

DASAR PERENCANAAN STRUKTUR BAJA

SILABUS

1. Identitas mata kuliah :
Nama Mata Kuliah : Struktur Baja
2. Tujuan :
Setelah mengikuti mata kuliah ini diharapkan mahasiswa memahami perhitungan struktur baja untuk bangunan sederhana dan penggambarannya.
3. Daftar Buku
 - Buku Utama :
 1. Struktur Baja (Desain dan Perilaku), 1996, Charles G. Salmon, John E. Johnson;
 2. Konstruksi Baja, 1994, Ir. Gunawan T., dan Ir. Margaret S.;
 3. Applied Structural Steel Design, 1986, Spiegel Leonard, Limbrunner George.;
 4. PPBBI, 1983, DPMB; Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung, 2002, Puslitbang Tek Permukiman;
 - Referensi :
 1. William Mc. Guire, Steel Structures, Prentice Hall, Inc, 1968.
 2. Edwin R. Gaylord, Yr - Charles n. Gaylord, Design of Steel Structures, Mc, Graw - Hill Book Company, 1972.
 3. John E. Lothers, Design in Structural Steel, Prantices - Hill Inc. 1972.
 4. Ram Chandra, Design of steel Structures, Standard Book House, 1976.
 5. A.P Posma, I - J.E. De Vries, Ir, Konstruksi Baja - Tori, Pefiitungn dan Pelaksanaan.
 6. Loa Drmawan, Prof, Ir, Diktat Konstruksi Baja I, Bagian Sipil Institut Teknologi Bandung
 7. Loa Drmawan, Prof, Ir, Diktat Konstruksi Baja II, Bagian Sipil Institut Teknologi Bandung
 8. Hannis Bufian, Ir, Konstruksi Baja, Bagian Sipil Institut Teknologi Bandung
 9. Peraturan-Peraturan untuk merencanakan konstruksi Baja, Penyelidikan Masalah Bangunan, Direktorat Jendral Cipta Karya. Departemen Pekerjaan Umum
 10. Daftar Profil untuk Konstruksi Baja, Buku Seri Teknologi.

SEJARAH BAJA

- Besi ditemukan digunakan pertama kali pada sekitar 1500 SM
- Tahun 1100 SM, Bangsa hittites yang merahasiakan pembuatan tersebut selama 400 tahun dikuasai oleh bangsa asia barat, pada tahun tersebut proses peleburan besi mulai diketahui secara luas.
- Tahun 1000 SM, bangsa yunani, mesir, jews, roma, carhaginians dan asiria juga mempelajari peleburan dan menggunakan besi dalam kehidupannya.
- Tahun 800 SM, India berhasil membuat besi setelah di invansi oleh bangsa arya.
- Tahun 700 – 600 SM, Cina belajar membuat besi.
- Tahun 400 – 500 SM, baja sudah ditemukan penggunaannya di eropa.
- Tahun 250 SM bangsa India menemukan cara membuat baja
- Tahun 1000 M, baja dengan campuran unsur lain ditemukan pertama kali pada 1000 M pada kekaisaran fatim yang disebut dengan baja damascus.
- 1300 M, rahasia pembuatan baja damaskus hilang.
- 1700 M, baja kembali diteliti penggunaan dan pembuatannya di eropa.

bijih besi antara lain :

- **Hematite** - Fe_2O_3 - 70 % iron
- **Magnetite** - Fe_3O_4 - 72 % iron
- **Limonite** - $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$ - 50 % to 66 % iron
- **Siderite** - FeCO_3 - 48 % iron

Pemurnian Besi

- Prinsip dasar : Menghilangkan kandungan oksigen dalam bijih besi.
- Cara tradisional : *blomery*, pada proses ini bijih besi dibakar dengan [charcoal](#), dimana banyak mengandung carbon sehingga terjadi pengikatan oksigen, pembakaran tersebut menghasilkan karbondioksida dan karbon monoksida yang terlepas ke udara, sehingga besi murni didapat dan dikeluarkan dari dapur,kekurangnya tidak semua besi dapat melebur sehingga terbentuk spoge, spoge berisi besi dan silica.
- Proses lebih modern adalah dengan blas furnace, blast furnace diisi oleh bijih besi, charcoal atau coke (coke adalah charcoal yang terbuat dari coal) dan limestone (CaCO_3). Angin secara kencang dan kontinu ditiupkan dari bawah dapur. Hasil peluburan

besi akan berada di bawah, cairan besi yang keluar ditampung dan disebut dengan *pig iron*.

PROSES PEMBUATAN BAJA

Baja diproduksi didalam dapur pengolahan baja dari besi kasar baik padat maupun cair, besi bekas (Skrap) dan beberapa paduan logam. Ada beberapa proses pembuatan baja antara lain :

1. proses konvertor

terdiri dari satu tabung yang berbentuk bulat lonjong dengan menghadap kesamping.

