

TUGAS AKHIR

**PERHITUNGAN STRUKTUR ATAP DAN PERHITUNGAN
BAHAN SERTA METODE PELAKSANAAN PADA PROYEK
PEMBANGUNAN GEDUNG BALAI KESEHATAN MATA
MASYARAKAT (BKMM) PAKOWA MANADO**

Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Studi Pada
Program Studi Diploma IV Konsentrasi Bangunan Gedung
Jurusan Teknik Sipil

Oleh :

Iwan Mulyono
NIM. 12 012 057



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
POLITEKNIK NEGERI MANADO
JURUSAN TEKNIK SIPIL
TAHUN 2016

ABSTRAK

Baja merupakan bahan konstruksi yang sering digunakan pada saat ini, karena kekuatan tariknya yang jauh melebihi beton. Baja memiliki berat yang jauh lebih ringan, maka sangat cocok bila digunakan sebagai rangka atap. Pada Proyek Pembangunan Balai Kesehatan Mata Masyarakat (BKMM) Pakowa Manado, konstruksi rangka atap yang dikerjakan menggunakan material baja dimana pelaksanaan untuk struktur atap disesuaikan dengan desain perencanaan serta konsep yang berupa kelopak mata, dalam penggunaan material baja untuk atap ini didapati beberapa hal seperti dimensi yang digunakan serta penggunaan material yang berlebihan.

Maksud dan tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah perhitungan dimensi struktur atas dan perhitungan kebutuhan bahan serta menguraikan metode pelaksanaan pekerjaan struktur atas khususnya pekerjaan rangka atap.

Dalam penulisan tugas akhir ini metode yang dilakukan antara lain seperti kajian ilmiah dari sumber-sumber bacaan internet, observasi langsung yang dilakukan pada saat Praktek Kerja Lapangan, serta pengumpulan data dari proyek Perhitungan dimensi struktur atas ini dikerjakan dengan bantuan program komputer yaitu Sap 2000 V14. Setelah mendapat gaya-gaya batang profil diperiksa terhadap kondisi leleh dan fraktur sesuai pedoman SNI 03 - 1729 - 2002 (Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung), Serta dihitung panjang sambungan las sesuai dengan beban yang bekerja pada profil siku..

Dari hasil penulisan tugas akhir ini dapat disimpulkan penggunaan profil yang dikerjakan di lapangan berbeda dengan hasil perhitungan kembali dimensi profil rangka atap baja, dimana setiap penampang yang didesain lebih ekonomis dibandingkan yang dikerjakan dilapangan. Dengan perbedaan luas penampang dari dimensi profil tersebut. Dalam pelaksanaan yang dikerjakan dilapangan didapati beberapa hal yang tidak sesuai prosedur pelaksanaan yaitu berupa kurangnya pengetahuan akan keselamatan kerja dengan tidak menggunakan atribut K3 atau APD (Alat Pelindung Diri), sehingga dapat beresiko terjadinya kecelakaan kerja.

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dibidang konstruksi saat ini semakin pesat dimana penggunaan bahan material untuk struktur menjadi salah satu faktor utama. Di Indonesia bahan material yang umum digunakan yaitu bahan beton, baja maupun kayu yang mana ketiga material tersebut memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

Baja merupakan bahan konstruksi yang sering digunakan pada saat ini, karena kekuatan tariknya yang jauh melebihi beton. Baja memiliki berat yang jauh lebih ringan, maka sangat cocok bila digunakan sebagai rangka atap.

Atap adalah penutup bagian atas dari bangunan, termasuk rangka yang mendukungnya. Atap yang berfungsi sebagai penutup seluruh ruangan yang ada di bawahnya terhadap pengaruh panas, debu, hujan, angin atau untuk keperluan perlindungan. Atap dapat dikatakan berkualitas jika strukturnya kuat/kokoh dan awet/tahan lama. Faktor iklim menjadi bahan pertimbangan penting dalam merancang bentuk dan konstruksi atap/bangunan. Oleh karena itu, sebuah atap harus benar-benar kokoh/kuat dan kekuatannya tergantung pada struktur pendukung atap

Pada Proyek Pembangunan Balai Kesehatan Mata Masyarakat (BKMM) Pakowa Manado, konstruksi rangka atap yang dikerjakan menggunakan material baja dimana pelaksanaan untuk struktur atap disesuaikan dengan desain perencanaan serta konsep yang berupa kelopak mata, dalam penggunaan material baja untuk atap ini didapati beberapa hal seperti dimensi yang digunakan serta penggunaan material yang berlebihan sehingga timbul pemikiran untuk menghitung kembali dimensi penampang. Karena adanya pemikiran tentang hal itu, maka penulis memilih judul **“Perhitungan Struktur Atap dan Perhitungan Kebutuhan Bahan serta Metode Pelaksanaan pada Proyek Pembangunan Gedung Balai Kesehatan Mata Masyarakat (BKMM) Pakowa Manado “.**

1.2 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk menghitung dimensi struktur atas Pada Proyek Pembangunan Gedung Balai Kesehatan Mata Masyarakat (BKMM) Pakowa Manado.

Tujuan dari penulisan tugas akhir yaitu sebagai berikut:

1. Menghitung dimensi rangka atap baja, dan membandingkan dengan dimensi yang ada pada Proyek Pembangunan Gedung Balai Kesehatan Mata Masyarakat (BKMM) Pakowa Manado.
2. Menghitung Kebutuhan material rangka atap baja pada Proyek Pembangunan Gedung Balai Kesehatan Mata Masyarakat (BKMM) Pakowa Manado.
3. Menguraikan metode pelaksanaan pemasangan rangka atap baja pada Proyek Pembangunan Gedung Balai Kesehatan Mata Masyarakat (BKMM) Pakowa Manado.

1.3 Pembatasan Masalah

Ruang lingkup pembahasan tugas akhir dibatasi pada:

1. Perhitungan dimensi rangka atap baja menggunakan bantuan program SAP 2000 V14.
2. Perhitungan kebutuhan material hanya pada pekerjaan rangka atap baja
3. Metode pelaksanaan yang diuraikan meliputi pekerjaan rangka atap baja

1.4 Metodologi Penulisan

Metodologi penulisan tugas akhir yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Metode Observasi

Observasi dilakukan selama proses Praktek Kerja Lapangan (PKL) yang diambil data-data berupa pengamatan di lapangan, hasil wawancara dengan pihak kontraktor dan konsultan pengawas dan beberapa data seperti:

- a. Gambar perencanaan Proyek Pembangunan Gedung Balai Kesehatan Mata Masyarakat (BKMM) Pakowa Manado.
- b. Data perencanaan rangka atap baja pada Proyek Pembangunan Gedung Balai Kesehatan Mata Masyarakat (BKMM) Pakowa Manado.

