkan kepada siswa tentang bentuk nyata struktur konstruksi baja berupa batang (*frame*) beserta sambungan (*joint*)
- Memastikan semua siswa/peserta didik mendapatkan kesempatan yang sama untuk berpartisipasi aktif dalam kegiatan belajar mengajar misalnya dalam bertanya, mengungkapkan pendapat dan berdiskusi.
- Siswa dapat memahami gambar-gambar teknik yang diperlukan dan proses konstruksi
- Melakukan proses pembelajaran dengan membantu siswa mengembangkan potensinya dan mengatasi kekurangannya.
- Siswa telah mendapatkan gambaran tentang bagaimana konstruksi baja dilakukan di lapangan.
- Memberi arahan berupa gambar manual yang selanjutnya dapat dilakukan penggambaran dengan program komputer.
- Penggunaan program komputer dapat diawali dengan gambar dasar yang lebih sederhana seperti gambar denah, dan lain-lain.
- Melakukan penilaian secara rutin pada siswa dalam menyelesaikan tugas yang diberikan.



Setelah melihat gambar di atas, Buatlah langkah-langkah awal suatu gambar kerja.

3. Amatilah Gambar berikut ini.





Dari dua gambar di atas, Jelaskanlah idealisasi pekerjaan shop drawing menjadi gambar asbuilt drawing.

E. Latihan

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan gambar denah dan jelaskan fungsinya !
2. Jelaskan tujuan dari gambar tampak beserta fungsinya !
3. Jelaskan pengertian gambar *shop drawing* dan gambar *as built drawing* !

F. Rangkuman

1. Menurut fungsi dan tujuannya gambar dibagi kedalam dua jenis, yaitu gambar presentasy dan gambar teknik
2. Gambar presentas atau gambar arsitektur dibuat untuk keperluan *showcase*, dengan tujuan mnarik perhatian dan menunjukkan pesona arsitektur dari struktur yang akan dibuat
3. Gambar teknik atau gambar konstruksi menurut informasi-informasi teknis suatu bangunan dengan lebih mendetail, seperti konstruksi sambungan, denah pondasi, kolom dan balok, elektrikal dan lain-lain.

G. Umpan balik

Pada saat ini umpan balik yang melibatkan guru dapat dilakukan sebagai berikut :

- 1) Beri kesempatan siswa untuk memberikan jawaban atau untuk didiskusikan dengan teman temannya. Komentar yang datang dari berbagai pihak sehingga terjadi pembicaraan antara guru dengan siswa, dan siswa dengan siswa. Dengan diskusi semacam ini, siswa yang bertanya akan mengetahui bagaimana cara pemecahannya.
- 2) Akan lebih baik bila guru menguasai salah satu program rancang gambar struktur baja seperti autoCad atau pun program lainnya yang sejenis
- 3) Memulai pengenalan dasar segera terhadap salah program penggambaran struktur baja, dimulai dengan program.

Kegiatan Pembelajaran 5

Menganalisis Berbagai Pekerjaan Persiapan Dalam Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi Baja

A. Tujuan

Peserta Diklat mampu Menganalisis berbagai pekerjaan persiapan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi baja.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Peserta Diklat mampu Merencanakan estimasi biaya pelaksanaan pekerjaan.

C. Uraian Materi

1. Umum.

Segala peralatan pendukung yang dibutuhkan seperti tercantum dalam gambar struktur dan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari spesifikasi lainnya. Pekerjaan ini harus dilaksanakan oleh Pelaksana yang berpengalaman, untuk pekerjaan ini dan harus disetujui oleh konsultan. Pelaksana harus mempunyai tenaga ahli yang berpengalaman sehingga dapat mengatasi seluruh masalah lapangan dengan cepat dan benar. Pelaksana harus melampirkan struktur organisasi dan membuat surat pernyataan yang menjamin bahwa personil yang diajukan akan berada di Lapangan selama pekerjaan berlangsung. Pelaksana harus melampirkan metode pelaksanaan serta alat-alat yang akan digunakan dalam proyek ini dengan memperhatikan urutan dan kecepatan pekerjaan. Pelaksana wajib menyediakan peralatan di lokasi pekerjaan tepat pada waktunya sehingga tidak menghambat pekerjaan lainnya.

2. Hal-hal yang perlu dipersiapkan

Tenaga kerja, material dan peralatan.

Pekerjaan ini meliputi seluruh pekerjaan konstruksi baja termasuk penyediaan tenaga kerja, pengadaan bahan-bahan baik bahan dasar maupun bahan penyambung, peralatan baja dan alat-alat bantu lainnya yang dibutuhkan untuk melaksanakan pekerjaan dengan baik dan aman.

Pengukuran lapangan

Pekerjaan pengukuran yang mencakup kondisi lapangan yang ada, seperti hasil pekerjaan as (*center*) yang sudah dilaksanakan, maupun segala penyimpangan yang terjadi, sehingga dalam gambar kerja diperlukan penyesuaian.

Tenaga ahli.

Pelaksana harus menyediakan tenaga ahli yang berpengalaman di lokasi pekerjaan, sehingga dapat menyelesaikan segala masalah yang timbul di lapangan secara cepat dan benar.

Gambar kerja/ shop drawings

Shop Drawing atau gambar kerja adalah gambar teknis lapangan yang digunakan sebagai acuan pelaksanaan suatu pekerjaan. Secara Umum, shop drawing adalah gambar yang siap untuk diimplementasikan di lapangan. Pelaksana harus membuat gambar kerja secara detail, sebelum pekerjaan dimulai, termasuk penyesuaian dengan kondisi lapangan sampai mendapatkan persetujuan dari Konsultan / Direksi.

Gambar terlaksana/ As built drawings

Dari beberapa referensi di atas, definisi As Built Drawing adalah cukup sederhana, yaitu gambar yang dibuat sesuai kondisi terbangun di lapangan yang telah mengadopsi semua perubahan yang terjadi (spesifikasi dan gambar) selama proses konstruksi yang menunjukkan dimensi, geometri, dan lokasi yang aktual atas semua elemen proyek. Tujuan gambar ini adalah sebagai pedoman pengoperasian konstruksi baja yang dibuat dari shop drawing dimana telah mengadopsi perubahan yang dilakukan pada saat konstruksi dimana perubahan tersebut ditandai secara khusus. As Built Drawing dibuat oleh kontraktor dengan persetujuan Penyedia Jasa / Owner melalui proses cek oleh konsultan pengawas.

Dengan tujuan pedoman pengoperasian, tentu saja As Built Drawing tidak perlu sedetil shop drawing yang tujuannya adalah untuk dasar membangun yang dituntut harus detil, spek penting yang harus diperhatikan adalah tujuan

komunikasi kedua gambar tersebut. Shop Drawing bertujuan untuk informasi lengkap bagaimana membangun, sedangkan As Built Drawing bertujuan untuk informasi pedoman pengoperasian. Contoh pada gambar sambungan baja, kadang diperlukan detil pada semua balok baja. Tapi gambar ini cukup diganti dengan standart drawing. Tingkat detil kedua gambar, ditentukan dari tujuan informasi atas fungsi kedua gambar tersebut. Setelah pekerjaan dilaksanakan, Pelaksana wajib membuat gambar terlaksana sesuai dengan struktur yang dilaksanakan, dan diserahkan kepada Pemberi Tugas sesuai dengan kontrak.

3. Peraturan - Peraturan

Kecuali ditentukan lain dalam persyaratan selanjutnya, maka sebagai dasar pelaksanaan digunakan peraturan sebagai berikut :

1. Peraturan Perencanaan Bangunan Baja Indonesia 1984 (PPBBI)
2. American Institute of Steel Construction Specification (AISC)
3. American Society for Testing and Materials (ASTM)
4. American Welding Society - Structural Welding Code (AWS)
5. Persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBBI-1982)

4. Perhitungan Berat Konstruksi Baja

Berat jenis baja

Berat jenis baja adalah 7800 kg/m^3 . Satuan berat elemen baja adalah sesuai dengan yang tercantum di dalam tabel pabrik pembuat.

Berat baja di dalam BQ.

Di dalam menghitung volume baja di dalam Bill of Quantity (BQ), berat baja dihitung berdasarkan volume (berat) teoritis sesuai dengan gambar struktur. Berat sisa atau "waste" akibat pemotongan atau pembentukan elemen-elemen struktur dan juga alat penyambung seperti baut, las, angkur dan pelat buhul harus diperhitungkan di dalam analisa harga satuan.

5. Bagian dalam Konstruksi Baja

Dalam konstruksi baja selain profil utama (batang tarik dan tekan) terdapat profil pendukung yang perannya sangat utama dalam menopang struktur. Jika tidak disebutkan secara spesifik di dalam gambar, maka semua material untuk konstruksi baja harus menggunakan baja yang baru dan merupakan "Hot rolled

structural steel" dengan mutu baja ST 37 (PPBBI-83) atau ASTM A 36 atau SS 41 (JIS. U 3101-1970), yang memiliki tegangan leleh (yield stress) minimal, $F_y = 240$ Mpa dan tegangan tarik (tensile stress) $F_u = 400$ Mpa. Baja jenis ini umum disebut baja karbon (Carbon Steel) yang mengandung karbon antara 0.25 - 0.29 %. Semua material baja harus baru, bebas/bersih dari karat, lobang-lobang dan kerusakan lainnya, lurus, tidak terpuntir, tanpa tekukan, serta memenuhi syarat toleransi sesuai dengan spesifikasi ini.

Sambungan

Sambungan pada konstruksi baja berupa sambungan las dan sambungan baut dan paku keling

- Sambungan Baut

Kecuali ditentukan lain dalam gambar, baut penyambung yang digunakan adalah HTB A325 yang memiliki tegangan tarik putus nominal antara 105 - 120 ksi (735 - 840 Mpa). Baut penyambung harus merupakan material baru, dan panjang ulir harus sesuai dengan yang diperlukan. Jika tidak disebutkan khusus di dalam gambar maka baut yang dimaksud adalah type A325-X (ulir terletak di luar bidang geser). Baut harus dilengkapi dengan 2 ring, masing-masing 1 buah pada kedua sisinya. Mutu pelat ring harus sesuai dengan mutu baut.

Jenis-jenis sambungan baut

- a. Baut kekuatan tinggi

Dua jenis utama baut kekuatan (mutu) tinggi ditunjukkan oleh ASTM sebagai A325 dan A490. Baut ini memiliki kepala segienam yang tebal dan digunakan dengan mur segienam yang setengah halus (*semifinished*) dan tebal. Bagian berulirnya lebih pendek dari pada baut non-struktural, dan dapat dipotong atau digiling (*rolled*).

Baut A325 terbuat dari baja karbon sedang yang diberi perlakuan panas dengan kekuatan leleh sekitar 81 sampai 92 ksi (558 sampai 634 MPa) yang tergantung pada diameter. Baut A490 juga diberi perlakuan panas tetapi terbuat dari baja paduan (alloy) dengan kekuatan leleh sekitar 115 sampai 130 ksi (793 sampai 896 MPa) yang tergantung pada diameter. Baut A449 kadang-kadang

digunakan bila diameter yang diperlukan berkisar dari 1/2 sampai 3 inci, dan juga untuk baut angkur serta batang bulat berulir. Diameter baut kekuatan tinggi berkisar antara 1/2 dan 1 1/2 inci (3 inci untuk A449). Diameter yang paling sering digunakan pada konstruksi gedung adalah 3/4 inci dan 7/8 inci, sedang ukuran yang paling umum dalam perencanaan jembatan adalah 7/8 inci dan 1 inci. Baut kekuatan tinggi dikencangkan (*tightened*) untuk menimbulkan tegangan tarik yang ditetapkan pada baut sehingga terjadi gaya jepit (klem/clamping force) pada sambungan. Oleh karena itu, pemindahan beban kerja yang sesungguhnya pada sambungan terjadi akibat adanya gesekan (friksi) pada potongan yang disambung. Sambungan dengan baut kekuatan tinggi dapat direncanakan sebagai tipe geser (*friction type*), bila daya tahan gelincir (*slip*) yang tinggi dikehendaki; atau sebagai tipe tumpu (*bearing type*), bila daya tahan gelincir yang tinggi tidak dibutuhkan.

b. Paku keling

Sudah sejak lama paku keling diterima sebagai alat penyambung batang, tetapi beberapa tahun terakhir ini sudah jarang digunakan di Amerika. Paku keling dibuat dari baja batangan dan memiliki bentuk silinder dengan kepala di salah satu ujungnya. Baja paku keling adalah baja karbon sedang dengan identifikasi ASTM A502 Mutu 1 ($F_v = 28 \text{ ksi}$) (1190 MPa) dan Mutu 2 ($F_y = 38 \text{ ksi}$) (260 MPa), serta kekuatan leleh minimum yang ditetapkan didasarkan pada bahan baja batangan. Pembuatan dan pemasangan paku keling menimbulkan perubahan sifat mekanis.