Sistem kerja

- Dipanaskan dengan kokas sampai ± 1500 °C,
- Dimiringkan untuk memasukkan bahan baku baja. ($\pm 1/8$ dari volume konvertor)
- Kembali ditegakkan.
- Udara dengan tekanan 1,5 – 2 atm dihembuskan dari kompresor.
- Setelah 20-25 menit konvertor dijungkirkan untuk mengelaurkan hasilnya.

- **proses Bassemer (asam)**

lapisan bagian dalam terbuat dari batu tahan api yang mengandung kwarsa asam atau oksid asam (SiO_2), Bahan yang diolah besi kasar kelabu cair, CaO tidak ditambahkan sebab dapat bereaksi dengan SiO_2 .



- **proses Thomas (basa)**

Lapisan dinding bagian dalam terbuat dari batu tahan api bisa atau dolomit [kalsium karbonat dan magnesium ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$)], besi yang diolah besi kasar putih yang mengandung P antara 1,7 – 2 %, Mn 1 – 2 % dan Si 0,6-0,8 %. Setelah unsur Mn dan Si terbakar, P membentuk oksida fospor (P_2O_5), untuk mengeluarkan besi cair ditambahkan zat kapur (CaO),



2. proses Siemens Martin

menggunakan sistem regenerator (± 3000 °C.) fungsi dari regenerator adalah :

- a. memanaskan gas dan udara atau menambah temperatur dapur
- b. sebagai Fundamen/ landasan dapur
- c. menghemat pemakaian tempat

Bisa digunakan baik besi kelabu maupun putih,

- Besi kelabu dinding dalamnya dilapisi batu silika (SiO_2),

- besi putih dilapisi dengan batu dolomit (40 % $MgCO_3$ + 60 % $CaCO_3$)

3. proses Basic Oxygen Furnace

- logam cair dimasukkan ke ruang baker (dimiringkan lalu ditegakkan)
- Oksigen (± 1000) ditiupkan lewat *Oxygen Lance* ke ruang bakar dengan kecepatan tinggi. (55 m^3 (99,5 % O_2) tiap satu ton muatan) dengan tekanan 1400 kN/m^2 .
- ditambahkan bubuk kapur (CaO) untuk menurunkan kadar P dan S.

Keuntungan dari BOF adalah:

- BOF menggunakan O_2 murni tanpa Nitrogen
- Proses hanya lebih-kurang 50 menit.
- Tidak perlu tuyer di bagian bawah
- Phosphor dan Sulfur dapat terusir dulu daripada karbon
- Biaya operasi murah

4. proses dapur listrik

temperatur tinggi dengan menggunakan busur cahaya electrode dan induksi listrik.

Keuntungan :

- Mudah mencapai temperatur tinggi dalam waktu singkat
- Temperatur dapat diatur
- Efisiensi termis dapur tinggi
- Cairan besi terlindungi dari kotoran dan pengaruh lingkungan sehingga kualitasnya baik
- Kerugian akibat penguapan sangat kecil

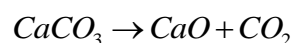
5. proses dapur kopel

mengolah besi kasar kelabu dan besi bekas menjadi baja atau besi tuang.

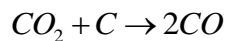
Proses

- pemanasan pendahuluan agar bebas dari uap cair.
- Bahan bakar(arang kayu dan kokas) dinyalakan selama ± 15 jam.
- kokas dan udara dihembuskan dengan kecepatan rendah hingga kokas mencapai $700 - 800 \text{ mm}$ dari dasar tungku.
- besi kasar dan baja bekas kira-kira $10 - 15 \%$ ton/jam dimasukkan.
- 15 menit baja cair dikeluarkan dari lubang pengeluaran.

Untuk membentuk terak dan menurunkan kadar P dan S ditambahkan batu kapur ($CaCO_3$) dan akan terurai menjadi:



CO_2 akan bereaksi dengan karbon:



Gas CO yang dikeluarkan melalui cerobong, panasnya dapat dimanfaatkan untuk pembangkit mesin-mesin lain.

6. proses dapur Cawan

- Proses kerja dapur cawan dimulai dengan memasukkan baja bekas dan besi kasar dalam cawan,
- kemudian dapur ditutup rapat.
- Kemudian dimasukkan gas-gas panas yang memanaskan sekeliling cawan dan muatan dalam cawan akan mencair.
- Baja cair tersebut siap dituang untuk dijadikan baja-baja istimewa dengan menambahkan unsur-unsur paduan yang diperlukan

Klasifikasi baja

1. Menurut komposisi kimianya:

a. Baja karbon (*carbon steel*), dibagi menjadi tiga yaitu;