- c. Foto-foto pelaksanaan Proyek Pembangunan Gedung Balai Kesehatan Mata Masyarakat (BKMM) Pakowa Manado.
2. Studi Pustaka
Penyusunan data pendukung yang berasal dari referensi buku, artikel, dan jurnal ilmiah yang dapat menjelaskan dan memberikan gambaran terkait pemecahan masalah untuk Perhitungan dimensi rangka atap baja
3. Proses pembimbingan
Melakukan proses asistensi terhadap perkembangan dari penyusunan tugas akhir kepada dosen pembimbing untuk membantu dalam pemecahan masalah terkait dengan pembahasan pada topik tugas akhir.

1.5 Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam pembahasan dan uraian yang lebih terperinci, maka Tugas Akhir disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini diuraikan mengenai latar belakang, maksud, tujuan dan manfaat, pembatasan masalah, metodologi penulisan yang digunakan serta sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini diuraikan mengenai kajian pustaka yang berhubungan dengan topik pembahasan tugas akhir

BAB III PEMBAHASAN

Pada bab ini diuraikan mengenai permasalahan pada topik tugas akhir seperti, sebab dan akibat dari Perhitungan kembali dimensi rangka atap baja

BAB IV PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil penulisan tugas akhir.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Struktur Baja

2.1.1 Pengertian Baja

Struktur baja merupakan suatu jenis baja yang berdasarkan pertimbangan kekuatan dan sifatnya cocok sebagai pemikul beban. Baja struktur banyak yang dipakai untuk kolom dan balok pada bangunan bertingkat, sistem penyangga atap (rangka atap), hanggar, menara, antena, penahan tanah, pondasi tiang pancang, serta berbagai konstruksi sipil lainnya.

2.1.2 Kelebihan baja sebagai material struktur

a. Kekuatan Tinggi

Kekuatan yang tinggi dari baja per satuan berat mempunyai konsekuensi bahwa beban mati akan kecil. Hal ini sangat penting untuk jembatan bentang panjang, bangunan tinggi, dan bangunan dengan kondisi tanah yang buruk.

b. Keseragaman

Sifat baja tidak berubah banyak terhadap waktu, tidak seperti halnya pada struktur beton bertulang.

c. Elastisitas

Baja berperilaku mendekati asumsi perancang teknik dibandingkan dengan material lain karena baja mengikuti hukum Hooke hingga mencapai tegangan yang cukup tinggi. Momen inersia untuk penampang baja dapat ditentukan dengan pasti dibandingkan dengan penampang beton bertulang.

d. Permanen

Portal baja yang mendapat perawatan baik akan berumur sangat panjang, bahkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi tertentu baja tidak memerlukan perawatan pengecatan sama sekali.

e. Daktilitas

Daktilitas didefinisikan sebagai sifat material untuk menahan deformasi yang besar tanpa keruntuhan terhadap beban tarik. Suatu elemen baja yang diuji terhadap tarik akan mengalami pengurangan luas penampang dan akan terjadi perpanjangan sebelum terjadi keruntuhan.

f. Liat (*Toughness*)

Baja strukur merupakan material yang liat artinya memiliki kekuatan dan daktilitas. Suatu elemen baja masih dapat terus memikul beban dengan deformasi yang cukup besar. Kemampuan material untuk menyerap energi dalam jumlah yang cukup besar disebut *toughness*.

g. Lain-lain

Kelebihan lain dari materia baja struktur adalah: kemudahan penyambungan baik dengan baut, paku keling maupun las, cepat dalam pemasangan, dapat dibentuk menjadi profil yang diinginkan, kekuatan terhadap fatik, kemungkinan untuk penggunaan kembali setelah pembongkaran, masih bernilai meskipun tidak digunakan kembali sebagai elemen struktur, adaptif terhadap prefabrikasi.

2.1.3 Kelemahan Baja sebagai Material Struktur

Adapun kelemahan material baja sebagai bahan struktur adalah sebagai berikut:

a. Biaya Pemeliharaan

Umumnya material baja sangat rentan terhadap korosi jika dibiarkan terjadi kontak dengan udara dan air sehingga perlu dicat secara periodik.

b. Biaya Perlindungan Terhadap Kebakaran

Meskipun baja tidak mudah terbakar tetapi kekuatannya menurun drastis jika terjadi kebakaran. Selain itu baja juga merupakan konduktor panas yang baik sehingga dapat menjadi pemicu kebakaran pada komponen lain. Akibatnya, portal dengan kemungkinan kebakaran tinggi perlu diberi pelindung.

c. Rentan Terhadap *Buckling*

Semakin langsung suatu elemen tekan, semakin besar pula bahaya terhadap *buckling* (tekuk). Sebagaimana telah disebutkan bahwa baja

mempunyai kekuatan yang tinggi persatuan berat dan jika digunakan sebagai kolom seringkali tidak ekonomis karena banyak material yang perlu digunakan untuk memperkuat kolom terhadap *buckling*.

d. Fatik

Kekuatan baja akan menurun jika mendapat beban siklis. Dalam perancangan perlu dilakukan pengurangan kekuatan jika pada elemen struktur akan terjadi beban siklis.

e. Keruntuhan Getas

Pada kondisi tertentu baja akan kehilangan daktilitasnya dan keruntuhan getas dapat terjadi pada tempat dengan konsentrasi tegangan tinggi. Jenis beban fatik dan temperatur yang sangat rendah akan memperbesar kemungkinan keruntuhan getas (ini yang terjadi pada kapal Titanic).

2.2 Sifat Bahan Baja

Sifat baja yang terpenting dalam penggunaannya sebagai bahan konstruksi adalah kekuatannya yang tinggi, dibandingkan dengan material yang lain. Baja merupakan bahan campuran besi (Fe), 1.7 % zat arang atau karbon (C), 1.65% mangan (Mn), 0.6% silikon (Si), dan 0.6% tembaga (Cu). Baja dihasilkan dengan menghaluskan bijih besi dan logam besi tua bersama-sama dengan bahan pencampuran yang sesuai, dalam tungku temperatur tinggi untuk menghasilkan massa-massa besi yang besar, selanjutnya dibersihkan untuk menghilangkan kelebihan zat arang dan kotoran-kotoran lain.

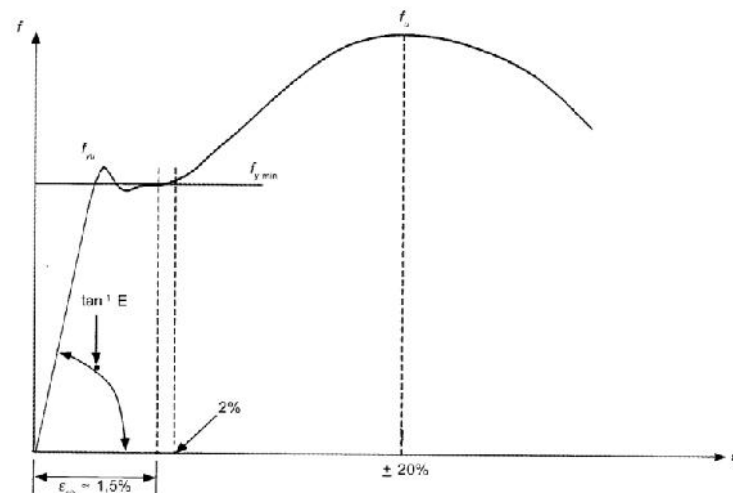
Berdasarkan presentase zat arang yang dikandung, baja dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Baja dengan presentase zat arang rendah (*low carbon steel*) yakni lebih kecil dari 0.15%
2. Baja dengan presentase zat arang ringan (*mild carbon steel*) yakni 0.15% - 0.29%
3. Baja dengan presentase zat arang sedang (*medium carbon steel*) yakni 0.30% - 0.59%
4. Baja dengan presentase zat arang tinggi (*high carbon steel*) yakni 0.60% - 1.7 %