Proses pemasangannya adalah pertama paku keling dipanasi hingga warnanya menjadi merah muda kemudian paku keling dimasukkan ke dalam lubang, dan kepalanya ditekan sambil mendesak ujung lainnya sehingga terbentuk kepala lain yang bulat. Selama proses ini, tangkai (*shank*) paku keling mengisi lubang (tempat paku dimasukkan) secara penuh atau hampir penuh, sehingga menghasilkan gaya jepit (klem). Namun, besarnya jepitan akibat

pendinginan paku keling bervariasi dari satu paku keling ke lainnya, sehingga tidak dapat diperhitungkan dalam perencanaan. Paku keling juga dapat dipasang pada keadaan dingin tetapi akibatnya gaya jepit tidak terjadi karena paku tidak menyusut setelah dipasang.

c. **Baut Hitam**

Baut ini dibuat dari baja karbon rendah yang diidentifikasi sebagai ASTM A307, dan merupakan jenis baut yang paling murah. Namun, baut ini belum tentu menghasilkan sambungan yang paling murah karena banyaknya jumlah baut yang dibutuhkan pada suatu sambungan. Pemakaiannya terutama pada struktur yang ringan, batang sekunder atau pengaku, anjungan (platform), gording, rusuk dinding, rangka batang yang kecil dan lain-lain yang bebannya kecil dan bersifat statis. Baut ini juga dipakai sebagai alat penyambung sementara pada sambungan yang menggunakan baut kekuatan tinggi, paku keling, atau las. Baut hitam (yang tidak dihaluskan) kadang-kadang disebut baut biasa, mesin, atau kasar, serta kepala dan murnya dapat berbentuk bujur sangkar.

d. **Baut Sekrup**

Baut yang secara praktis sudah ditinggalkan ini dibuat dengan mesin dari bahan berbentuk segienam dengan toleransi yang lebih kecil (sekitar 5'0 inci.) bila dibandingkan baut hitam. Jenis baut ini terutama digunakan bila sambungan memerlukan baut yang pas dengan lubang yang dibor, seperti pada bagian konstruksi paku keling yang terletak sedemikian rupa hingga penembakan paku keling yang baik sulit dilakukan. Kadang-kadang baut ini bermanfaat dalam mensejajarkan peralatan mesin dan batang struktural yang posisinya harus akurat. Saat itu baut sekrup jarang sekali digunakan pada sambungan struktural, karena baut kekuatan tinggi lebih baik dan lebih murah.

e. Baut Bersirip

Baut ini terbuat dari baja paku keling biasa, dan berkepala bundar dengan tonjolan sirip-sirip yang sejajar tangkainya. Baut bersirip telah lama dipakai sebagai alternatif dari paku keling. Diameter yang sesungguhnya pada baut bersirip dengan ukuran tertentu sedikit lebih besar dari lubang tempat baut tersebut. Dalam pemasangan baut bersirip, baut memotong tepi keliling lubang sehingga diperoleh cengkaman yang relatif erat. Jenis baut ini terutama bermanfaat pada sambungan tumpu (bearing) dan pada sambungan yang mengalami tegangan berganti (bolak-balik).

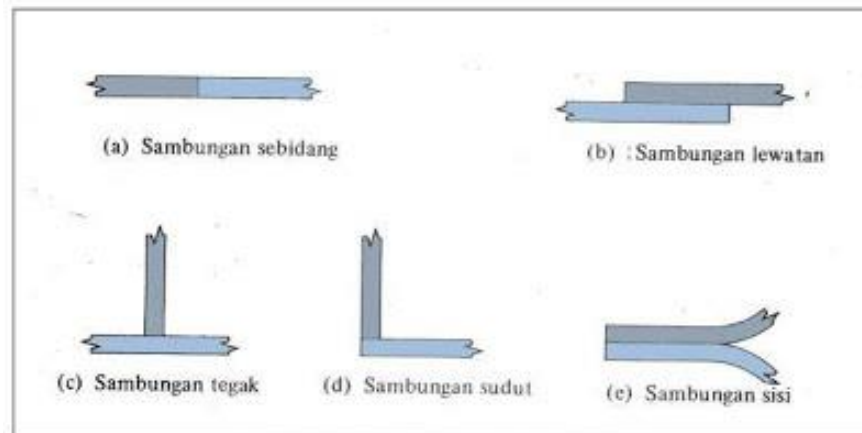
Variasi dari baut bersirip adalah baut dengan tangkai bergerigi (*interference-body bolt*) yang terbuat dari baja baut A325. Sebagai pengganti sirip longitudinal, baut ini memiliki gerigi keliling dan sirip sejajar tangkainya. Karena gerigi sekeliling tangkai memotong sirip sejajar, baut ini kadang-kadang disebut baut bersirip terputus (*interrupted-rib*). Baut bersirip sukar dipasang pada sambungan yang terdiri dari beberapa lapis pelat. Baut kekuatan tinggi A325 dengan tangkai bergerigi yang sekarang juga sukar dimasukkan ke lubang yang melalui sejumlah plat; namun, baut ini digunakan bila hendak memperoleh baut yang harus mencengkram erat pada lubangnya. Selain itu, pada saat pengencangan mur, kepala baut tidak perlu dipegang seperti yang umumnya dilakukan pada baut A325 biasa yang polos.

- *Sambungan Las*

Definisi pengelasan menurut DIN (Deutsche Industrie Normen) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Dalam proses penyambungan ini adakalanya disertai dengan tekanan dan material tambahan (*filler material*)

- Jenis-jenis sambungan Las

Jenis sambungan tergantung pada faktor-faktor seperti ukuran dan profil batang yang bertemu di sambungan, jenis pembebanan, besarnya luas sambungan yang tersedia untuk pengelasan, dan biaya relatif dari berbagai jenis las. Sambungan las terdiri dari lima jenis dasar dengan berbagai macam variasi dan kombinasi yang banyak jumlahnya. Kelima jenis dasar ini adalah sambungan sebidang (butt), lewatan (lap), tegak (T), sudut, dan sisi, seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5.7.



Gambar 5.1. Jenis-jenis sambungan las

a. Sambungan Sebidang

Sambungan sebidang dipakai terutama untuk menyambung ujung-ujung plat datar dengan ketebalan yang sama atau hampir sama. Keuntungan utama jenis sambungan ini ialah menghilangkan eksentrisitas yang timbul pada sambungan lewatan tunggal seperti dalam Gambar 6.16(b). Bila digunakan bersama dengan las tumpul penetrasi sempurna (*full penetration groove weld*), sambungan sebidang menghasilkan ukuran sambungan minimum dan biasanya lebih estetik dari pada sambungan bersusun. Kerugian utamanya ialah ujung yang akan disambung biasanya harus disiapkan secara khusus (diratakan atau dimiringkan) dan dipertemukan secara hati-hati sebelum dilas. Hanya sedikit

penyesuaian dapat dilakukan, dan potongan yang akan disambung harus diperinci dan dibuat secara teliti. Akibatnya, kebanyakan sambungan sebidang dibuat di bengkel yang dapat mengontrol proses pengelasan dengan akurat.

b. Sambungan Lewatan

Sambungan lewatan pada Gambar 6.17 merupakan jenis yang paling umum. Sambungan ini mempunyai dua keuntungan utama:

- Mudah disesuaikan. Potongan yang akan disambung tidak memerlukan ketepatan dalam pembuatannya bila dibanding dengan jenis sambungan lain. Potongan tersebut dapat digeser untuk mengakomodasi kesalahan kecil dalam pembuatan atau untuk penyesuaian panjang.
- Mudah disambung. Tepi potongan yang akan disambung tidak memerlukan persiapan khusus dan biasanya dipotong dengan nyala (api) atau geseran. Sambungan lewatan menggunakan las sudut sehingga sesuai baik untuk pengelasan di bengkel maupun di lapangan. Potongan yang akan disambung dalam banyak hal hanya dijepit (diklem) tanpa menggunakan alat pemegang khusus. Kadang-kadang potongan-potongan diletakkan ke posisinya dengan beberapa baut pemasangan yang dapat ditinggalkan atau dibuka kembali setelah dilas.
- Keuntungan lain sambungan lewatan adalah mudah digunakan untuk menyambung plat yang tebalnya berlainan.

c. Sambungan Tegak

Jenis sambungan ini dipakai untuk membuat penampang bentukan (*built-up*) seperti profil T, profil I, gelagar plat (*plat girder*), pengaku tumpuan atau penguat samping (*bearing stiffener*), penggantung, konsol (*bracket*). Umumnya potongan yang disambung membentuk sudut tegak lurus seperti pada Gambar 6.16(c). Jenis sambungan ini terutama bermanfaat dalam

pembuatan penampang yang dibentuk dari plat datar yang disambung dengan las sudut maupun las tumpul.

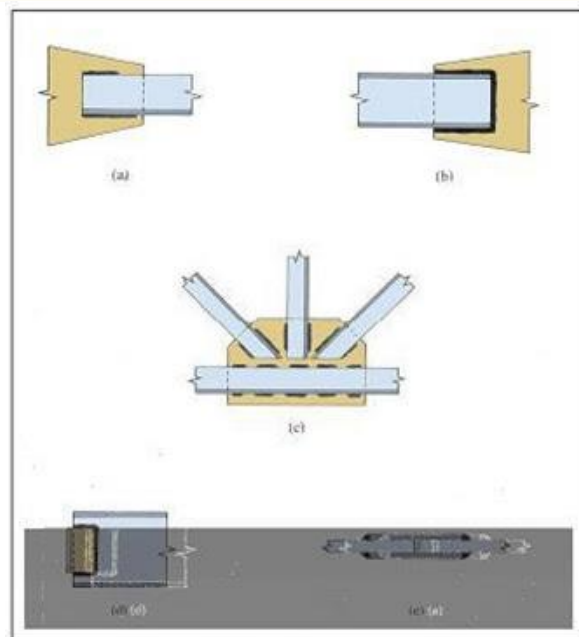
d. Sambungan Sudut

Sambungan sudut dipakai terutama untuk membuat penampang berbentuk boks segi empat seperti yang digunakan untuk kolom dan balok yang memikul momen puntir yang besar.

e. Sambungan Sisi

Sambungan sisi umumnya tidak struktural tetapi paling sering dipakai untuk menjaga agar dua atau lebih plat tetap pada bidang tertentu atau untuk mempertahankan kesejajaran (*alignment*) awal.

Seperti yang dapat disimpulkan dari pembahasan di muka, variasi dan kombinasi kelima jenis sambungan las dasar sebenarnya sangat banyak. Karena biasanya terdapat lebih dari satu cara untuk menyambung sebuah batang struktural dengan lainnya, perencana harus dapat memilih sambungan (atau kombinasi sambungan) terbaik dalam setiap persoalan. Lihat gambar 5.8.



Gambar 5.2 Sambungan sisi

- Klasifikasi Kualitas Sambungan LAS
 - Sambungan kelas I
Bila persyaratan 1 – 6 dipenuhi, dan pengelasan khusus untuk kekuatan dan kualitas material yang tinggi
 - Sambungan kelas II
Persyaratan 1-5 dipenuhi, prosedur pengelasan normal untuk beban statis maupun dinamis
 - Sambungan kelas III
Tidak ada persyaratan khusus dan sambungan tidak perlu di test

Angkur

Kecuali ditentukan lain di dalam gambar, maka angkur yang digunakan harus memiliki kualitas BJTD 40, dengan panjang penjangkaran minimal sedalam 40 kali diameter. Angkur harus memiliki ulir yang cukup sehingga pada saat digunakan benar-benar dapat berfungsi secara benar.

Cat dasar/primer dan cat finish

Seluruh material baja harus dilindungi dengan cat dasar Zinc Chromate dengan tebal seperti tertera di dalam spesifikasi yang ditentukan. Sedangkan untuk cat finish tertera di dalam spesifikasi teknis arsitektur dan jika tidak disebutkan harus mengikuti ketentuan di dalam spesifikasi teknis.

Angkur khusus

Untuk menghubungkan elemen struktur beton lama dengan yang baru diperlukan suatu angkur khusus. Angkur tersebut harus berasal dari pabrik Fischer.

6. Penggantian Profil/ Penampang

Pada prinsipnya dalam tahap perencanaan, profil yang digunakan adalah profil yang diproduksi oleh pabrik. Apabila ternyata profil tersebut tidak tersedia, maka Pelaksana dapat mengganti profil tersebut dengan profil lain yang disetujui oleh Konsultan / Direksi. Usulan perubahan tersebut harus dilengkapi dengan perhitungan yang menunjukkan bahwa profil pengganti tersebut minimal sama kuat dan kakunya dengan profil yang digantikan. Juga harus diperhatikan bahwa tinggi profil pengganti harus mempunyai tinggi maksimal sama dengan profil

original, sehingga tidak mengurangi ruang peralatan M&E. Walaupun perubahan profil tersebut disetujui, Pelaksana tetap harus mengantisipasi perubahan tersebut, agar tidak terjadi klaim terhadap waktu pelaksanaan maupun biaya

7. Toleransi dimensi, panjang dan kelurusan

Toleransi dimensi

Dimensi yang tercantum di dalam gambar rencana adalah dimensi sesuai dengan yang tertera di dalam tabel pabrik pembuat baja. Di dalam pembuatan terjadi variasi yang menyebabkan terjadinya perbedaan dengan dimensi rencana. Perbedaan terhadap panjang, lebar serta tebal diizinkan sebesar harga terkecil antara 1/32 inci (0.75 mm) atau 5 % dari dimensi rencana.

Toleransi panjang

Untuk elemen baja (balok, kolom) yang dipasang merangka satu terhadap lainnya, toleransi panjang diizinkan sebesar 1/16 inci (1.50 mm) untuk elemen dengan panjang kurang dari 9.00 meter dan sebesar 1/8 inci (3.00 mm) untuk panjang lebih dari 9.00 meter.

Toleransi kelurusan

Kelurusan dari elemen baja dibatasi sebesar 1/500 bentang di antara 2 titik tumpunya, kecuali ditentukan lain oleh Konsultan / Direksi.

8. Uji material

Contoh Material

Pelaksana wajib menyediakan contoh material (baja, baut dan lain lain) untuk diuji pada laboratorium yang disetujui oleh Konsultan / Direksi. Segala biaya pengujian harus termasuk di dalam penawaran yang diajukan.

Uji pengelasan

Apabila dianggap perlu oleh Konsultan / Direksi, maka akan dilakukan testing pada hasil pengelasan. Tipe dan jumlah test untuk pengelasan disesuaikan dengan kebutuhan sesuai AWS serta dilakukan atas biaya Pelaksana.

9. Syarat-syarat Pelaksanaan

Gambar kerja/ shop drawing

Sebelum fabrikasi dimulai, Pelaksana harus membuat gambar-gambar kerja yang diperlukan dan menyerahkan gambar kerja untuk diperiksa dan disetujui Konsultan / Direksi. Bilamana disetujui, Pelaksana dapat mulai pekerjaan fabrikasinya. Pemeriksaan dan persetujuan Konsultan MK atas gambar kerja tersebut hanya menyangkut segi kekuatan struktur saja seperti :

- Ukuran/dimensi profil, ketebalan plat-plat, ukuran/jumlah baut/las, tebal pengelasan. Ketepatan ukuran-ukuran panjang, lebar, tinggi atau posisi dari elemen-elemen konstruksi baja yang berhubungan dengan pengangkutan menjadi tanggung jawab Pelaksana. Dengan kata lain walaupun semua gambar kerja telah disetujui Konsultan / Direksi, tidaklah berarti mengurangi atau membebaskan Pelaksana dari tanggung jawab ketidak tepatan serta kemudahan dalam erection elemen-elemen konstruksi baja.
- Pengukuran dengan skala dalam gambar sama sekali tidak diperkenankan.
- Pada gambar kerja harus sudah terlihat bagian-bagian tambahan yang diperlukan untuk keperluan montase serta cara-cara montase yang direncanakan.