Baja dengan bahan struktur termasuk kedalam baja yang presentase zat arang yang ringan (*mild carbon steel*), semakin tinggi zat arang yang terkandung didalamnya, maka semakin tinggi nilai tegangan lelehnya. Sifat-sifat bahan struktur yang paling penting dari baja adalah sebagai berikut:

- Modulus Elastisitas (E)
Modulus elastisitas untuk semua baja adalah 28000 sampai 30000 ksi atau 193000 sampai 207000 MPa. Nilai untuk desain lazimnya diambil sebesar 29000 ksi atau 200000 MPa. Nilai modulus elastisitas baja adalah $2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ atau $2,1 \times 10^5 \text{ MPa}$.
- Modulus Geser (G)
Nilai modulus geser baja adalah $0,81 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ atau $0,81 \times 10^5 \text{ Mpa}$.
- Koefisien Ekspansi
Koefisien ekspansi adalah koefisien pemuaian linier. Koefisien ekspansi baja diambil 12×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$.
- Tegangan Leleh
Tegangan leleh ditentukan berdasarkan mutu baja.
- Sifat-sifat Lain Yang Penting
Sifat-sifat ini termasuk massa jenis baja, yang sama dengan 490pcf atau $7,85 \text{ t/m}^3$.

Model pengujian yang paling tepat untuk mendapatkan sifat-sifat mekanik material baja adalah dengan melakukan uji tarik terhadap suatu benda uji baja. Uji tekan tidak dapat memberikan data yang akurat terhadap sifat-sifat mekanik material baja, karena disebabkan beberapa hal antara lain adanya potensi tekuk pada benda uji yang mengakibatkan ketidak stabilan dari benda uji tersebut, selain itu perhiyungan tegangan yang terjadi didalam benda uji lebih mudah dilakukan untuk uji tarik dari pada uji tekan. Gambar berikut menunjukkan contoh suatu hasil uji tarik material baja



Gambar 1. Contoh hasil uji tarik

Sumber: Perencanaan Struktur Baja Dengan metode LRFD

Titik-titik penting dalam kurva regangan tegangan antara lain adalah:

f : batas proposional

f^p : batas elastis

f_{yu}, f_y : tegangan leleh

f_u : tegangan putus

ε_{sh} : regangan saat mulai terjadi efek strain-hardening (penguatan regangan)

ε_u : regangan saat tercapainya tegangan putus

Menurut SNI 03-1729-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung sifat mekanis baja struktural yang digunakan dalam perencanaan harus memenuhi persyaratan minimum yang diberikan pada tabel dibawah ini. Tegangan leleh (f_y) tidak boleh melebihi nilai yang diberikan. Tegangan putus untuk perencanaan (f_u) tidak boleh diambil melebihi nilai yang diberikan pada tabel berikut:

Tabel 1. Sifat mekanik baja struktural

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum, f_u (MPa)	Tegangan Leleh minimum, f_y (MPa)	Peregangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Sumber: SNI Baja 03-1729-2002

2.3 Keuletan Material

Penggunaan material baja dengan mutu yang lebih tinggi dari BJ 37 tanpa ada perlakuan panas (*heat treatment*) akan mengakibatkan bahan tidak memiliki daktilitas yang baik dan bahan yang getas / mudah patah, sehingga penggunaan material yang demikian perlu mendapat perhatian yang lebih dari seorang perencana struktur. Dalam perencanaan struktur baja, keuletan material (*toughness*) adalah ukuran suatu material untuk menahan terjadinya putus (*fracture*) atau dengan kata lain adalah kemampuan untuk menyerap energi. Keuletan material dapat didefinisikan sebagai kemampuan untuk menahan terjadinya perambatan retak akibat adanya takikan pada badan material. Retak yang merambat akan mengakibatkan keruntuhan getas pada material.

Dalam uji tarik uniaksial, keuletan material dapat dihitung sebagai luas total dari kurva tegangan-regangan hingga titik putus benda uji (pada saat kurva tegangan-regangan berakhir). Karena uji tarik uni aksial jarang dijumpai pada struktur yang sebenarnya, maka indeks keuletan bahan dapat diukur berdasarkan kondisi tegangan yang lebih kompleks yang terjadi pada suatu takikan.

2.4 Keruntuhan Getas

Meskipun keruntuhan struktur baja pada umumnya merupakan keruntuhan daktil, namun dalam bermacam variasi kondisi, keruntuhan baja dapat merupakan keruntuhan getas. Keruntuhan getas adalah merupakan suatu keruntuhan yang terjadi secara tiba-tiba tanpa didahului deformasi plastis, terjadi dengan kecepatan yang sangat tinggi. Keruntuhan ini dipengaruhi oleh temperatur, kecepatan pembebanan, tingkat tegangan, tebal pelat, dan sistem pengerjaan. Secara garis besar, faktor-faktor yang dapat menimbulkan keruntuhan getas pada suatu elemen struktur ditampilkan dalam tabel berikut ini:

Tabel 2. Faktor-faktor yang potensial menimbulkan keruntuhan getas

No	Faktor Pengaruh	Efek
1	Temperatur	Makin tinggi temperatur makin besar peluang terjadinya keruntuhan getas
2	Tegangan tarik	Keruntuhan getas hanya dapat terjadi dibawah tegangan tarik
3	Ketebalan material	Makin tebal material baja makin besar peluang terjadinya keruntuhan getas.
4	Kontinuitas 3 dimensi	Menimbulkan efek tregangan multiaksial yang cenderung mengekang proses leleh baja dan meningkatkan kecenderungan terjadinya keruntuhan getas.
5	Takikan	Adanya takikan akan meningkatkan potensi keruntuhan getas
6	Kecepatan pembebanan	Kecepatan pembebanan Makin cepat kelajuan pembebanan makin besar pula peluang terjadinya keruntuhan getas.
7	Perubahan laju tegangan	Naiknya kelajuan tegangan akan meningkatkan potensi keruntuhan getas.
8	Las	Retakan pada las akan dapat beraksi sebagai suatu takikan

Sumber: *Perencanaan Struktur Baja Dengan metode LRFD*

2.5 Keruntuhan Lelah

Pembebanan yang bersifat siklik (khususnya beban tarik) dapat menyebabkan keruntuhan, meskipun tegangan leleh baja tak pernah tercapai. Keruntuhan ini dinamakan keruntuhan lelah (*fatigue failure*). Keruntuhan lelah dipengaruhi 3 faktor yakni:

- a. Jumlah siklus pembebanan
- b. Daerah tegangan layan (pembebanan antara tegangan maksimum dan minimum)
- c. Cacat-cacat dalam material tersebut, seperti retak-retak kecil

Pada proses pengelasan cacat dapat diartikan sebagai takikan pada pertemuan antara dua elemen yang disambung. Lubang baut yang mengakibatkan dikontinuitas pada elemen juga dapat dikategorikan sebagai cacat pada elemen tersebut. Cacat-cacat kecil dalam suatu elemen dapat diabaikan dalam suatu proses desain struktur, namun pada struktur yang mengalami beban-beban siklik, maka retakan akan makin bertambah panjang untuk tiap siklus pembebanan sehingga akan mengurangi kapasitas elemen untuk memikul beban layan. Mutu baja tidak terlalu mempengaruhi keruntuhan lelah ini.