Fabrikasi

1. Selama proses fabrikasi Konsultan / Direksi harus menempatkan staffnya yang berpengalaman dalam fabrikasi baja secara penuh untuk mengawasi pelaksanaan fabrikasi di bengkel kerja Pelaksana.
2. Pelaksana harus memberikan *Fabrication Manual Procedure* termasuk *Procedur Quality Control* kepada Konsultan MK untuk disetujui.
3. Fabrikasi dari elemen-elemen konstruksi baja harus dilaksanakan oleh tukang-tukang yang berpengalaman dan diawasi oleh mandor-mandor yang ahli dalam konstruksi baja.

4. Semua elemen-elemen harus difabrikasi sesuai dengan ukuran-ukuran dan/atau bentuk yang diinginkan tanpa menimbulkan distorsi-distorsi atau kerusakan-kerusakan lainnya dengan memperhatikan persyaratan untuk penanganan sambungan-sambungan serta las di lapangan dan sebagainya.
5. Pemotongan-pemotongan elemen-elemen harus dilaksanakan dengan rapi dan pemotongan besi harus dilakukan dengan alat pemotong (brender) atau gergaji besi. Pemotongan dengan mesin las sama sekali tidak diperbolehkan.

Tanda/Label

pada konstruksi baja

1. Semua konstruksi baja yang telah selesai difabrikasi harus dibedakadengan kode yang jelas sesuai bagian masing-masing agar dapat dipasang dengan mudah.
2. Kode tersebut ditulis dengan cat agar tidak mudah terhapus.
3. Pelat-pelat sambungan dan bagian elemen lain yang diperlukan untuk sambungan-sambungan di lapangan, harus dibaut/diikat sementara dulu pada masing-masing elemen dengan tetap diberi tanda-tanda.

Pengelasan

1. Pengelasan harus dilaksanakan sesuai AWS atau AISC Specification dan baru dapat dilaksanakan setelah mendapatkan ijin tertulis dari Konsultan / Direksi. Pengelasan harus dilakukan dengan las listrik, bukan dengan las karbit.
2. Kawat las yang dipakai adalah harus dari produk yang disetujui oleh Konsultan / Direksi. Ukuran kawat las disesuaikan dengan tebal pengelasan.
3. Pelaksana harus menyediakan tukang las yang berpengalaman dengan hasil pengalaman yang baik dalam melaksanakan konstruksi baja sejenis. Hal ini harus dibuktikan dengan menunjukkan sertifikat yang masih berlaku.
4. Pelaksana harus memperhatikan dengan seksama tipe dan ukuran las yang tercantum di dalam gambar (las sudut, las tumpul dan lain-lain), dan Pelaksana harus mempunyai alat untuk mengukur tebal las sehingga

dengan mudah dapat diketahui apakah tebal las sudah sesuai dengan gambar atau tidak.

5. Permukaan bagian yang akan dilas harus dibersihkan dari cat, minyak, karat dan bekas-bekas potongan api yang kasar dengan menggunakan *mechanical wire brush* dan untuk daerah-daerah yang sulit dapat digunakan sikat baja. Bekas potongan api harus dihaluskan dengan menggunakan gurinda agar permukaan baja menjadi baik. Kerak bekas pengelasan harus dibersihkan dan disikat.
6. Metode pengelasan harus dilakukan sedemikian rupa sehingga tidak timbul distorsi dan tegangan residual pada elemen konstruksi baja yang dilas. Pengelasan pada pertemuan elemen-elemen yang padat seperti pada tumpuan harus dilakukan dengan teknik preheating.
7. Pada pekerjaan las dimana terjadi banyak lapisan las (pengelasan lebih dari satu kali), maka sebelum dilakukan pengelasan berikutnya lapisan terdahulu harus dibersihkan dahulu dari kerak-kerak las/slag dan percikan-percikan logam yang ada. Lapisan las yang berpori-pori atau retak atau rusak harus dibuang sama sekali.
8. Untuk memudahkan pelaksanaan serta mendapatkan mutu pengelasan yang baik, maka pada dasarnya semua pekerjaan pengelasan harus dilakukan di bengkel. Bila akan mengadakan pengelasan lapangan harus seijin tertulis dari Konsultan / Direksi.
9. Perhatian khusus diberikan pada pengelasan yang dilakukan di lapangan (*field weld*), dimana posisi dari tukang las harus sedemikian sehingga dapat dengan mudah melakukan pengelasan dengan hasil yang baik tanpa mengabaikan keselamatan kerja.
10. Pada semua pengelasan harus dilakukan pemeriksaan visual untuk mengetahui apakah
 - Persiapan pengelasan sudah dilakukan dengan baik (bersih, gap yang cukup dan lain-lain).
 - Las yang ada tidak berpori, undercut, retak permukaan atau cacat-cacat lain.
 - Ukuran dan tipe las sudah sesuai gambar.

11. Pada jumlah lokasi 30% dari seluruh lokasi pengelasan juga harus dilakukan "*Liquid Penetrant Test*". Lokasi pengetesan ditentukan oleh Konsultan / Direksi.
12. Apabila dianggap perlu oleh Konsultan / Direksi atau apabila ada keraguan terhadap hasil "*Liquid Penetrant Test*" tersebut, maka Konsultan / Direksi dapat meminta pada Pelaksana untuk juga melakukan *Radiographic Test*.
13. Laboratorium uji las yang ditunjuk harus mendapat persetujuan Konsultan / Direksi dan semua biaya pengujian las menjadi tanggung jawab Pelaksana.

Baut penyambung dan Angkur.

1. Pelaksana harus melakukan pengujian terhadap baut pada laboratorium yang disetujui oleh Konsultan MK, sebelum Pelaksana memesan baut yang akan dipakai.
2. Jumlah baut yang diuji untuk masing-masing ukuran adalah minimum 3 (tiga) buah.
3. Walaupun test baut tersebut memenuhi syarat, Konsultan / Direksi berhak untuk meminta diadakan uji baut lainnya dengan jumlah 1 (satu) baut dari setiap 250 baut yang digunakan. Biaya pengujian baut tersebut ditanggung oleh Pelaksana.
4. Posisi lubang-lubang baut harus benar-benar tepat dan sesuai dengan diameter baut. Jika tidak disebutkan secara khusus di dalam gambar, maka diameter lubang baut maksimal 1.60 mm (1/16 inci) lebih besar dari

diameter baut. Pelaksana tidak boleh membuat lubang baru di lapangan tanpa seijin Konsultan / Direksi.

5. Pembuatan lubang baut harus memakai bor, untuk konstruksi yang tipis, maksimum 10 mm, boleh memakai mesin pons. Membuat lubang baut dengan api sama sekali tidak diperkenankan.
6. Pemasangan dan pengencangan baut harus dikerjakan dengan kunci momen torsi yang sebelumnya sudah dikalibrasi, sebagai berikut :

Diameter Baut		Torsi	
(inci)	(mm)	(lbs.ft)	(kg.m)
½	12	90	12,454
5/8	16	180	24,908
¾	19	320	44,287
7/8	22	470	65,038
1	25	710	98,249
1 1/8	28	960	132,844
1 ¼	32	1.350	186,872
1 ½	38	2.580	357,018

Tabel 5.1 Besar torsi berdasarkan diameter baut

7. Setiap pengencangan baut harus dilakukan sampai mencapai gaya tarik baut sesuai dengan spesifikasi AISC. Pelaksanaannya harus diawasi secara langsung oleh Konsultan / Direksi.
8. Panjang baut harus sedemikian rupa, sehingga setelah dikencangkan masih dapat paling sedikit 4 ulir yang menonjol pada permukaan, tanpa menimbulkan kerusakan pada ulir baut tersebut. Panjang baut yang tidak memenuhi syarat ini harus diganti dan tidak boleh digunakan.
9. Untuk menghindarkan adanya baut yang belum dikencangkan maka baut-baut yang sudah dikencangkan harus diberi tanda dengan cat.

Percobaan Pengangkatan di Bengkel

Untuk memudahkan pengangkatan konstruksi baja di lapangan, maka disyaratkan agar dilakukan percobaan pengangkatan di pabrik (*workshop assembly*), sehingga dapat diketahui dengan jelas mengenai ketepatan/keakuratan elemen-elemen konstruksi baja yang terpasang berikut sambungan-sambungannya. Percobaan tersebut penting untuk dilaksanakan, agar dapat diketahui dengan pasti ketepatan ukuran dan juga kekuatan konstruksi baja tersebut, serta dapat dilakukan penyempurnaan sebelum baja tersebut dipasang pada tempatnya.

Metode Pengangkatan

- Waktu pengajuan.

1. Selambat-lambatnya 2 (dua) minggu sebelum pengangkatan dimulai, Pelaksana harus mengajukan secara tertulis permohonan untuk hal ini. Metode dan skedul pengangkatan tersebut harus disetujui oleh Konsultan / Direksi.
2. Metode pengangkatan harus mencakup antara lain :
 1. Rencana pengiriman baja dari bengkel.
 2. Lokasi penyimpanan elemen baja yang hendak dipasang.
 3. Alat-alat bantu yang digunakan berikut perlengkapannya.
 4. Urut-urutan pengangkatan.
 5. Langkah pengamanan selama pengangkatan berlangsung.
 6. Pengaku sementara untuk pengamanan konstruksi selama pengangkatan berlangsung.
 7. Skedul pengangkatan elemen-elemen baja.
 8. Perlengkapan yang diperlukan sebelum dan selama pengangkatan.

Pemeriksaan akhir sebelum pengiriman.

Pelaksana harus membuat jadwal rencana pengiriman dari pabrik ke lapangan kepada Konsultan MK. Dengan jadwal tersebut, Konsultan / Direksi dapat mengatur waktu untuk pemeriksaan akhir sebelum baja dikirim. Setiap pengiriman tanpa pemberitahuan terlebih dahulu dapat ditolak oleh Konsultan / Direksi dan risiko biaya serta akibat lainnya menjadi tanggung jawab Pelaksana sepenuhnya.

Lokasi penempatan baja di lapangan.

Penempatan elemen baja di lapangan harus pada tempat yang kering/ terlindung sehingga elemen-elemen tersebut tetap dalam kondisi baik hingga terpasang. Konsultan / Direksi berhak untuk menolak elemen-elemen baja yang rusak karena salah penempatan atau rusak akibat proses apapun juga.

Waktu pengangkatan.

Pengangkatan elemen-elemen baja hanya boleh dilaksanakan setelah metode dan jadwal pengangkatan disetujui oleh Konsultan / Direksi.

Posisi angkur dll.

Sebelum pengangkatan dimulai, Pelaksana harus memeriksa kembali dudukan/ posisi angkur-angkur baja untuk memastikan bahwa semuanya dalam kondisi baik dan tidak mengalami kerusakan, demikian juga dengan jarak dan lain-lain sesuai dengan gambar kerja.

Perhatian khusus dalam pemasangan angkur-angkur untuk rangka baja dimana jarak-jarak/kedudukan angkur-angkur harus tetap dan akurat untuk mencegah ketidakcocokan dalam erection, untuk ini harus dijaga agar selama pengecoran angkur-angkur tersebut tidak bergeser, misalnya dengan mengelas pada tulangan kolom/balok atap.

Keselamatan di lapangan.

Pelaksana bertanggung jawab atas keselamatan pekerja-pekerjanya di lapangan. Untuk itu Pelaksana harus menyediakan ikat pinggang pengaman, topi

pengaman, sarung tangan dan alat lain yang diperlukan selama pekerjaan berlangsung.

Kegagalan pengangkatan

Pelaksana harus merencanakan pengangkatan ini dengan baik dan mempersiapkan segala alat penunjang agar proses pengangkatan dapat berjalan sesuai dengan rencana. Kegagalan pengangkatan akibat kelalaian maupun sebab lainnya menjadi tanggung jawab Pelaksana sepenuhnya, baik terhadap biaya maupun waktu.

Kerusakan elemen baja

Secara prinsip elemen baja yang rusak baik karena salah pemotongan maupun tidak memenuhi toleransi yang disyaratkan tidak diizinkan untuk digunakan, kecuali diizinkan oleh Konsultan / Direksi.

Tenaga ahli untuk pengangkatan.

Untuk proses pengangkatan di lapangan, Pelaksana harus menyediakan tenaga ahli dalam bidang konstruksi baja yang senantiasa mengawasi dan bertanggung jawab atas pekerjaan ini. Tenaga ahli untuk mengawasi pekerjaan tersebut harus mendapat persetujuan tertulis dari Konsultan / Direksi.

Las lapangan.

Secara prinsip las di lapangan sedapat mungkin dihindarkan. Jika pengelasan harus dilakukan di lapangan dengan alasan tertentu, maka Pelaksana wajib membuktikan bahwa hasil las lapangan tersebut secara teknis memenuhi syarat. Untuk itu Pelaksana harus mengusulkan cara pengujian atas hasil las lapangan ini, agar dapat disetujui oleh Konsultan / Direksi. Uji las tersebut meliputi antara lain tebal las, kualitas las dan kepadatan las.

Pengecatan

Persiapan Pengecatan

Semua permukaan elemen baja sebelum dicat harus bebas dari :

1. Lapisan mill, yaitu lapisan tipis mengkilap yang berasal dari pabrik baja.

2. Karat
3. Minyak dan bahan kimia lainnya.
4. Kotoran yang akan mempengaruhi kualitas pengecatan.

Pembersihan harus dilakukan dengan menggunakan "*mechanical wire brush*" (sikat baja mekanis) dan tidak boleh menggunakan sikat baja manual, kecuali hanya untuk permukaan-permukaan yang betul-betul tidak dapat dijangkau oleh "*mechanical wire brush*" tersebut, sebelum pengecatan dilakukan. Pembersihan dengan menggunakan *sand blasting* sangat dianjurkan, terutama untuk permukaan baja yang mengalami korosi.

Pengecatan Primer/Dasar

Setelah persiapan pengecatan seperti tersebut di atas, elemen baja dicat dasar sebagai berikut :

Item	Cat Dasar
Tipe	Zinc Chromate
Ketebalan	35 micron
Cat dilakukan di	Workshop/ pabrik

Tabel 5.2 Item pengecatan dasar

Apabila cat dasar yang sudah dilakukan belum sempurna, maka Pelaksana wajib memperbaiki kondisi ini dengan melakukan pembersihan atas cat dasar tersebut dan pengecatan diulang kembali sesuai dengan prosedur yang ada.

Cat Finish.

Jika tidak disebutkan secara khusus maka cat finish harus dilakukan 2 (dua) kali dengan ketentuan sebagai berikut :

Item	Cat Finish I	Cat Finish II
Tipe	Cat gloss enamel	Cat gloss enamel
Ketebalan	30 micron	30 micron
Cat dilakukan di	Pabrik	Pabrik

Tabel 5.3 Item pengecatan finishing

Sama seperti cat dasar, maka cat finish I maupun cat finish II baru boleh dilaksanakan setelah lapisan cat-cat sebelumnya betul-betul kering. Pelaksana

wajib melakukan pengecatan sehingga hasil yang diperoleh sesuai dengan yang diinginkan. Hasil yang tidak sempurna, harus diperbaiki dan Pelaksana bertanggung jawab atas segala risiko yang terjadi.

Pemeriksaan tebal cat.

Untuk memeriksa tebal cat, Pelaksana harus menyediakan alat ukur khusus untuk itu.

Baja yang dibungkus dan baja sementara.

Khusus untuk elemen baja yang akan dibungkus beton atau baja yang tidak permanen, maka bagian permukaan tersebut hanya dicat dengan cat dasar saja.

Anti Lendut

Secara umum konstruksi baja harus difabrikasi dengan memperhatikan anti lendut khususnya untuk kuda-kuda dan kantilever. Besarnya anti lendut adalah minimum sama dengan besarnya lendutan akibat beban mati. Besarnya anti lendut tersebut dapat dilihat pada gambar atau jika tidak disebutkan secara khusus besarnya adalah sebesar $1/350$ kali bentang.

D. Aktifitas Pembelajaran

Kegiatan belajar mengajar agar penguasaan materi baja yang diampu dapat tercapai dengan:

- Menerangkan kepada siswa tentang pekerjaan persiapan dalam konstruksi baja
- Memastikan semua siswa/peserta didik mendapatkan kesempatan yang sama untuk berpartisipasi aktif dalam kegiatan belajar mengajar misalnya dalam bertanya, mengungkapkan pendapat dan berdiskusi.
- Siswa dapat memahami segala hal yang perlu diperhatikan dalam berbagai persiapan dalam melakukan konstruksi baja
- Siswa telah mendapatkan ketentuan serta peraturan dasar pekerjaan persiapan dalam konstruksi baja

Melakukan penilaian secara rutin pada siswa dalam menyelesaikan tugas yang diberikan.

Kegiatan Pengamatan

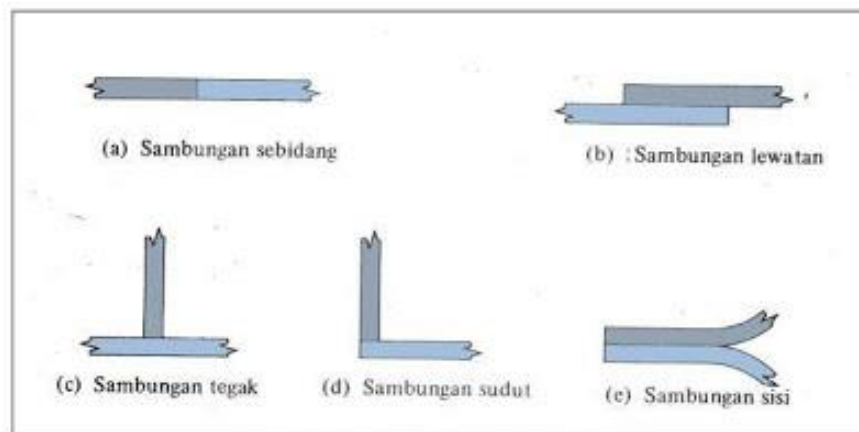
1. Amatilah Gambar berikut ini



Ada beberapa span baja disusun rapi untuk dilakukan persiapan pembersihan karat dan persiapan pengecatan anti karat.

diminta : jelaskan pemahaman saudara tentang kasus di atas berkaitan dengan topik pekerjaan persiapan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi baja.

2. Setelah mempelajari materi di atas, amatilah jenis-jenis sambungan las berikut ini.



Buatlah idealisasi sambungan yang ada pada gambar tersebut di atas.

3. Amatilah persiapan gambar berikut ini:



Gambar ini menunjukkan bahwa sebelum baja di install/dipasang menjadi suatu konstruksi baja, terlebih dahulu dilakukan pengecatan agar efisiensi dan pengerjaannya lebih mudah.

4. Amatilah Konstruksi atap berikut ini.



Jelaskanlah idealisasi persiapan pekerjaan baja sebelum dilakukan install/pemasangan konstruksi baja.

E. Latihan

- 1) Persiapan apa saja yang perlu dilaksanakan dalam pelaksanaan konstruksi baja?
- 2) Jenis sambungan apa saja yang dapat dipilih untuk merencanakan konstruksi baja?
- 3) Terdiri dari apa saja Perencanaan pengecatan pada baja?

F. Rangkuman

- 1) Pekerjaan persiapan akan sangat berpengaruh pada waktu kerja proyek. Dengan persiapan yang matang maka proyek akan dapat selesai dengan waktu yang telah ditentukan
- 2) Segala hal seperti tenaga kerja, material peralatan, pengukuran lapangan, tenaga ahli, serta desai harus benar-benar dipertimbangkan demi tercapainya efisiensi kerja.

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Pada saat ini umpan balik yang melibatkan guru dapat dilakukan sebagai berikut:

- 1) Beri kesempatan siswa untuk memberikan jawaban atau untuk didiskusikan dengan teman temannya. Komentar yang datang dari berbagai pihak sehingga terjadi pembicaraan antara guru dengan siswa, dan siswa dengan siswa. Dengan diskusi semacam ini, siswa yang bertanya akan mengetahui bagaimana cara pemecahannya.
- 2) Agar siswa lebih memahami secara sistematis pekerjaan persiapan disajikan dalam bentuk diagram hingga dimulainya proses penstrukturan baja

Kegiatan Pembelajaran 6

Merencanakan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Serta Lingkungan Hidup K3LH Pada Pekerjaan Konstruksi Baja

A. Tujuan

Peserta Diklat mampu Merencanakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Lingkungan Hidup K3LH pada pekerjaan konstruksi baja.

B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Peserta Diklat mampu Merencanakan sarana dan prasarana Keselamatan dan Kesehatan Kerja serta Lingkungan Hidup K3LH.

C. Uraian Materi

1. Latar Belakang

- a. Kegiatan konstruksi merupakan unsur penting dalam pembangunan
- b. Kegiatan konstruksi menimbulkan berbagai dampak yang tidak diinginkan antara lain yang menyangkut aspek keselamatan kerja dan lingkungan.
- c. Kegiatan konstruksi harus dikelola dengan memperhatikan standar dan ketentuan K3L yang berlaku.

2. Definisi/ Pengertian Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

K3 adalah suatu ilmu pengetahuan dan penerapan guna mencegah kemungkinan terjadinya kecelakaan dan penyakit yang disebabkan oleh pekerjaan dan lingkungan kerja. Menurut America Society of safety and Engineering (ASSE) K3 diartikan sebagai bidang kegiatan yang ditujukan untuk mencegah semua jenis kecelakaan yang ada kaitannya dengan lingkungan dan situasi kerja. Secara umum keselamatan kerja dapat dikatakan sebagai ilmu dan penerapannya yang berkaitan dengan mesin, pesawat, alat kerja, bahan dan proses pengolahannya, landasan tempat kerja dan lingkungan kerja serta cara melakukan pekerjaan guna menjamin

keselamatan tenaga kerja dan aset perusahaan agar terhindar dari kecelakaan dan kerugian lainnya. Keselamatan kerja juga meliputi penyediaan APD, perawatan mesin dan pengaturan jam kerja yang manusiawi.

Dalam K3 juga dikenal istilah Kesehatan Kerja, yaitu : suatu ilmu yang penerapannya untuk meningkatkan kualitas hidup tenaga kerja melalui peningkatan kesehatan, pencegahan Penyakit Akibat Kerja meliputi pemeriksaan kesehatan, pengobatan dan pemberian makan dan minum bergizi. Istilah lainnya adalah Ergonomy yang merupakan keilmuan dan aplikasinya dalam hal sistem dan desain kerja, keserasian manusia dan pekerjaannya, pencegahan kelelahan guna tercapainya pelaksanaan pekerjaan secara baik. Dalam pelaksanaannya K3 adalah salah satu bentuk upaya untuk menciptakan tempat kerja yang aman, sehat dan bebas dari pencemaran lingkungan, sehingga dapat mengurangi dan atau bebas dari kecelakaan dan PAK yang pada akhirnya dapat meningkatkan sistem dan produktifitas kerja.

Keselamatan dan kesehatan kerja (K3) merupakan instrumen yang memproteksi pekerja, perusahaan, lingkungan hidup, dan masyarakat sekitar dari bahaya akibat kecelakaan kerja. Perlindungan tersebut merupakan hak asasi yang wajib dipenuhi oleh perusahaan. K3 bertujuan mencegah, mengurangi, bahkan menihilkan risiko kecelakaan kerja (zero accident). Penerapan konsep ini tidak boleh dianggap sebagai upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja yang menghabiskan banyak biaya (cost) perusahaan, melainkan harus dianggap sebagai bentuk investasi jangka panjang yang memberi keuntungan yang berlimpah pada masa yang akan datang.

Terdapat beberapa pengertian dan definisi K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) yang dapat diambil dari beberapa sumber, di antaranya ialah pengertian dan definisi K3 menurut Filosofi, Keilmuan serta menurut standar OHSAS 18001:2007.

Berikut adalah pengertian dan definisi K3 :

- Filosofi (Mangkunegara) : Suatu pemikiran dan upaya untuk menjamin keutuhan dan kesempurnaan jasmani maupun rohani tenaga kerja khususnya dan manusia pada umumnya serta hasil karya dan budaya menuju masyarakat adil dan makmur.
- Keilmuan : Semua Ilmu dan Penerapannya untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja, penyakit akibat kerja (PAK), kebakaran, peledakan dan pencemaran lingkungan.
- OHSAS 18001:2007 : Semua kondisi dan faktor yang dapat berdampak pada keselamatan dan kesehatan kerja tenaga kerja maupun orang lain (kontraktor, pemasok, pengunjung dan tamu) di tempat kerja.

Sistem Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja (SMK3) yang dikembangkan di bidang konstruksi dan pekerjaan umum pada umumnya mengacu pada suatu standar internasional, yang telah digunakan di berbagai negara di dunia, termasuk Indonesia, yaitu : OHSAS 18001:1999.

Di Indonesia, peraturan terbaru yang mengatur tentang SMK3 sendiri ialah Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 05/PRT/M/2014 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) Konstruksi bidang Pekerjaan Umum.

3. Karakteristik Kegiatan Proyek Konstruksi

1. Memiliki masa kerja terbatas
2. Melibatkan jumlah tenaga kerja yang besar
3. Melibatkan banyak tenaga kerja kasar (labour) yang berpendidikan relatif rendah
4. Memiliki intensitas kerja yang tinggi
5. Bersifat multidisiplin dan multi crafts
6. Menggunakan peralatan kerja beragam, jenis, teknologi, kapasitas dan kondisinya
7. Memerlukan mobilisasi yang tinggi (peralatan, material dan tenaga kerja)

4. Alat Perlindungan Diri

a. Defenisi Alat Pelindungan Diri (APD)

Alat pelindung diri (APD) adalah suatu kewajiban dimana biasanya para pekerja atau buruh bangunan yang bekerja disebuah proyek atau pembangunan sebuah gedung, diwajibkan menggunakannya. Kewajiban itu sudah disepakati oleh pemerintah melalui Departemen tenaga Kerja Republik Indonesia. Alat-alat demikian harus memenuhi persyaratan tidak mengganggu kerja dan memberikan perlindungan efektif terhadap jenis bahaya.

Alat Pelindung diri (APD) berperan penting terhadap Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Dalam pembangunan nasional, tenaga kerja memiliki peranan dan kedudukan yang penting sebagai pelaku pembangunan. Sebagai pelaku pembangunan perlu dilakukan upaya-upaya perlindungan baik dari aspek ekonomi, politik, sosial, teknis, dan medis dalam mewujudkan kesejahteraan tenaga kerja.

Bahaya yang mungkin terjadi pada proses produksi dan diprediksi akan menimpa tenaga kerja adalah sebagai berikut :

- a. Tertimpa benda keras dan berat
- b. Tertusuk atau terpotong benda tajam
- c. Terjatuh dari tempat tinggi
- d. Terbakar atau terkena aliran listrik
- e. Terkena zat kimia berbahaya pada kulit atau melalui pernafasan
- f. Pendengaran menjadi rusak karena suara kebisingan
- g. Penglihatan menjadi rusak diakibatkan intensitas cahaya yang tinggi
- h. Terkena radiasi dan gangguan lainnya.

Sedangkan kerugian yang harus ditanggung oleh pekerja maupun pihak pemberi kerja apabila terjadi kecelakaan adalah :

- a. Produktivitas pekerja berkurang selama sakit
- b. Adanya biaya perawatan medis atas tenaga kerja yang terluka, cacat, bahkan meninggal dunia
- c. Kerugian atas kerusakan fasilitas mesin dan yang lainnya
- d. Menurunnya efisiensi perusahaan.

Alat Pelindung Diri (APD) bukanlah alat yang nyaman apabila dikenakan tetapi fungsi dari alat ini sangatlah besar karena dapat mencegah penyakit akibat kerja ataupun kecelakaan pada waktu bekerja. Pada kenyataannya banyak pekerja yang masih belum menggunakan alat pelindung diri ini karena merasakan ketidaknyamanan.

b. Penggunaan Alat Pelindung Diri

Peraturan yang mengatur penggunaan alat pelindung diri ini tertuang dalam pasal 14 Undang-undang Nomor 1 tahun 1970 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja, dimana setiap pengusaha atau pengurus perusahaan wajib menyediakan Alat Pelindung Diri secara cuma-cuma terhadap tenaga kerja dan orang lain yang memasuki tempat kerja. Berdasarkan peraturan tersebut secara tidak langsung setiap pekerja diwajibkan untuk memakai APD yang telah disediakan oleh perusahaan.