2.6 Persyaratan Umum Perencanaan

- a. Keadaan Kekuatan Batas

Komponen struktur beserta sambungannya harus direncanakan untuk keadaan kekuatan batas seperti beban-beban dan aksi-aksi harus ditentukan sesuai pembebanan, perencanaan, dan aksi-aksinya yang dapat mempengaruhi kestabilan, kekuatan dan kemampuan layan struktur serta beban-beban keadaan kekuatan batas harus ditentukan sesuai dengan kombinasi pembebanan.

- b. Keadaan Kemampuan-Layan Batas

Sistem struktur dan komponen struktur harus direncanakan untuk mempunyai kemampuan layan batas dengan mengendalikan atau membatasi lendutan dan getaran. Disamping itu, untuk membangun baja diperlukan perlindungan terhadap korosi secukupnya.

- c. Metode Dalam Analisa Struktur

Beberapa metode menentukan gaya dalam untuk memenuhi syarat-syarat stabilitas, kekuatan, dan kekakuan yang ditetapkan dalam persyaratan umum perencanaan, pengaruh-pengaruh gaya dalam pada suatu struktur dan terhadap komponen-komponennya serta sambungannya yang diakibatkan

oleh beban-beban yang bekerja harus ditentukan melalui analisis struktur dengan menggunakan anggapan-anggapan yang ditetapkan pada:

- Bentuk struktur pada analisis struktur yaitu mendistribusikan pengaruh gaya dalam kepada komponen-komponen struktur dan sambungan-sambungan pada suatu struktur yang ditetapkan dengan menganggap salah satu atau kombinasi bentuk struktur kaku, semi-kaku, sederhana.
- Pengaruh gaya dalam atau seluruh struktur dapat ditetapkan menggunakan analisis plastis pada batasan harus dipenuhi. Distribusi gaya dalam harus memenuhi syarat keseimbangan dan syarat batas. Batasan yang dimaksud adalah mengenai persyaratan yang harus dipenuhi, dalam hal ini kuat lentur komponen struktur komposit harus ditentukan berdasarkan distribusi tegangan plastis.

2.7 Analisis Pembebanan

Beban yang akan ditinjau dan dihitung dalam perancangan struktur atap ialah beban mati, beban hidup, beban air hujan serta beban angin. Tujuan perencanaan struktur adalah untuk menghasilkan suatu struktur yang stabil, cukup kuat, mampu-layan, awet, dan memenuhi tujuan-tujuan lainnya seperti ekonomi dan kemudahan pelaksanaan. Suatu struktur disebut stabil bila ia tidak mudah terguling, miring, atau tergeser, selama umur bangunan yang direncanakan. Suatu struktur disebut cukup kuat dan mampu-layan bila kemungkinan terjadinya kegagalan-struktur dan kehilangan kemampuan layan selama masa hidup yang direncanakan adalah kecil dan dalam batas yang dapat diterima. Suatu struktur disebut awet bila struktur tersebut dapat menerima keausan dan kerusakan yang diharapkan terjadi selama umur bangunan yang direncanakan tanpa pemeliharaan yang berlebihan.

Perencanaan suatu struktur untuk keadaan-keadaan stabil batas, kekuatan batas, dan kemampuan-layan batas harus memperhitungkan pengaruh-pengaruh dari aksi sebagai akibat dari beban-beban berikut ini:

1. beban hidup dan mati seperti disyaratkan pada SNI 03-1727-1989 atau penggantinya;

2. untuk perencanaan keran (alat pengangkat), semua beban yang relevan yang disyaratkan pada SNI 03-1727-1989, atau penggantinya;
3. untuk perencanaan pelataran tetap, lorong pejalan kaki, tangga, semua beban yang relevan yang disyaratkan pada SNI 03-1727-1989, atau penggantinya;
4. untuk perencanaan lift, semua beban yang relevan yang disyaratkan pada SNI 03-1727-1989, atau penggantinya;
5. pembebanan gempa sesuai dengan SNI 03-1726-1989, atau penggantinya;
6. beban-beban khusus lainnya, sesuai dengan kebutuhan

Kuat perlu (U)

- Kuat perlu untuk menahan beban mati, paling tidak harus sama dengan :
 $U = 1,4D$
 - Kuat perlu yang menahan beban mati, beban hidup dan beban angin:
 $U = 1,2D + 1,6L + 0,8W$
 - Kuat perlu yang menahan kombinasi beban mati, dan beban angin:
 $U = 1,2D + 0,8W$
- Dimana:
- D = Beban mati
- L = Beban Hidup
- W = Beban Angin

2.7.1 Baban Mati

Beban mati adalah berat semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian tak terpisahkan dari gedung. Untuk merencanakan gedung ini, beban mati yang terdiri dari berat sendiri bahan bangunan dan komponen gedung. Pada perencanaan rangka atap, beban mati dihitung juga dengan berat dari gording. Perhitungan berat gording didapat dari berat profil yang dipakai dikalikan dengan jarak antar kuda-kuda. Untuk berat plafon diambil 11 kg/m² berupa semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dan berat penggantung diambil 7 kg/m². (PPIUG 1983)

2.7.2 Beban Hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghuni atau pengguna suatu gedung, termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan pembebanan lantai dan atap tersebut. Beban hidup terpusat dan peralatannya diambil minimum 100 kg/m. (PPIUG 1983)

2.7.3 Beban Angin

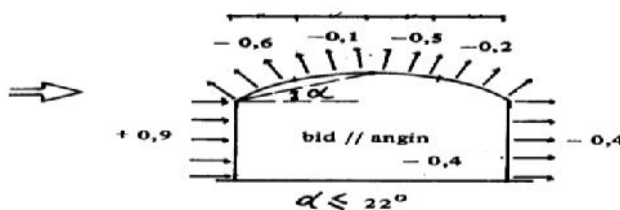
Beban Angin adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara. Beban Angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif dan tekanan negatif (hisapan), yang bekerja tegak lurus pada bidang yang ditinjau. Besarnya tekanan positif dan negatif yang dinyatakan dalam kg/m² ini ditentukan dengan mengalikan tekanan tiup dengan koefisien-koefisien angin harus diambil minimum 25 kg/m², kecuali untuk daerah di laut dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari tepi pantai. Pada daerah tersebut tekanan hisap diambil minimum 40 kg/m². (PPIUG 1983)

Pada konstruksi rangka kuda-kuda, beban angin diasumsikan bekerja tegak lurus bidang atap pada tiap titik simpul batang tepi atas.

Beban angin terdiri dari :

- Beban angin tekan (W)
- Beban angin hisap (W')

Untuk atap melengkung hanya angin hisap yang bekerja, dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. Koefisien angin untuk atap melengkung

Sumber: PPIUG 1983

2.8 Rangka atap

Rangka atap dapat menumpu pada kolom atau balok dimana perletakkannya sendi-rol

a. Gording (purlin)

Gording biasanya berupa siku atau “chanel” rumus pendekan untuk menentukan ukuran profil :

$$\text{Ukuran siku pada bidang tegak lurus atap} \geq \frac{L}{45}$$

$$\text{Ukuran siku pada bidang / atap} \geq \frac{L}{60}$$

$$\text{Momen maximum pada gording} = \frac{L}{10} W L$$

Dimana : W = beban total pada gording (termasuk angin).

L = bentang gording

Misalnya :

Bentang gording = 6 m

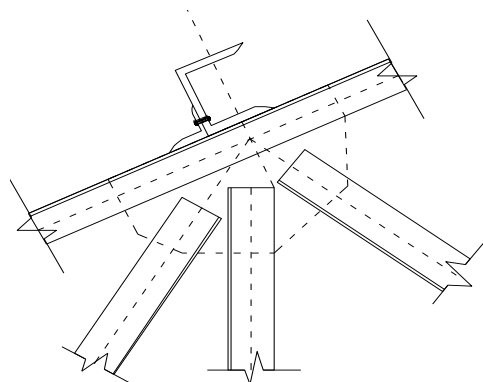
$$\text{Ukuran siku minimum : } \frac{600}{45} = 13,3 \text{ cm}$$

$$\frac{600}{60} = 10 \text{ cm}$$

Jadi dipakai siku L 140.140.13

b. Penempatan Gording

Penempatan gording diletakan pada as gording melalui titik pertemuan batang-batang, atau kadang-kadang titik atas gording berada pada garis vertikal yang melalui titik pertemuan.



Gambar 3. Penempatan gording

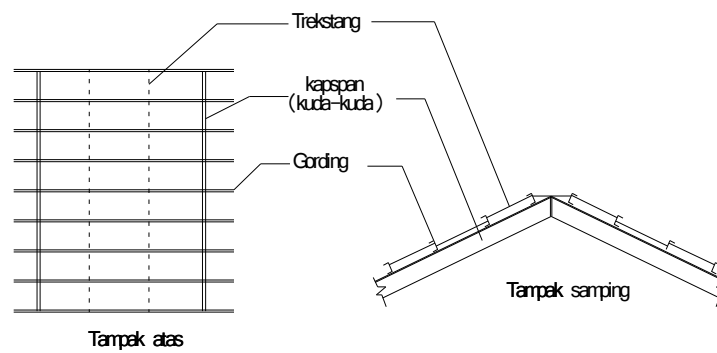
Sumber : Diktat Baja Teori Penyelesaian Struktur Baja

d. Jarak gording dan berat atap

Jarak gording tergantung pada jenis penutup atap, contoh jenis penutup atap yang digunakan adalah penutup atap spandek dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Lebar terpakai 760 mm
- Berat 5 Kg/m
- Panjang yang tersedia mencapai 12 m
- Jarak gording yang dipakai > Tepi atas 1,3 m
Tepi bawah 1,7 m

e. Penggunaan trekstang



Gambar 4 Penggunaan trekstang

Sumber: Diktat Baja Teori Penyelesaian Struktur Baja

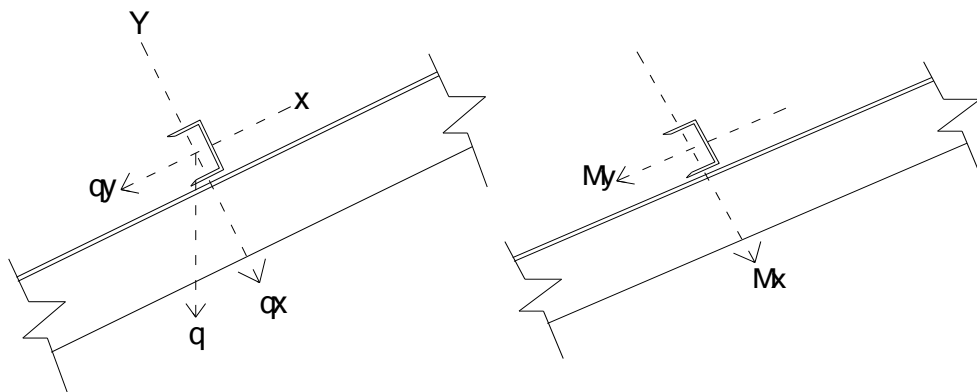
Trekstang adalah pengaku yang digunakan dalam konstruksi kuda-kuda untuk mengatasi sumbu lemah arah y pada gording. Akibat uraian gaya dalam arah sumbu y, maka gording akan melendut besar. Untuk memperkecil lendutan arah y maka dipasang trekstang baja penampang bulat (berulir atau tidak), yang menghubungkan gording satu dengan yang lain. Biasanya jarak-jarak lubang pada gording untuk dilalui oleh trekstang diambil maksimum 7,5 cm.

f. Perencanaan gording dan trekstang

Untuk merencanakan gording dan trekstang diperlukan data-data sebagai berikut :

1. Jarak gording (a)
2. Jarak kapsan (kuda-kuda) (b)
3. Beban yang bekerja pada gording

- Beban mati
Berat penutup atap x Jarak gording
- Beban hidup
Diambil minimum sebesar 100 kg/m^2
- Muatan angin
Tekanan tiup angin harus diambil minimum 25 kg/m^2
Perhitungan momen akibat beban mati q diurai atas q_x dan q_y
akibat $q_x : M_x = \frac{1}{8} q_x \cdot L^2$
akibat $q_y : M_y = \frac{1}{8} q_y \cdot L^2$



Gambar 5 Arah beban pada gording

Sumber : Diktat Baja Teori Penyelesaian Struktur Baja

Akibat P ditengah gording

Diurai juga atas P_x dan P_y jika trekstang menghubungkan tengah-tengah gording yang satu dan yang lain, maka : $L^I = \frac{1}{2} L$ dimana $L =$ bentang gording.

$$M_x = \frac{1}{4} P_x \cdot L$$

$$M_y = \frac{1}{4} P_y \cdot L^I$$

Akibat beban angin

Angin bekerja tegak lurus atap jadi beban angin berupa q

Angin tekan :

$$M_x = \frac{1}{8} (\text{beban angin} \times \text{jarak gording} \times \text{koef. angin tekan}) \cdot L^2$$