Alat Pelindung Diri yang disediakan oleh pengusaha dan dipakai oleh tenaga kerja harus memenuhi syarat pembuatan, pengujian dan sertifikat. Tenaga kerja berhak menolak untuk memakainya jika APD yang disediakan jika tidak memenuhi syarat.

Macam-macam alat pelindung diri adalah sebagai berikut ini :

1. *Helm Safety/ Helm Kerja (Hard hat)*

Helm kerja dijaga keadaannya dengan pemeriksaan rutin yang menyangkut cara penyimpanan, kebersihan serta kondisinya oleh manajemen lini. Apabila dalam pemeriksaan tersebut ditemukan alat helm kerja yang kualitasnya tidak sesuai persyaratan maka alat tersebut ditarik serta tidak dibenarkan untuk dipergunakan (retak-retak, bolong atau tanpa system suspensinya). Topi Pengaman untuk penggunaan yang bersifat umum dan pengaman dari tegangan listrik yang egangan listrik tinggi. Perlindungan terhadap tenaga listrik, biasanya terbuat dari logam yang digunakan untuk pemadam kebakaran. Pada tempat konstruksi warna helm berbeda-beda sesuai dengan keahlian, lihat gambar 6.1.



Gambar 6.1. Helm proyek

Pengujian mekanik terhadap produktifitas helm proyek

- Dengan menjatuhkan benda seberat 3 kg dari ketinggian 1m, topi tidakboleh pecah atau benda tak boleh menyentuh kepala.
- Jarak antara lapisan luar dan lapisan dalam dibagian puncak ; 4-5 cm.
- Tidak menyerap air dengan direndam dalam air selama 24 jam. Airyang diserap kurang 5% beratnya
- Tahan terhadap api
- Topi dibakar selama 10 detik dengan pembakar bensin atau *propane*, dengan nyala api bergaris tengah 1 cm. Api harus padam setelah 5detik.

Manfaat Topi/Tudung: Untuk melindungi kepala dari zat-zat kimia berbahaya dari Iklimyang berubah-ubah, dari bahaya api dan lain sebagainya. Setiap manajemen lini harus memiliki catatan jumlah karyawan yangmemiliki helm kerja dan telah mengikuti training.

2. SEPATU PENGAMAN

Sepatu pengaman harus dapat melindungi tenaga kerja terhadap kecelakaan-kecelakaan yang disebabkan oleh beban berat yang menimpa kaki, paku-paku atau benda tajam lain yang mungkin terinjak, logam pijar, larutan asam dan sebagainya. Biasanya sepatu kulit yang buatannya kuat dan baik cukup memberikan perlindungan, tetapi terhadap kemungkinan tertimpa benda-benda berat masih perlu sepatu dengan ujung bertutup baja dengan lapisan baja didalam solnya. Lapisan baja dalam sol sepatu perlu

untuk melindungi pekerja dari tusukan benda runcing khususnya pada pekerjaan bangunan.



Gambar 6.2. Sepatu proyek

Untuk keadaan tertentu kadang-kadang harus diberikan kepada tenaga kerja sepatu pengaman yang lain. Misalnya, tenaga pekerja yang bekerja dibidang listrik harus mengenakan sepatu konduktor, yaitu sepatu tanpa paku dan logam, atau tenaga kerja ditempat yang menimbulkan peledakan diwajibkan memakai sepatu yang tidak menimbulkan loncatan bunga api, lihat gambar 6.2.

Alat pelindung kaki berfungsi untuk melindungi kaki dari:

- Tertimpa benda-benda berat
- Terbakar karena logam cair, bahan kimia korosif
- *Dermatitis* karena zat-zat kimia
- Tersandung, tergelincir

3. SARUNG TANGAN

Sarung tangan harus disediakan dan diberikan kepada tenaga kerja dengan pertimbangan akan bahaya-bahaya dan persyaratan yang diperlukan. Antara lain syaratnya adalah bebannya bergerak jari dan tangan. Macamnya tergantung pada jenis kecelakaan yang akan dicegah yaitu tusukan, sayatan, terkena benda panas, terkena bahan kimia, terkena aliran listrik, terkena radiasi dan sebagainya.



Gambar 6.3. Sarung tangan

Harus diingat bahwa memakai sarung tangan ketika bekerja pada mesin pengebor, mesin penekan dan mesin lainnya yang dapat menyebabkan tertariknya sarung tangan ke mesin adalah berbahaya. Sarung tangan juga sangat membantu pada pengerjaan yang berkaitan dengan benda kerja yang panas, tajam ataupun benda kerja yang licin. Sarung tangan juga dipergunakan sebagai isolator untuk pengerjaan listrik, lihat gambar 6.3.

Alat Pelindung tangan berfungsi untuk melindungi tangan dan jari-jari dari:

- Suhu ekstrim (panas dan dingin)
- Radiasi elektromagnetik
- Radiasi mengion
- Dll

Sarung Tangan untuk pekerjaan yang dapat menimbulkan cedera lecet atau terluka pada tangan seperti pekerjaan pembesian fabrikasi dan penyetelan, pekerjaan las, membawa barang-barang berbahaya dan korosif seperti asam dan alkali. Bentuk sarung tangan bermacam-macam, seperti:

- Sarung tangan (*gloves*)
- *Mitten*
- *Hand pad*, melindungi telapak tangan dan *sleeve* melindungi pergelangan tangan sampai lengan

Ada berbagai sarung tangan yang dikenal antara lain :

- a. Sarung Tangan Kulit, digunakan untuk pekerjaan pengelasan, pekerjaan pemindahan pipa dll. Berfungsi untuk melindungi tangan dari permukaan kasar.
- b. Sarung Tangan Katun, digunakan pada pekerjaan besi beton, pekerjaan bobokan dan batu, pelindung pada waktu harus menaiki tangga untuk pekerjaan ketinggian.

- c. Sarung Tangan Karet, digunakan untuk pekerjaan listrik yang dijaga agar tidak ada yang robek supaya tidak terjadi bahaya kena arus listrik.
- d. Sarung Tangan Asbes/Katun/Wol, digunakan untuk melindungi tangan dari panas dan api.
- e. Sarung Tangan *poly vinyl chloride* dan *neoprene*, digunakan untuk melindungi tangan dari zat kimia berbahaya dan beracun seperti asam kuat dan oksidan.
- f. Sarung Tangan *Paddle Cloth*, melindungi tangan dari ujung yang tajam, pecahan gelas, kotoran dan vibrasi.
- g. Sarung Tangan *latex disposable*, melindungi tangan dari *germ* dan bakteri dan hanya untuk sekali pakai.

4. KACAMATA

Kacamata pengaman digunakan untuk melindungi mata dari debu kayu, batu, atau serpihan besi yang berterbangan di tiup angin. Mengingat partikel-partikel debu berukuran sangat kecil dan halus yang terkadang tidak terlihat oleh kasat mata, lihat gambar 6.4.



Gambar 6.4. Macam-macam kacamata konstruksi

Kebanyakan tenaga kerja merasa enggan memakai kacamata karena ketidaknyamanan sehingga dengan alasan tersebut merasa mengurangi kenyamanan dalam bekerja. Sekalipun kaca mata pelindung yang memenuhi persyaratan demikian banyaknya. Upaya untuk pembinaan kedisiplinan para pekerja, atau melalui pendidikan dan keteladanan, agar tenaga kerja memakainya. Tenaga kerja yang

berpandangan bahwa resiko kecelakaan terhadap mata adalah besar akan memakainya dengan kemauan dan kesadarannya sendiri. Sebaliknya tenaga kerja yang merasa bahwa bahaya itu kecil, maka mereka tidak begitu mempedulikan dan tidak akan mau memakainya. Kesulitan akan pemakaian kaca mata ini dapat diatasi dengan berbagai cara. Pada beberapa perusahaan, tempat kerja dengan bahaya pekerjaan mata hanya boleh di masuki jika kaca mata pelindung di kenakan. Sebagaimana fungsi sebagai tempat kerja tersebut, maka suatu keharusan setiap tenaga kerja akan selalu memakai kaca mata pelindung selama jam kerja, dan barang siapa tidak memakai kaca mata pelindung akan merasa paling tidak bersaing bila dibandingkan dari kelompok tenaga kerja yang memakai kaca mata pelindung.

Alat pelindung muka dan mata berfungsi untuk melindungi muka dan mata dari:

- Lemparan benda-benda kecil
- Lemparan benda-benda panas
- Pengaruh cahaya
- Pengaruh radiasi tertentu

Kaca Mata Pelindung (*Protective Goggles*) untuk melindungi mata dari percikan logam cair, percikan bahan kimia, serta kaca mata pelindung untuk pekerjaan menggerinda dan pekerjaan berdebu.

Masker Pelindung Pengelasan yang dilengkapi kaca pengaman (*Shade of Lens*) yang disesuaikan dengan diameter batang las (*Welding Rod*), lihat gambar 6.5.

- Untuk *welding rod* 1/16" sampai 5/32" gunakan *shade* nomor 10
- Untuk *welding rod* 3/16" sampai 1/4" gunakan *shade* nomor 13

5. PERLINDUNGAN TELINGA

Alat ini digunakan untuk menjaga dan melindungi telinga dari bunyi-bunyi yang bersumber atau dikeluarkan oleh mesin yang memiliki volume suara yang cukup keras dan bising. Alat perlindungan telinga harus dilindungi terhadap percikan api, percikan logam, pijar atau partikel yang melayang. Perlindungan terhadap kebisingan dilakukan dengan sumbat atau tutup telinga, gambar 6.6.



Gambar 6.6. Pelindung telinga

6. ALAT PERLINDUNGAN DIRI LAINNYA

1. *Masih banyak terdapat alat-alat pelindung diri lainnya seperti “tali pengaman” bagi tenaga kerja yang mungkin terjatuh, selain itu mungkin pula diadakan tempat kerja khusus bagi tenaga kerja dengan segala alat proteksinya. Juga “pakaian khusus” bagi saat terjadinya kecelakaan atau untuk proses penyelamatan, lihat gambar 6.7.*



Gambar 6.7. Alat Pelindung Tubuh

Pakaian kerja harus dianggap suatu alat perlindungan terhadap bahaya-bahaya kecelakaan. Pakaian tenaga kerja pria yang bekerja melayani mesin seharusnya berlengan pendek, pas (tidak longgar) pada dada atau punggung, tidak berdasi dan tidak ada lipatan-lipatan yang mungkin mendatangkan bahaya. Bagi tenaga kerja wanita sebaiknya memakai juga celana panjang, ikat rambut, baju yang pas dan tidak memakai perhiasan-perhiasan yang dapat mengganggu saat

bekerja. Pakaian kerja sintetis hanya baik terhadap bahan-bahan kimia korosif, tetapi justru berbahaya pada lingkungan kerja dengan bahan-bahan yang dapat meledak oleh aliran listrik statis.

c. Kelebihan dan Kekurangan APD

Kekurangan :

2. Kemampuan perlindungan yang tak sempurna karena memakai APD yang kurang tepat dan perawatannya yang tidak baik.
3. Fungsi dari ADP ini hanya untuk mengurangi akibat dari kondisi yang berpotensi menimbulkan bahaya bukan untuk menyelamatkan nyawa.
4. Tidak menjamin pemakainya bebas kecelakaan karena hanya melindungi bukan mencegah.
5. Cara pemakaian APD yang salah karena kurangnya pengetahuan tentang penggunaan APD yang baik dan benar, APD tak memenuhi persyaratan standar karena perawatannya tidak baik dan kualitasnya buruk.
6. APD yang sangat sensitif terhadap perubahan tertentu.
7. APD yang mempunyai masa kerja tertentu seperti *kanister*, *filter* (digunakan untuk menahan frekuensi tertentu pada tahanan yang berubah-ubah dan lain-lain) dan penyerap (*cartridge*).
8. APD dapat menularkan penyakit bila dipakai berganti-ganti.

Kelebihan :

- 1) Mengurangi resiko akibat kecelakaan kerja yang terjadi baik sengaja maupun tidak sengaja
- 2) Melindungi seluruh/sebagian tubuhnya pada kecelakaan
- 3) Sebagai usaha terakhir apabila sistem pengendalian teknik dan administrasi tidak berfungsi dengan baik.
- 4) Memberikan perlindungan bagi tenaga kerja di tempat kerja agar terlindungi dari bahaya kerja.

d. Hal-hal yang Harus Diperhatikan Dalam Penggunaan APD

APD akan berfungsi dengan sempurna apabila telah sesuai dengan standar yang ditentukan dan dipakai secara baik dan benar. Hal-hal yang perlu diperhatikan :

1. APD yang sudah teruji dan telah memiliki SNI atau standar Internasional lainnya yang diakui.
2. Pakailah APD yang sesuai dengan jenis pekerjaan walaupun pekerjaan tersebut hanya memerlukan waktu yang singkat.
3. APD harus dipakai dengan tepat dan benar.
4. Kebiasaan memakai APD menjadi budaya. Ketidaknyamanan dalam memakai APD jangan dijadikan alasan untuk menolak memakainya.
5. APD tidak boleh diubah-ubah pemakainya, kalau memang terasa tidak nyaman dipakai harus dilaporkan kepada atasan atau pemberi kewajiban pemakaian alat tersebut.
6. Dijaga agar tetap berfungsi dengan baik.
7. Semua pekerja, pengunjung dan mitra kerja yang ada di lokasi proyek konstruksi
8. Harus memakai APD yang diwajibkan, seperti Topi Keselamatan.

e. Standar yang Dipakai

Apabila akan membeli APD kita harus berpedoman kepada standar industri yang berlaku. Belilah hanya barang yang telah mencantumkan kode SNI (Standar Nasional Indonesia) atau JIS untuk barang buatan Jepang, ANSI, BP dsb. tergantung dari negara asal barang kebutuhan proyek dan dinyatakan laik untuk pekerjaan dimaksud.

Di bawah ini beberapa contoh standar APD dengan SNI dan standar internasional lainnya.

- a. *Helmet* (topi pengaman) : ANZI Z 89,1997 standar
- b. Sepatu pengaman (*safety boot*) : SII-0645-82, DIN 4843,
- c. Australian standard AS/NZS 2210.3.2000.ANZI Z 41PT 99,SS 105,1997
- d. Sabuk pengaman : EN 795 Class C ANZI OSHA

Banyak lagi standar-standar yang diberlakukan di negara maju, tetapi yang lebih penting kalau kita memakai produk dalam negeri ujilah ketahanannya terhadap suatu beban yang akan diberikan kepadanya dengan toleransi keamanan minimal 50%. Hal ini penting karena mungkin bagi kontraktor kecil dan menengah apabila harus menyediakan produk impor akan menjadi beban yang berat bagi keuangan perusahaan. Perlu juga dipertimbangkan daya tahan dan kualitas barang yang ada untuk pemakaian di beberapa proyek pekerjaan atau beberapa periode pekerjaan sehingga akan menghemat pengeluaran.

5. Kasus Kecelakaan Konstruksi

5.1 Jatuh dari Ketinggian

Dalam industri konstruksi, jatuh adalah jenis kecelakaan kerja yang sering terjadi yang mengakibatkan korban jiwa. Kecelakaan yang bersifat jatuh lebih sering terjadi pada proyek tertentu, seperti proyek konstruksi baru, renovasi, pemeliharaan, dan pembongkaran. Di sisi lain, kecelakaan yang bersifat jatuh juga sering terjadi pada proyek pembangunan perumahan, yang sering dilakukan oleh kontraktor kecil yang memberikan pelatihan keselamatan yang relatif tidak memadai.

Menurut penelitian yang dilakukan Huang, X dkk pada tahun 2003 ketinggian rata-rata kecelakaan ini sebagian besar terjadi pada proyek-proyek yang tidak sangat tinggi, sekitar 11.41 m atau 37.4 ft. Selain itu, pekerja yang paling sering terluka adalah para buruh konstruksi, roofers, tukang kayu, pekerja logam, tukang cat, tukang batu, tukang listrik, supervisor, installer drywall, dan tukang pipa. Dari jenis cedera yang dialami hampir 65% mengalami cedera bagian kepala, gegar otak, memar, dada, leher, punggung, perut, dan kaki. Sebagai perbandingan, untuk semua jenis cedera tersebut yang paling sering terjadi adalah patah tulang, sengatan listrik, dan gegar otak, dan cedera bagian kepala mencapai 25% dari semua cedera. Fakta lainnya adalah 65% dari pekerja yang cedera karena jatuh mengalami kematian.

Penyebab jatuh dari ketinggian karena jenis tugas yang dilakukan oleh para pekerja yang mempunyai resiko yang besar dengan kecelakaan jatuh ini. Seperti, pekerjaan yang dilakukan di atap, mendirikan struktur baja, dan pekerjaan yang dilakukan pada titik elevasi atau struktur sementara. Kecelakaan ini sering terjadi karena para pekerja meremehkan atau mengabaikan bahaya jatuh pada ketinggian yang relatif rendah, juga akibat dari tidak digunakannya perangkat keamanan. Untuk menghindari terjadinya kecelakaan pada ketinggian pekerja harus terlatih dan dilengkapi dengan APD yang memadai dan tepat. Disamping itu, kecelakaan juga sering terjadi pada pekerja yang melakukan tugas yang tidak termasuk dalam tugas yang direncanakan dan dijadwalkan. Dalam satu insiden, seorang roofers selesai menjalankan tugasnya dan dalam proses turun untuk pergi makan siang jatuh dari ketinggian. Sehingga harus ditekankan pada tiap pekerja untuk tidak mengabaikan keselamatan.

5.1.1 Kasus Kecelakaan Konstruksi di Perusahaan Baja.

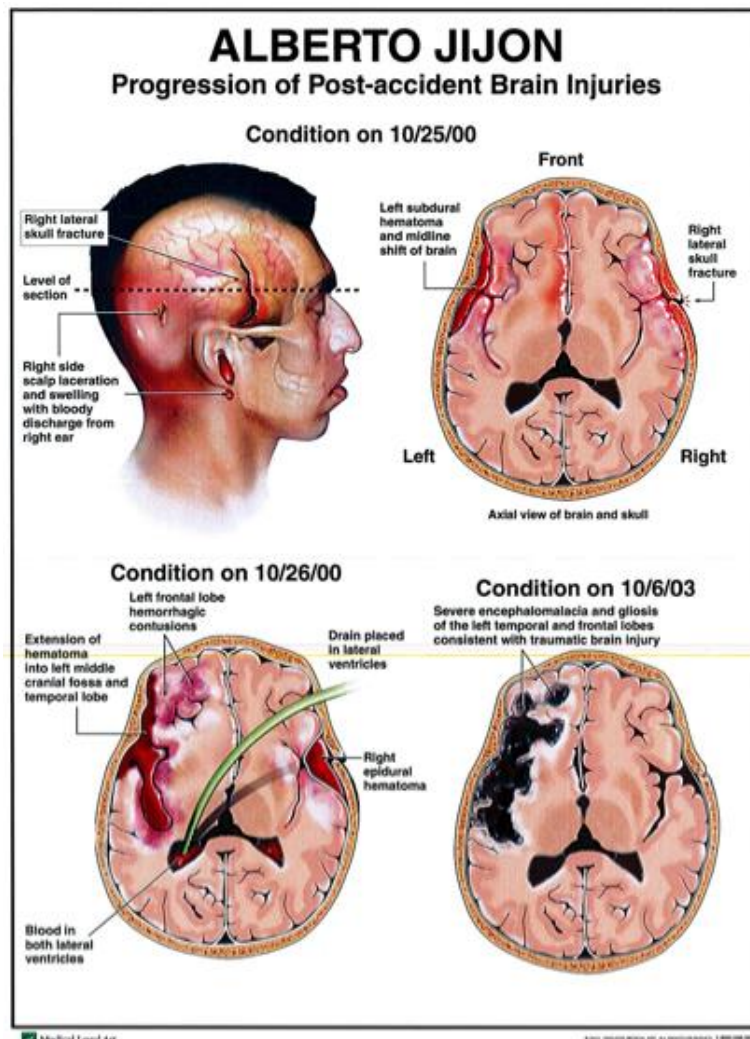
Alberto Jijon bekerja untuk subkon perusahaan Baja, yang dipekerjakan untuk melakukan pekerjaan drywall pada sebuah proyek konstruksi, yang melakukan perluasan pabrik. Sesaat sebelum kecelakaan, Jijon dan rekan pekerja lainnya memasang drywall di ruang listrik.

Pada beberapa kesempatan, mandor dari perusahaan Baja meminta kontraktor umum pada bagian proyek untuk memasang pintu di daerah itu, sehingga para pekerja dapat dengan aman masuk dan keluar ruang listrik.

Pengawas umum proyek menolak permintaan mandor, karena beliau telah menjadwalkan pemeriksaan gedung untuk hari berikutnya, dan dia yakin harus menutup ruang listrik untuk pemeriksaan fire code. Jika pemeriksaan ini gagal atau ditunda, proyek akan tertunda dan biaya perusahaan akan meningkat. Ketika mandor bertanya bagaimana seharusnya para pekerjanya mengakses ruang listrik untuk melakukan pekerjaan mereka tanpa

melewati pintu, respon pengawas proyek tersebut, “lakukan yang terbaik yang Anda bisa.” Singkatnya, pengawas umum proyek mengorbankan keselamatan para pekerjanya untuk menghemat waktu dan uang.

Setelah Subkon Perusahaan Baja menutup akses pintu atas perintah pengawas umum proyek tersebut, satu-satunya cara bagi para pekerja untuk mengakses ruang listrik adalah dengan mengambil tiang dan mengayunkan diri pada tembok dengan drop off lebih dari 15 meter. Ketika melakukan manuver ini, Jijon kehilangan keseimbangan dan jatuh, mendarat pada bagian kepala. Jijon menderita kerusakan otak permanen dengan masalah kognitif. Dia koma selama beberapa hari dan lebih dari 3 minggu di rumah sakit. Karena cedera otak, dia membutuhkan bantuan dalam aktivitas hidup sehari-hari selama sisa hidupnya dan kemungkinan tidak akan pernah bekerja lagi. Berikut ilustrasi medis cedera Jijon.



Gambar 6.8 Cedera Otak Alberto Jijon V Todd

Perusahaan asuransi yang bertanggung jawab membayar \$1,9 juta dari polis asuransi sebesar \$ 2 juta. Dengan pembayaran asuransi ini Jijon mampu membayar perawatan medis dan keperluan lainnya.

5.1.2 Pencegahan Kecelakaan di Ketinggian

1. Pengamatan Resiko Bahaya Di Tempat Kerja

Pengamatan resiko bahaya di tempat kerja merupakan basis informasi yang berhubungan dengan banyaknya dan tingkat jenis kecelakaan yang terjadi ditempat kerja. Ada 2 (dua) tipe data untuk mengamati resiko bahaya di tempat kerja. Pengukuran

resiko kecelakaan, yaitu mengkalkulasi frekwensi kecelakaan dan mencatat tingkat jenis kecelakaan yang terjadi sehingga dapat mengetahui hari kerja yang hilang atau kejadian fatal pada setiap pekerja.

2. Penilaian resiko bahaya, yaitu mengindikasikan sumber bahaya, faktor bahaya yang menyebabkan kecelakaan, tingkat kerusakan dan kecelakaan yang terjadi. Misalnya bekerja di ketinggian dengan resiko terjatuh dan luka yang diderita pekerja.

3. Pelaksanaan SOP Secara Benar di Tempat Kerja

Standar Operasional Prosedur adalah pedoman kerja yang harus dipatuhi dan dilakukan dengan benar dan berurutan sesuai instruksi yang tercantum dalam SOP, perlakuan yang tidak benar dapat menyebabkan kegagalan proses produksi, kerusakan peralatan dan kecelakaan.

4. Pengendalian Faktor Bahaya di Tempat Kerja

Faktor bahaya di tempat kerja sangat ditentukan oleh proses produksi yang ada, teknik/metode yang di pakai, produk yang dihasilkan dan peralatan yang digunakan. Dengan mengukur tingkat resiko bahaya yang akan terjadi, maka dapat diperkirakan pengendalian yang mungkin dapat mengurangi resiko bahaya kecelakaan.

Pengendalian tersebut dapat dilakukan dengan :

a. *Eliminasi dan Substitusi*, yaitu mengurangi resiko bahaya yang terjadi akibat proses produksi, mengganti bahan berbahaya yang digunakan dalam proses produksi dengan bahan yang kurang berbahaya.

b. *Engineering Control*, yaitu memisahkan pekerja dengan faktor bahaya yang ada di tempat kerja, membuat peredam untuk mengisolasi mesin supaya tingkat kebisingannya berkurang, memasang pagar pengaman mesin agar pekerja tidak kontak langsung dengan mesin, pemasangan ventilasi dan lain-lain.

c. *Administrative control*, yaitu pengaturan secara administratif untuk melindungi pekerja, misalnya penempatan pekerja

sesuai dengan kemampuan dan keahliannya, pengaturan shift kerja, penyediaan alat pelindung diri yang sesuai dan lain-lain.

5. Peningkatan Pengetahuan Tenaga Kerja Terhadap Keselamatan Kerja

Tenaga kerja adalah sumber daya utama dalam proses produksi yang harus dilindungi, untuk memperkecil kemungkinan terjadinya kecelakaan perlu memberikan pengetahuan kepada tenaga kerja tentang pentingnya pelaksanaan keselamatan kerja saat melakukan aktivitas kerja agar mereka dapat melaksanakan budaya keselamatan kerja di tempat kerja. Peningkatan pengetahuan tenaga kerja dapat dilakukan dengan memberi pelatihan Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada awal bekerja dan secara berkala untuk penyegaran dan peningkatan wawasan. Pelatihan ini dapat membantu tenaga kerja untuk melindungi dirinya sendiri dari faktor bahaya yang ada ditempat kerjanya.

6. Pemasangan Peringatan Bahaya Kecelakaan di Tempat Kerja

Banyak sekali faktor bahaya yang ditemui di tempat kerja, pada kondisi tertentu tenaga kerja atau pengunjung tidak menyadari adanya faktor bahaya yang ada ditempat kerja, untuk menghindari terjadinya kecelakaan maka perlu dipasang rambu-rambu peringatan berupa papan peringatan, poster, batas area aman dan lain sebagainya.

7. Dipasang pijakan kaki dan penghalang yang cukup kuat atau semi permanen, dan mampu menahan beban jika pekerja terjatuh

8. Jika tidak memungkinkan dipasang pengaman seperti pada poin di atas, maka harus digunakan perancah atau scaffolding

9. Jika tidak dapat digunakan perancah atau scaffolding, maka harus dikenakan alat pengaman kerja (body harness / safety belt) yang mampu mengamankan pekerja dari resiko jatuh dari ketinggian.

10. Jika akan digunakan tangga, perlu dipastikan bahwa pekerjaan dapat diselesaikan dalam waktu singkat, tangga cukup kuat dan terpasang dalam posisi yang stabil, serta jangan memaksakan meraih alat ataupun bahan yang sulit dijangkau.

11. Untuk pekerjaan mengecat di ketinggian gunakan rol dan pasang galah, sesuaikan dengan ketinggian.
12. Jika semua alternatif di atas tidak dapat dilaksanakan juga, maka harus dilaporkan pada pengawas pekerjaan bahwa pekerjaan tidak aman untuk dilaksanakan.
13. Hal-hal lainnya yang juga harus diperhatikan antara lain, adalah:
 - Memakai pakaian kerja dengan benar dan sesuai standar.
 - Memakai safety helmet.
 - Memakai sepatu safety
 - Memakai sarung tangan dan sarung lengan yang terbuat dari bahan anti gores.
 - Membersihkan tempat kerja dari kotoran atau benda lain yang dapat mengganggu proses pekerjaan.

6. Program Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Pengertian program keselamatan kerja menurut Mangkunegara (2000:161) Keselamatan kerja menunjukkan pada kondisi yang aman atau selamat dari penderitaan, kerusakan atau kerugian di tempat kerja. Keselamatan kerja adalah keselamatan yang berkaitan dengan mesin, pesawat, alat kerja, bahan dan proses pengolahannya, landasan tempat kerja dan lingkungannya serta cara-cara melakukan pekerjaan.