Angin Hisap :

$$M_x = \frac{1}{8} (\text{beban angin} \times \text{jarak gording} \times \text{koef. angin Hisap}) \cdot L^2$$

Tabel 3. Kombinasi pembebanan

	a	b	c
Ket	Beban Mati	Beban angin Hisap	Beban Hidup
M_x	M_{x1}	M_{x2}	M_{x3}
M_y	M_{y1}	M_{y2}	M_{y3}

Kombinasi yang dipakai adalah (a + c)

Sumber : Diktat Baja Teori Penyelesaian Struktur Baja

Pemeriksaan terhadap tegangan dan lendutan

Terhadap tegangan

$$\tau = \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y}$$

Dimana :

$$\tau \leq \bar{\tau}$$

Terhadap lendutan

$$f_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_y \cdot L^4}{E I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_y \cdot L^3}{E I_x}$$

$$f_y = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_x \cdot L^4}{E I_y} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P_x \cdot L^3}{E I_y}$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}$$

Maka, $f \leq \bar{f}$

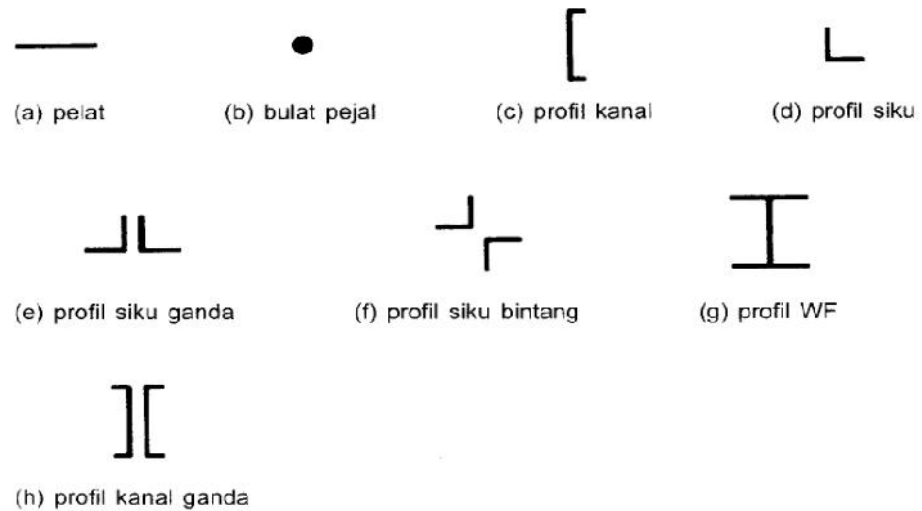
Dimana $\bar{f} = \frac{1}{250} \cdot L$

Dimana L = bentang gording

2.9 Batang tarik

Batang tarik banyak dijumpai dalam banyak struktur baja, seperti struktur-struktur jembatan, rangka atap, menara transmisi, ikatan angin, dan lain sebagainya. Batang tarik ini sangat efektif dalam memikul beban. Batang ini dapat terdiri dari profil tunggal ataupun profil-profil tersusun. Contoh-contoh penampang batang tarik adalah profil bulat, pelat siku, siku ganda, siku bintang, kanal, wf, dan lain-lain.

Gambar berikut menunjukkan beberapa penampang batang tarik yang umum digunakan.



Gambar 6 Penampang batang tarik

Sumber: Perencanaan Struktur Baja Dengan metode LRFD

Menurut SNI 03-1729-2002 pasal 10.1 menyatakan bahwa komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial terfaktor N_u harus memenuhi :

$$N_u \leq \Phi \cdot N_n$$

Dengan ΦN_n adalah kuat tarik rencana yang besarnya diambil sebagai nilai terendah diantara dua perhitungan menggunakan harga-harga Φ dan N_n sebagai berikut :

$$\Phi = 0,9$$

$$N_n = A_g \cdot \Phi f_y$$

dan

$$\Phi = 0,75$$

$$N_n = A_e \cdot \Phi f_u$$

Keterangan :

A_g adalah luas penampang bruto (mm²)

A_e adalah luas penampang efektif (mm²)

f_y adalah tegangan leleh (MPa)

f_u adalah tegangan tarik putus (MPa)

Luas penampang efektif komponen struktur yang mengalami gaya tarik ditentukan sebagai berikut :

$$A_e = A_U$$

Keterangan :

A adalah luas penampang (mm²)

U adalah faktor reduksi

$$U = 1 - \frac{x}{L} \leq 0,9$$

Dengan :

x adalah eksentrisitas sambungan, jarak tegak lurus arah gaya tarik, antara titik berat penampang komponen yang disambung dengan bidang sambungan (mm)

L adalah panjang sambungan dalam arah gaya tarik, yaitu jarak antara dua baut yang terjauh pada suatu sambungan atau panjang las dalam arah gaya tarik (mm)

Apabila gaya tarik disalurkan dengan menggunakan alat sambung las, maka akan ada 3 macam kondisi yaitu :

- Bila gaya tarik disalurkan hanya oleh las memanjang ke elemen bukan pelat, atau oleh kombinasi las memanjang dan melintang, maka : $A_e = A_g$
- Bila gaya tarik disalurkan oleh las melintang saja :
 $A_e =$ luas penampang yang disambung las ($U = 1$)
- Bila gaya tarik disalurkan ke elemen pelat oleh las memanjang sepanjang kedua sisi bagian ujung elemen : $A_e = U \cdot A_g$

Dengan : $U = 1$ untuk $l \leq 2w$

$U = 0,87$ untuk $2w > l \geq 1,5w$

$U = 0,75$ untuk $1,5w > l \geq w$

Keterangan :

l adalah panjang las (mm)

w adalah jarak antar las memanjang (mm)

Untuk mengurangi problem yang terkait dengan lendutan besar dan vibrasi, maka komponen struktur tarik harus memenuhi syarat kekakuan. Syarat ini

berdasarkan pada rasio kelangsingan, $\lambda = \frac{L}{r}$ Dengan λ adalah angka kelangsingan struktur, L adalah panjang komponen struktur, sedangkan r adalah jari-jari girasi ($r = \sqrt{\frac{I}{A}}$) Nilai λ diambil maksimum 240 untuk batang tarik utama, dan 300 untuk batang tarik sekunder.