Dikutip dari (idb4.wikispaces.com/file/view/rd4005.pdf) Menurut Sulistyarini (2006:33) Perusahaan juga harus memelihara keselamatan karyawan dilingkungan kerja dan syarat-syarat keselamatan kerja adalah sebagai berikut:

- a) Mencegah dan mengurangi kecelakaan.
- b) Mencegah, mengurangi dan memadamkan kebakaran.
- c) Mencegah dan mengurangi bahaya peledakan.
- d) Memberi kesempatan atau jalan menyelamatkan diri pada waktu kebakaran atau kejadian-kejadian lain yang berbahaya.
- e) Memberikan pertolongan pada kecelakaan.
- f) Memberi alat-alat perlindungan kepada para pekerja.

- g) Mencegah dan mengendalikan timbul atau menyebarkan suhu, kelembaban, debu, kotoran, asap, uap, gas, hembusan angin, cuaca, sinar atau radiasi, suara dan getaran.
- h) Mencegah dan mengendalikan timbulnya penyakit akibat kerja, baik fisik maupun psikis, peracunan, infeksi, dan penularan.
- i) Memperoleh penerangan yang cukup dan sesuai.
- j) Menyelenggarakan penyegaran udara yang cukup.
- k) Memelihara kebersihan, kesehatan, dan ketertiban.
- l) Memperoleh kebersihan antara tenaga kerja, alat kerja, lingkungan, cara dan proses kerjanya.
- m) Mengamankan dan memperlancar pengangkutan orang, binatang, tanaman atau barang.
- n) Mengamankan dan memelihara segala jenis bangunan.
- o) Mengamankan dan memelihara pekerjaan bongkar muat, perlakuan dan penyimpanan barang.
- p) Mencegah terkena aliran listrik.

7. Alasan Pentingnya Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Menurut Sunyoto (2012:242) ada tiga alasan pentingnya keselamatan dan kesehatan kerja:

- a. Berdasarkan Perikemanusiaan

Pertama-tama para manajer mengadakan pencegahan kecelakaan atas dasar perikemanusiaan yang sesungguhnya. Mereka melakukan demikian untuk mengurangi sebanyak-banyaknya rasa sakit, dan pekerja yang menderita luka serta keluarganya sering diberi penjelasan mengenai akibat kecelakaan.
- b. Berdasarkan undang-undang

Karena pada saat ini di Amerika terdapat undang-undang federal, undang-undang negara bagian dan undang-undang kota praja tentang keselamatan dan kesehatan kerja dan bagi mereka yang melanggar dijatuhkan denda sebesar kesepakatan yang berlaku.
- c. Ekonomis

Yaitu agar perusahaan menjadi sadar akan keselamatan kerja karena biaya kecelakaan dapat berjumlah sangat besar bagi perusahaan.

8. Tujuan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Secara umum, kecelakaan selalu diartikan sebagai kejadian yang tidak dapat diduga. Kecelakaan kerja dapat terjadi karena kondisi yang tidak membawa keselamatan kerja, atau perbuatan yang tidak selamat. Kecelakaan kerja dapat didefinisikan sebagai setiap perbuatan atau kondisi tidak selamat yang dapat mengakibatkan kecelakaan. Berdasarkan definisi kecelakaan kerja maka lahirlah keselamatan dan kesehatan kerja yang mengatakan bahwa cara menanggulangi kecelakaan kerja adalah dengan meniadakan unsur penyebab kecelakaan dan atau mengadakan pengawasan yang ketat.

Menurut(Silalahi, 1995) Keselamatan dan kesehatan kerja pada dasarnya mencari dan mengungkapkan kelemahan yang memungkinkan terjadinya kecelakaan. Fungsi ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu mengungkapkan sebab-akibat suatu kecelakaan dan meneliti apakah pengendalian secara cermat dilakukan atau tidak.

Menurut Mangkunegara (2002, p.165) bahwa tujuan dari keselamatan dan kesehatan kerja adalah sebagai berikut:

- a. Agar setiap pegawai mendapat jaminan keselamatan dan kesehatan kerja baik secara fisik, sosial, dan psikologis.
- b. Agar setiap perlengkapan dan peralatan kerja digunakan sebaik-baiknya selektif mungkin.
- c. Agar semua hasil produksi dipelihara keamanannya.
- d. Agar adanya jaminan atas pemeliharaan dan peningkatan kesehatan gizi pegawai.
- e. Agar meningkatkan kegairahan, keserasian kerja, dan partisipasi kerja.
- f. Agar terhindar dari gangguan kesehatan yang disebabkan oleh lingkungan atau kondisi kerja.
- g. Agar setiap pegawai merasa aman dan terlindungi dalam bekerja

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum.

Dalam penjelasan kali ini, kami berusaha untuk menampilkan poin-poin penting saja yang berhubungan dengan tugas kami ini. Berikut adalah *review* kami atas Peraturan Menteri ini.

Dalam Peraturan Menteri ini, yang dimaksud dengan :

1. Keselamatan dan Kesehatan Kerja Konstruksi selanjutnya yang disingkat K3 Konstruksi adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja pada pekerjaan konstruksi.
2. Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum yang selanjutnya disingkat SMK3 Konstruksi Bidang PU adalah bagian dari sistem manajemen organisasi pelaksanaan pekerjaan konstruksi dalam rangka pengendalian risiko k3 pada setiap pekerjaan konstruksi bidang Pekerjaan Umum.

SMK konstruksi bidang PU meliputi

- a. Kebijakan K3,
- b. Perencanaan K3,
- c. Pengendalian Operasional,
- d. Pemeriksaan dan Evaluasi Kinerja K3
- e. Tinjauan ulang kinerja K3.

Biaya penyelenggaraan SMK3 Konstruksi bidang PU dialokasikan dalam biaya umum yang mencakup :

- a. Persiapan RK3K
- b. Sosialisasi dan promosi K3,
- c. Alat pelindung kerja (APK),
- d. Alat pelindung diri (APD),
- e. Asuransi dan perijinan,
- f. Personil K3,
- g. Fasilitas sarana kesehatan,
- h. Fasilitas sarana kesehatan,
- i. Rambu-rambu,
- j. Lain-lain terkait pengendalian risiko K3

Risiko K3 konstruksi adalah ukuran kemungkinan kerugian terhadap keselamatan umum, harta benda, jiwa manusia dan lingkungan yang dapat timbul dari sumber bahaya tertentu yang terjadi pada pekerjaan konstruksi. Penilaian tingkat risiko K3 konstruksi dapat dilakukan dengan memadukan nilai kekerapan/frekuensi terjadinya peristiwa bahaya K3 dengan keparahan/kerugian/dampak kerusakan yang ditimbulkannya.

Penentuan nilai kekerapan atau frekuensi terjadinya risiko K3 Konstruksi dinyatakan dalam tabel dibawah ini.

Tabel 6.1 Nilai Kekerapan Terjadinya risiko K3 Konstruksi

Nilai	Kekerapan
1 (satu)	Jarang terjadi dalam kegiatan konstruksi
2 (dua)	Kadang-kadang terjadi dalam kegiatan konstruksi
3 (tiga)	Sering terjadi dalam kegiatan konstruksi

Tabel 6.2 Nilai Keparahahan atau kerugian atau dampak kerusakan akibat resiko K3 konstruksi

Tingkat	Keparahan/Kerugian/Dampak				Nilai
	Orang	Harta Benda	Lingkungan	Keselamatan Umum	
Ringan					1
Sedang					2
Berat					3

Ket. Tingkat Risiko K3 Konstruksi (TR) adalah hasil perkalian antara nilai kekerapan terjadinya risiko K3 Konstruksi (P) dengan nilai keparahan yang ditimbulkan (A).

$$TR = P \times A$$

Tabel 6.3 Nilai Tingkat Rasio K3 Konstruksi

TINGKAT RISIKO K3 KONSTRUKSI		Keparahan (Akibat)		
		1	2	3
Kekerapan	1	1	2	3
	2	2	4	6
	3	3	6	9

Keterangan:



: Tingkat Risiko K3 Rendah;



: Tingkat Risiko K3 Sedang; dan



: Tingkat Risiko K3 Tinggi.

**TINGKAT KEPARAHAN PEKERJAAN PEMBANGUNAN JARINGAN PERPIPAAN AIR LIMBAH
KEGIATAN PENGGALIAN TANAH SEDALAM 4 M**

TINGKAT	KEPARAHAN/KERUGIAN/DAMPAK				NILAI
	ORANG	HARTA/BENDA	LINGKUNGAN	KESELAMATAN UMUM	
RINGAN	Terpeleset, polusi debu, (cukup pengobatan P3K a dapat lanjut bekerja (tidak kerja)	Gangguan pada kendaraan atau alat berat, namun tidak menyebabkan pekerjaan terhambat dan dapat diperbaiki dalam waktu 1x24 jam.	Terdapat ceceran tanah galian sehingga mengganggu lingkungan sekitar	Jalan menjadi sempit (lalu lintas terganggu/macet, ada kecelakaan lalu lintas)	1
SEDANG	Tersengat aliran listrik, m beracun, terkilir, memerlukan pengobatan diluar lokasi (Puskesmas atau Rumah S Klinik dilokasi kegiatan tid tersedia/mampu, Maksim rumah/diluar lokasi kegiatan jam	Kerusakan alat berat misalnya: As roda patah, Alat berat terguling dan menyebabkan kerusakan, Waktu perbaikan dibutuhkan 1 sampai 7 hari	Terdapat polusi debu, kebisingan, ada keluhan dari masyarakat sekitar dan masyarakat pengguna jalan	Kendaraan terperosok dalam lubang galian,	2
BERAT	Tersengat aliran listrik, m beracun, Patah kaki, gega meninggal, Luka berat, dir rumah sakit, atau kehilangan organ, meninggal.	Dinding saluran ambruk, lokasi galian amblas, alat rusak berat, jaringan utilitas bawah tanah terganggu (kabel listrik putus, pipa PAM pecah, kabel telepon putus, pipa gas pecah), mengakibatkan tidak berfungsi fasilitas umum tersebut, Waktu pemulihan dibutuhkan diatas 7 hari		<ul style="list-style-type: none"> • sering terjadi tabrakan kendaraan, • masyarakat sekitar terkena ISPA akibat polusi debu 	3

TABEL 2.1. IDENTIFIKASI BAHAYA, PENILAIAN RISIKO, PENILAIAN RISIKO, SKALA PRIORITAS, PENGENDALIAN RISIKO K3, DAN PENANGGUNG JAWAB

Nama Perusahaan :
 Kegiatan :
 Lokasi :
 Tanggal dibuat :

T a b e l halaman : /

NO	URAIAN PEKERJAAN	IDENTIFIKASI BAHAYA	PEKERJAAN	ALAN RISIKO		SKALA PRIORITAS	PENGENDALIAN RISIKO K3	PENANGGUNG JAWAB (Nama Petugas)
				PARAH	TINGKAT RISIKO			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
1	Pekerjaan galian pada basement bangunan gedung dengan kondisi tanah labil	Tertimbun	3	3	9 (Tinggi)	1	1.1. Penggunaan turap 1.2. Menggunakan metode pemancangan 1.3. Menyusun instruksi kerja pekerjaan galian 1.4. Menggunakan rambu peringatan dan barikade 1.5. Melakukan pelatihan kepada pekerja 1.6 Penggunaan APD yang sesuai	Pengawas lapangan/ quality engineer
Dst.								

a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z

9. Analisa K3 pada Kolom Baja WF.

Sistem Konstruksi Baja WF merupakan material yang memiliki sifat struktural yang sangat baik sehingga pada akhir tahun 1900, mulai menggunakan Baja WF sebagai bahan struktural (Konstruksi), saat itu metode pengolahan Baja WF yang murah dikembangkan dalam skala besar. Sifat Baja WF memiliki kekuatan tinggi dan kuat pada kekuatan tarik maupun tekan dan oleh karena itu Baja WF menjadi elemen struktur yang memiliki batas yang sempurna akan menahan jenis beban tarik aksial, tekan aksial, dan lentur dengan fasilitas serupa dalam pembangunan strukturnya. Kepadatan tinggi Baja WF, tetapi rasio berat antara kekuatan komponen Baja WF juga tinggi sehingga tidak terlalu berat dalam kaitannya dengan kapasitas muat beban, memastikan selama bentuk struktur (konstruksi) yang digunakan yang bahan yang digunakan secara efisien.

Sistem konstruksi Baja WF bangunan merupakan kombinasi dari elemen struktur yang cukup rumit. Dalam sistem struktur Baja WF sistem seperti tujuan ini dapat membawa beban dengan aman dan efektif semua gaya yang bekerja pada bangunan, kemudian dikirim ke pondasi. Berbagai beban dan gaya yang bekerja pada bangunan termasuk beban vertikal, horisontal, perbedaan suhu, getaran dan sebagainya. Dalam sebuah bangunan baja, selalu ada unsur-unsur yang berfungsi untuk menahan gaya gravitasi dan gaya lateral.

Gaya gravitasi bekerja ke bawah ke arah gravitasi akan melewati balok ke kolom, kemudian ke pondasi. Dalam sistem penahan gaya menggunakan konstruksi Baja WF kaku (rigid). Pada sistem struktur Baja WF lainnya, cara yang berbeda juga bisa dilakukan. Sistem konstruksi baja menggunakan batang baja sebagai kolom dan balok, sementara untuk pondasi menggunakan pondasi beton pile atau setapak, atau sesuai kebutuhan. Kolom yang di sekrup ke atas pondasi. Sistem sambungan antara kolom, balok dan tras penyangga lantai. di atas tras dapat diletakkan lembaran galvalum sebagai konstruksi bawah lantai, kemudian di atasnya dapat di cor. Sambungan antara kolom dan balok menggunakan prinsip sambungan kaku.