2.10 Batang Tekan

Komponen struktur yang mengalami gaya tekan konsentris akibat beban terfaktor N_u , harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. $N_u \leq \Phi \cdot N_n$

Keterangan :

Φ adalah faktor reduksi kekuatan ($\Phi = 0,85$)

N_n adalah kuat tekan nominal komponen struktur, $A_g \cdot f_{cr}$

2. Perbandingan Kelangsingan

- a. Kelangsingan elemen penampang

$$\lambda_r = \frac{250}{\sqrt{f_y}} \quad (\text{tabel 7.5 -1, hal 30 dari 183}) \text{ untuk elemen profil siku}$$

Keterangan :

D adalah diameter penampang (mm)

t adalah ketebalan profil (mm)

- b. Kelangsingan komponen struktur

$$\lambda = \frac{k \cdot L}{r} < 200 \quad \dots\dots\dots (\text{SNI 2002 hal 29})$$

Keterangan :

k adalah faktor panjang tekuk

L adalah panjang komponen struktur tekan

r adalah jari-jari girasi komponen struktur

Garis putus menunjukkan posisi kolom pada saat tertekuk						
	Harga K teoretis	0,5	0,7	1,0	1,0	2,0
K desain	0,65	0,80	1,2	1,0	2,10	2,0
Keterangan	<ul style="list-style-type: none"> jepit sendi rol tanpa rotasi ujung bebas 					

Gambar 7. Nilai k Faktor Panjang Tekuk

Sumber : (SNI 03-1729-2002)

Daya dukung nominal N_n struktur tekan dihitung sebagai berikut :

$$N_n = A_g \times f_{cr} = A_g \frac{f_y}{\omega}$$

dengan besarnya ditentukan oleh λ_c , yaitu :

untuk $\lambda_c \leq 0,25$ maka $\omega = 1$

untuk $0,25 < \lambda_c < 1,2$ maka $\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot \lambda_c}$

untuk $\lambda_c \geq 1,2$ maka $\omega = 1,25 \cdot \lambda_c^2$

Dengan: $\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{F_Y}{\omega}}$

Keterangan :

λ_c adalah rasio kelangsingan

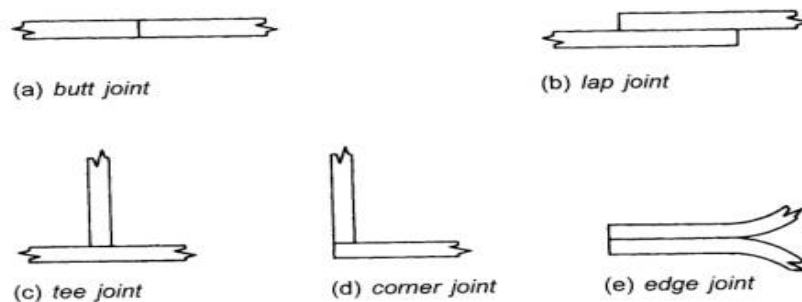
f_y adalah tegangan leleh (MPa)

ω adalah koefisien tekuk

2.11 Sambungan

Jenis-jenis sambungan las

1. Sambungan sebidang (*butt joint*), sambungan ini umumnya dipakai untuk pelat-pelat datar dengan ketebalan sama atau hampir sama, keuntungan dari sambungan ini adalah tak adanya eksentrisitas.
2. Sambungan lewatan (*Lap joint*), jenis sambungan ini paling banyak dijumpai karena sambungan ini mudah disesuaikan keadaan di lapangan dan juga penyambungan relatif muda. Cocok juga untuk tebal plat berlainan.
3. Sambungan tegak (*tee joint*), sambungan ini biasa dipakai terutama untuk membuat penampang seperti bentuk I, pelat girder, stiffener
4. Sambungan sudut (*corner joint*), dipakai untuk penampang tersusun berbentuk kotak yang digunakan untuk kolom yang menerima gaya torsi yang besar
5. Sambungan sisi (*edge joint*), sambungan ini bukan jenis struktural dan digunakan untuk menjaga agar dua atau lebih plat tidak bergeser satu dengan yang lain.



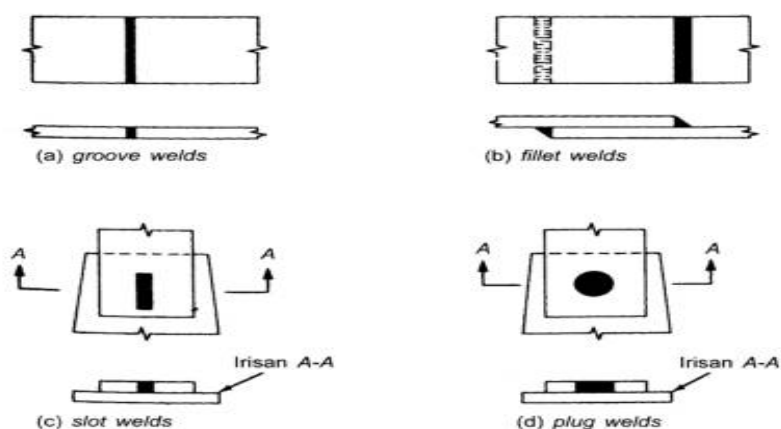
Gambar 8. Jenis- jenis sambungan

Sumber: *Perencanaan Struktur Baja Dengan metode LRFD*

Jenis-jenis las yang sering dijumpai antara lain :

1. Las tumpul (*groove welds*), las ini dipakai untuk menyambungkan batang-batang sebidang, karena las ini harus menyalurkan secara penuh beban yang bekerja, maka las ini harus memiliki kekuatan yang sama dengan batang yang disambunginya. Las tumpul dimana terdapat penyatuan antara las dan bahan induk sepanjang tebal penuh sambungan dinamakan las

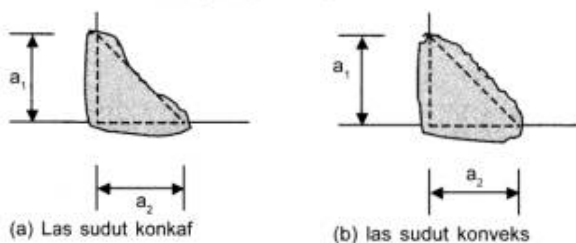
- tumpul penetrasi penuh. Sedangkan bila tebal penetrasi lebih kecil dari pada tebal penuh sambungan dinamakan las tumpul sebagian.
2. Las sudut (*fillet welds*), tipe las ini lebih banyak dijumpai dibandingkan tipe las yang lain, 80% sambungan las menggunakan las sudut. Tipe ini tidak memerlukan presisi tinggi dalam pengerjaannya.
 3. Las biji dan pasak (*slot and plug welds*), jenis ini biasanya digunakan bersama-sama dengan las sudut. Manfaat utamanya adalah menyalurkan gaya geser pada sambungan lewatan bila bila ukuran panjang las terbatas oleh panjang yang tersedia untuk las sudut.



Gambar 9. Jenis- jenis Las Yang Sering Dijumpai

Sumber: Perencanaan Struktur Baja Dengan metode LRFD

Pembatasan ukuran las sudut Ukuran las sudut ditentukan oleh panjang kaki. Panjang kaki harus ditentukan sebagai panjang a_1 dan a_2 . bila kakinya sama panjang, ukurannya adalah t_w . Ukuran minimum las sudut, diterapkan dalam tabel berikut



Gambar 10. Ukuran Las sudut

Sumber: Perencanaan Struktur Baja Dengan metode LRFD

Tabel 4. Ukuran Minimum Las Sudut

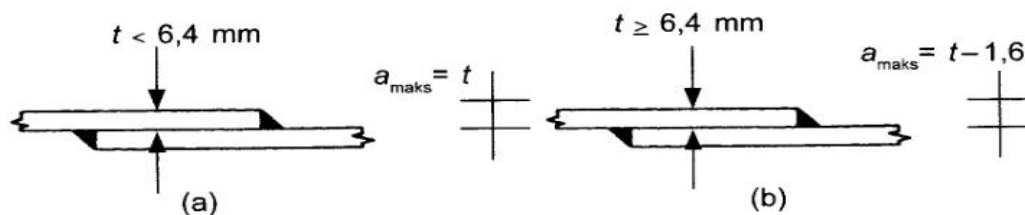
Tebal plat (t , mm) Paling tebal	Ukuran minimum las sudut (a , mm)
$t \leq 7$	3
$7 < t \leq 10$	4
$10 < t \leq 15$	5
$15 < t$	6

Sumber: Perencanaan Struktur Baja Dengan metode LRFD

Sedangkan pembatasan ukuran maksimum las sudut:

- Untuk komponen dengan tebal kurang dari 6,4 mm, diambil setebal komponen
- Untuk komponen dengan tebal 6,4 mm atau lebih, diambil 1,6 mm kurang dari tebal komponen

Panjang efektif las sudut adalah seluruh panjang las sudut berukuran penuh dan paling tidak harus 4 kali ukuran las, jika kurang maka perencanaan dianggap sebesar $\frac{1}{4}$ kali panjang efektif.

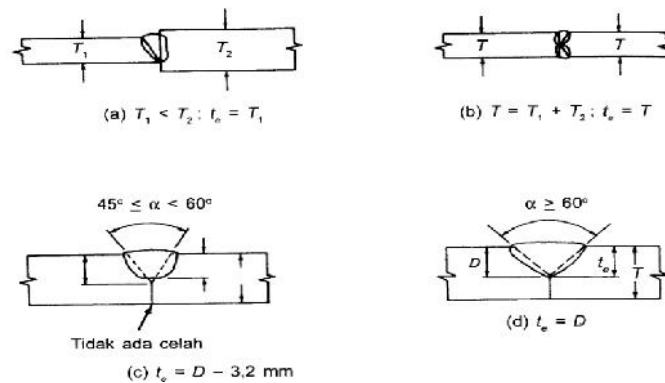


Gambar 11. Ukuran Las sudut

Sumber: Perencanaan Struktur Baja Dengan metode LRFD

Luas efektif las

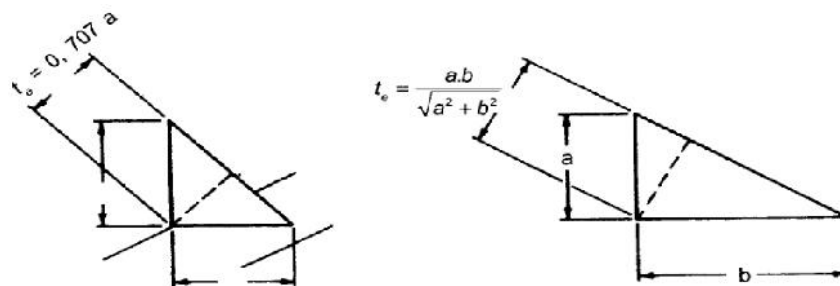
Luas efektif las sudut dan las tumpul adalah hasil perkalian antara tebal efektif (t_e) dengan panjang las. Tebal efektif las tergantung dari ukuran dan bentuk dari las tersebut. Tebal efektif las tumpul penetrasi penuh adalah tebal plat yang tertipis dari komponen yang disambung



Gambar 12. Ukuran Las sudut

Sumber: Perencanaan Struktur Baja Dengan metode LRFD

Tebal efektif las sudut adalah jarak nominal terkecil dari kemiringan las dengan titik sudut didepannya. Asumsikan bahwa las sudut mempunyai ukuran kaki yang sama, α , maka tebal efektif t_e adalah $0,707 a$. Jika ukuran las tak sama panjang, maka tebal efektif harus dihitung dengan memakai hukum-hukum trigonometri.



Gambar 13. Tebal efektif las sudut

Sumber: Perencanaan Struktur Baja Dengan metode LRFD

Tahanan nominal sambungan las

$$\Phi R_{nw} \geq R_u$$

Dengan : Φ adalah faktor tahanan

R_{nw} adalah tahanan nominal per satuan las

R_u adalah beban terfaktor per satuan panjang las

Kuat rencana per satuan panjang las sudut, ditentukan sebagai berikut:

$$\Phi R_{nw} = 0,75 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot f_{uw}) \text{ (las)}$$

$$\Phi R_{nw} = 0,75 \cdot t_e \cdot (0,6 \cdot f_u) \text{ (bahan dasar)}$$

2.12 SAP 2000

2.12.1 Pengertian SAP 2000

SAP 2000 merupakan suatu program analisis struktur yang lengkap namun sangat mudah dioperasikan. Prinsip utama penggunaan program ini adalah pemodelan struktur, eksekusi analisis, dan pemeriksaan atau optimasi desain yang semuanya dilakukan dalam satu langkah atau satu tampilan. Tampilan berupa model secara real time sehingga memudahkan pengguna untuk melakukan pemodelan secara menyeluruh dalam waktu singkat namun dengan hasil yang tepat. SAP 2000 adalah program yang menyediakan pilihan, antara lain membuat model struktur baru, memodifikasi dan merancang element struktur. Semua hal tersebut dapat dilakukan melalui *User Interface* yang sama. Program ini dirancang sangat interaktif, sehingga beberapa hal dapat dilakukan, misalnya mengontrol kondisi tegangan pada element struktur, mengubah dimensi batang dan mengganti peraturan perancangan tanpa harus mengulang analisis struktur. Program ini telah dilengkapi dengan beberapa template seperti 2D dan 3D *frame, wall, shell, staircase, Bridge Wizard* dan lain-lain untuk mempermudah dalam memodel struktur. SAP 2000 merupakan program versi terakhir yang paling lengkap dari sesi-sesi program analisis struktur SAP, baik SAP 80 maupun SAP 90. Keunggulan program SAP 2000 antara lain di tunjukan dengan adanya fasilitas untuk desain elemen, baik untuk material baja maupun beton. Di samping itu adanya fasilitas baja dengan mengoptimalkan penampang, sehingga pengguna tidak perlu menentukan profil untuk masing-masing elemen, tetapi cukup memberikan data profil secukupnya, dan program akan memilih sendiri profil yang paling optimal atau ekonomis.

2.12.2 Keuntungan dan Kerugian SAP

- Keuntungan dari SAP yaitu:
 - SAP terdiri dari sejumlah modul aplikasi yang mempunyai kemampuan mendukung semua transaksi yang perlu dilakukan, dan tiap aplikasi yang bekerja berkaitan satu dengan yang lain. Semua modul SAP dapat bekerja secara terhubung yang satu dengan yang lain.
 - Analisis yang cepat dan akurat
 - Model pembebanan yang lebih lengkap
- Kerugian dari SAP yaitu:
 - Kelengkapan data masuk dan batas waktunya yang menuntut kedisiplinan penggunaannya.
 - Biaya perangkat lunak yang tinggi
 - Tingginya biaya perawatan perangkat lunak.