Gambar 6.10 Konstruksi Baja

Sistem konstruksi bangunan baja memiliki berbagai keunggulan dibandingkan dengan struktur beton bangunan, termasuk:

- sistem konstruksi baja memiliki berbagai jenis tampilan estetika dan terlihat modern
- sistem konstruksi baja memiliki dimensi lebih kecil dari sistem konstruksi beton
- Bekerja dengan struktur baja tidak memerlukan perancah sebagai struktur beton, kecuali untuk pekerjaan beton / minor tambahan
- baja sistem konstruksi dapat dibuat dengan relatif lebih cepat

Bangunan dibuat dengan konstruksi baja umumnya memiliki daya tahan dan kekuatan yang cukup besar. Biasanya dalam membuat desain yang menggunakan baja mengacu pada *American Institute of Steel Construction* (AISC) sebagai filosofi manufaktur dan didasarkan pada ambang batas (limited states). Desain konstruksi harus mampu menahan kelebihan dalam hal perubahan fungsi struktur principle disebabkan oleh penyederhanaan yang berlebihan dalam analisis struktur dan variasi dalam prosedur konstruksi.

D. Aktifitas pembelajaran

Kegiatan belajar mengajar agar penguasaan materi baja yang diampu dapat tercapai dengan:

- Menerangkan kepada siswa tentang keselamatan dan kesehatan kerja beserta standard dan ketentuan yang berlaku
- Memastikan semua siswa/peserta didik mendapatkan kesempatan yang sama untuk berpartisipasi aktif dalam kegiatan belajar mengajar misalnya dalam bertanya, mengungkapkan pendapat dan berdiskusi.
- Siswa telah memahami ketentuan dasar dalam keselamatan dan kesehatan kerja
- Memberikan materi dan tugas mengenai kesehatan dan keselamatan kerja

Melakukan penilaian secara rutin pada siswa dalam menyelesaikan tugas yang diberikan.

Kegiatan Pengamatan.

1. Amatilah Gambar berikut ini



Jika dalam pelaksanaan konstruksi baja terjadi kemungkinan bahaya sebagai berikut :

1. Profil baja jatuh menimpa para pekerja.
2. Kaki pekerja terjepit profil.
3. Pekerja terjatuh pada saat pekerjaan pembautan yg dilakukan di ketinggian lebih dari 2 meter.
4. Pekerja terpeleket akibat kondisi lapangan yang licin.
5. Tangan pekerja terluka pada saat pekerjaan pembautan.

6. Pada saat pengelesan, mata pekerja silau akibat sinar yang sangat terang.
7. Pada saat pengelesan pekerja terkena percikan api las.
8. Pada saat pengecatan pekerja terkena tumpuhan atau terkena percikan cat.

Pengendalian resiko K3 apa yang harus diberikan?

E. Latihan/Kasus/Tugas

1. Apaya yang dimaksud dengan k3 secara umum ?
2. Sebutkan sebab kecekaan konstruksi !
3. Sebutkan alasan pentingnya keselamatan kerja menurut undang-undang !

F. Rangkuman

1. K3 adalah suatu ilmu pengetahuan dan penerapan guna mencegah kemungkinan terjadinya kecelakaan dan penyakit yang disebabkan oleh pekerjaan dan lingkungan kerja
2. Unit dan satuan yang digunakan dalam perhitungan memakai satuan Internasional (SI)/*Metric*
3. Simbol-simbol yang dipergunakan dalam desain struktur harus memiliki konotasi yang sama terhadap AISC Manual of Steel Construction

G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut

Pada saat ini umpan balik yang melibatkan guru dapat dilakukan sebagai berikut :

- 1) Beri kesempatan siswa untuk memberikan jawaban atau untuk didiskusikan dengan teman temannya. Komentar yang datang dari berbagai pihak sehingga terjadi pembicaraan antara guru dengan siswa, dan siswa dengan siswa. Dengan diskusi semacam ini, siswa yang bertanya akan mengetahui bagaimana cara pemecahannya.
- 2) Akan lebih baik bila siswa melakukan kunjungan proyek, agar siswa dapat terlibat langsung dalam pelaksanaan K3 saat berada di tempat konstruksi

Kunci Jawaban Latihan

Kegiatan Pembelajaran 1

Soal 1 dan 2 ada jawaban secara analitis dan grafis, sedang soal no. 3 hanya berupa grafis, skor penilaian ada di tabel bawah untuk mengontrol berapa skor yang didapat.

No. Soal	Sub Jawaban	Jawaban	Skor Nilai
1	Analitis	R = 11,1 ton sdt = 22,5° dari sumbu x	50
	Grafis	R = 11,1 ton sdt = 22,5° dari sumbu x	50
2	Analitis	R = 12,5 ton sdt = 30° dari sumbu x	50
	Grafis	R = 12,5 ton sdt = 30° dari sumbu x	50
3	Grafis Jari-jari polygon Polygon batang	R = 24 ton	50
			50

Kegiatan Pembelajaran 2

1. Jawab:

a. Baja Karbon

Merupakan baja yang unsure oenyusunnya ditambah karbon beberapa persen sehingga meningkatkan nilai regangan leleh namun menurunkan daktilitas, sehingga proses pengelasan akan menjadi lebih rumit. Tegangan leleh baja karbon yaitu 210-250 MPa

b. Baja Paduan Redah Mutu Tinggi

c. Merupakan baja dengan penambahan bahan paduan chromium, columbium, mangan, molybden, nikel, fosfor, vanadium atau zirconium yang dapat memperbaiki sifat mekanik baja dengan membentuk mikrostruktur dalam baja yang lebih baik. Tegangan leleh baja ini yaitu 290-550 MPa

d. Baja Paduan Rendah

Baja dengan tegangan leleh 550-750 yang mempunyai paduan yang lebih baik terhadap leleh daripada baja paduan rendah kualitas tinggi.

2. Jawab:

Uji tarik pada suhu kamar dengan laju percepatan regangan normal, kemudian memplotkan hasil berupa tegangan dan regangan sehingga dapat diketahui wilayah elastis hingga terjadi putus (deformasi permanen)

3. Jawab:

Sobekan berupa keruntuhan getas yang terjadi pada bidang gilas akibat gaya tarik yang besar yang bekerja tegak lurus dengan ketebalan elemen pada profil

4. Jawab:

Diketahui:

$$\sigma_1 = 20 \text{ Psi}$$

$$\sigma_2 = 10 \text{ Psi}$$

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\sigma_e &= \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - (\sigma_1 \sigma_2)} \\ &= \sqrt{20^2 + 10^2 - (20 * 10)} \\ &= 17,320 \text{ Psi}\end{aligned}$$

Kondisi tegangan geser $45^\circ \approx \sigma_e = f_y$

$$\begin{aligned}\tau_y &= \frac{1}{\sqrt{3}} f_y \\ &= \frac{1}{\sqrt{3}} 17,320 \\ &= 5.773 \text{ Psi}\end{aligned}$$

5. Jawab:

Keruntuhan yang terjadi secara tiba-tiba tanpa didahului dengan deformasi plastis dengan kecepatan yang tinggi yang dipengaruhi oleh temperature, kecepatan, pembebanan, tingkat tegangan, tebal plat dan system pengerjaan

Kegiatan Pembelajaran 3

1. Jawab:

- a. Membuat engineer mendapatkan desain yang aman, layak dan ekonomis.
- b. Pemenuhan spesifikasi dan code/international standards terhadap desain yang dikerjakan.
- c. Penentuan akibat yang akan terjadi jika dilakukan modifikasi terhadap struktur dimasa datang

2. Jawab:

- a. Perbedaan temperatur.
- b. Tegangan permukaan tanah, daya dukung ijin, penurunan/settlement ataupun perbedaan nilai penurunan permukaan tanah.
- c. Tekanan angin, dapat dihitung dari kecepatan rata-rata angin daerah dimana desain kita akan dipergunakan dan exposure factor. Biasa ada referensi yang sah dari pihak berwenang seperti Badan Metrologi dan geofisika (BMG) lokal. Perhitungan nilai parameter tersebut harus mengemukakan kecepatan dasar angin terhadap tinggi, bentuk, arah hembusan (gust) dan importance factor yang dipakai.

3. Jawab:

- a. Pemodelan dalam input program meski sesuai dengan gambar rencana baik nama joint dan frame sehingga diperoleh hasil yang klop dengan rencana
- b. Output perhitungan dengan bantuan software computer haruslah memperlihatkan input sebelumnya. Lembar pertama pada hasil computer run ditanda tangani atau diberi inisial oleh engineer yang bertanggung jawab atau yang membuat perhitungan.
- c. Program perhitungan harus dilakukan dengan program yang diterima secara umum.

Kegiatan Pembelajaran 4

1. Jawab:

Denah adalah tampak atas bangunan yang seolah-olah dipotong secara horizontal setinggi 1m dari ketinggian 0.00 bangunan tersebut. Bagian atas bangunan yang terpotong dihilangkan sehingga bagian lantainya yang terlihat. Level (ketinggian) 0.00 ditentukan oleh arsitek.

2. Jawab:

Tujuan dari gambar tampak yaitu Untuk mengkomunikasikan tampak luar atau eksterior suatu benda/bangunan secara keseluruhan dari sudut pandang tertentu.

Tampak berfungsi sebagai : dimensi bangunan, proporsi, gaya arsitektur, warna dan material, estetika

3. Jawab:

Shop drawing merupakan gambar teknis lapangan yang digunakan sebagai acuan pelaksanaan suatu pekerjaan. Secara Umum, shop drawing adalah gambar yang siap untuk diimplementasikan di lapangan sedangkan as built drawing adalah yaitu gambar yang dibuat sesuai kondisi terbangun di lapangan yang telah mengadopsi semua perubahan yang terjadi (spesifikasi dan gambar) selama proses konstruksi yang menunjukkan dimensi, geometri, dan lokasi yang aktual atas semua elemen proyek.

Kegiatan Pembelajaran 5

- 1) Jawab:
 - a. Tenaga kerja, material, dan peralatan
 - b. Pengukuran lapangan
 - c. Tenaga ahli
 - d. Shop drawing
 - e. Gambar terlaksana
- 2) Jawab:
 - a. Sambungan baut
 - b. Sambungan las
 - c. Sambungan Paku keling
- 3) Jawab:

Cat dasar dan Cat finishing

Kegiatan Pembelajaran 6

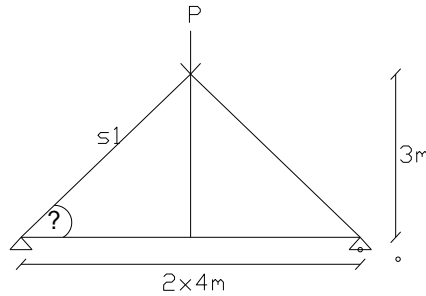
1. Jawab:

Bidang kegiatan yang ditujukan untuk mencegah semua jenis kecelakaan yang ada kaitannya dengan lingkungan dan situasi kerja
2. Jawab:
 1. Human Factors
 2. Unsafe Acts
 3. Technical Factors
 4. Materials
 5. Equipments
 6. Working Environment
 7. Faktor Manusia
3. Jawab:

Karena pada saat ini di Amerika terdapat undang-undang federal, undang-undang negara bagian dan undang-undang kota praja tentang keselamatan dan kesehatan kerja dan bagi mereka yang melanggar dijatuhkan denda sebesar kesepakatan yang berlaku.

EVALUASI

1. Hitung gaya pada batang s1 pada konstruksi statis tertentu berikut !



- a. $-10P/12$ b. $16P/14$ c. $10P/6$
2. Sebuah baja diberi tekanan pada sisi horizontal sebesar 90.78 Psi dan tarikan kearah vertical sebesar 35.67 Psi, maka tentukan tegangan efektif dan titik leleh pada baja tersebut (anggap geser murni sebesar 45°) secara berturut-turut !
- a. (40,65;21,23)Psi b. (50,76;13.77)Psi c.(79,21;45,73)Psi
3. Brapakah besar modulus elastisitas baja ?
- a. 200.000 MPa b. 20.000 MPa c. 2.000.000 MPa
4. Berikut ini yang termasuk sambungan las kecuali ?
- a.sebidang b. tegak c. miring
5. Berikut yang merupakan kombinasi pembebanan pada gedung yaitu ?
- a. 1.4 DL b. 1.6 DL c. 12 DL+0.5LL+0.3Ex

PENUTUP

Dengan modul ini diharapkan guru dapat menguasai materi, struktur, konsep, dan pola pikir keilmuan baja sesuai dengan peta kompetensi yang disajikan. Tiap modul mempunyai grade tertentu yang saling berhubungan, hingga sebaiknya penguasaan grade sebelumnya sangat mempengaruhi pemahaman pada modul ini. Modul ini dibuat berdasarkan sumber-sumber yang relevan yang biasa dipakai dalam perencanaan struktur baja.

Terimakasih terhadap pihak-pihak yang telah mendukung penerbitan modul ini, semoga modul ini memberikan manfaat yang besar bagi pemakainya, juga diharapkan kritik dan saran terhadap modul ini.

PUSTAKA

1. Catur, Mulyanti. *Aplikasi Desain Struktur Baja pada Software*. Pusat Pengembangan Bahan Ajar-UMB
2. G Salmon, Charles. 1997. *Struktur Baja*. Penerbit Erlangga. Jakarta
3. Kia, Wang Chu. 1990. *Analisa Struktur Lanjutan*. Penerbit Erlangga. Jakarta
4. Kraigr, L.G & J.L Meriam. 1987. *Engineering Mechanistic Statics, Vol 1, 2nd Edition*. Penerbit Erlangga. Jakarta
5. *Modul AutoCad*, Laboraturium Studio Gambar Universitas Sumatera Utara
6. Rijanto, B. Boedi. 2010. *Pedoman Praktis Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan (K3L)*. Mitra Wacana Media. Jakarta
7. Setiawan, Agus. 2008. *Perencanaan Tebal Struktur Baja dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)*. Penerbit Erlangga. Semarang
8. *Specipication for The Design of Coold-Formed Steel Structural members*. New York: American Iron and Steel Institute, 1968, dengan Addendum No. 1 (19 November, 1970) dan addendum No. 2 (4 Februari 1977)
9. Spiegel, Leonard dan George F. 1986. Limbrunner. *Applied Structural Steel Design*. Prentice Hall. New Jersey
10. *Standard Specification for General Requirements for Delivery of Rolled Steel Plates, Shapes. Sheet Piling, and Bars for Structural Use (ANSI/ASTM A6-78)* Philadelphia, Pa: American Society for Testing and Materials, 1978
11. *Welding Handbook*, Ed, Ke-7 No.1. *Fundamentals of Welding*, Miami, Fla,: American Welding Society. 1997