- Baja karbon rendah (*low carbon steel*) → *machine, machinery dan mild steel*
 - 0,05 % - 0,30% C.Sifatnya mudah ditempa dan mudah di mesin. Penggunaannya:
 - 0,05 % - 0,20 % C : *automobile bodies, buildings, pipes, chains, rivets, screws, nails.*
 - 0,20 % - 0,30 % C : *gears, shafts, bolts, forgings, bridges, buildings.*
- Baja karbon menengah (*medium carbon steel*)
 - Kekuatan lebih tinggi daripada baja karbon rendah.
 - Sifatnya sulit untuk dibengkokkan, dilas, dipotong. Penggunaan:
 - 0,30 % - 0,40 % C : *connecting rods, crank pins, axles.*
 - 0,40 % - 0,50 % C : *car axles, crankshafts, rails, boilers, auger bits, screwdrivers.*
 - 0,50 % - 0,60 % C : *hammers dan sledges.*
- Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) → *tool steel*
 - Sifatnya sulit dibengkokkan, dilas dan dipotong. Kandungan 0,60 % - 1,50 % CPenggunaan
 - *screw drivers, blacksmiths hammers, tables knives, screws, hammers, vise jaws, knives, drills. tools for turning brass and wood, reamers, tools for turning hard metals, saws for cutting steel, wire drawing dies, fine cutters.*

b. Baja paduan (*alloy steel*)

Tujuan dilakukan penambahan unsur yaitu:

1. Untuk menaikkan sifat mekanik baja (kekerasan, keliatan, kekuatan tarik dan sebagainya)
 2. Untuk menaikkan sifat mekanik pada temperatur rendah
 3. Untuk meningkatkan daya tahan terhadap reaksi kimia (oksidasi dan reduksi)
- Untuk membuat sifat-sifat spesial

Baja paduan yang diklasifikasikan menurut kadar karbonnya dibagi menjadi:

1. *Low alloy steel*, jika elemen paduannya $\leq 2,5\%$
2. *Medium alloy steel*, jika elemen paduannya $2,5 - 10\%$
3. *High alloy steel*, jika elemen paduannya $> 10\%$

Selain itu baja paduan dibagi menjadi dua golongan yaitu baja campuran khusus (*special alloy steel*) dan *high speed steel*.

- Baja Paduan Khusus (*special alloy steel*)

Baja jenis ini mengandung satu atau lebih logam-logam seperti nikel, chromium, manganese, molybdenum, tungsten dan vanadium. Dengan menambahkan logam tersebut ke dalam baja maka baja paduan tersebut akan merubah sifat-sifat mekanik dan kimianya seperti menjadi lebih keras, kuat dan ulet bila dibandingkan terhadap baja karbon (*carbon steel*).

- *High Speed Steel* (HSS) → *Self Hardening Steel*

Kandungan karbon : $0,70\% - 1,50\%$. Penggunaan membuat alat-alat potong seperti *drills, reamers, countersinks, lathe tool bits* dan *milling cutters*. Disebut *High Speed Steel* karena alat potong yang dibuat dengan material tersebut dapat dioperasikan dua kali lebih cepat dibanding dengan *carbon steel*. Sedangkan harga dari HSS besarnya dua sampai empat kali daripada *carbon steel*.

Baja Paduan dengan Sifat Khusus

1. Baja Tahan Karat (*Stainless Steel*)

Sifatnya antara lain:

- Memiliki daya tahan yang baik terhadap panas, karat dan goresan/gesekan
- Tahan temperature rendah maupun tinggi
- Memiliki kekuatan besar dengan massa yang kecil
- Keras, liat, densitasnya besar dan permukaannya tahan aus
- Tahan terhadap oksidasi
- Kuat dan dapat ditempa

- Mudah dibersihkan
 - Mengkilat dan tampak menarik
2. *High Strength Low Alloy Steel* (HSLA)

Sifat dari HSLA adalah memiliki *tensile strength* yang tinggi, anti bocor, tahan terhadap abrasi, mudah dibentuk, tahan terhadap korosi, ulet, sifat mampu mesin yang baik dan sifat mampu las yang tinggi (*weldability*). Untuk mendapatkan sifat-sifat di atas maka baja ini diproses secara khusus dengan menambahkan unsur-unsur seperti: tembaga (Cu), nikel (Ni), Chromium (Cr), Molybdenum (Mo), Vanadium (Va) dan Columbium.

3. Baja Perkakas (*Tool Steel*)

Sifat-sifat yang harus dimiliki oleh baja perkakas adalah tahan pakai, tajam atau mudah diasah, tahan panas, kuat dan ulet.

Kelompok dari tool steel berdasarkan unsur paduan dan proses pengerjaan panas yang diberikan antara lain:

- Later hardening* atau *carbon tool steel* (ditandai dengan tipe W oleh AISI), *Shock resisting* (Tipe S), memiliki sifat kuat dan ulet dan tahan terhadap beban kejutan dan repeat loading. Banyak dipakai untuk pahat, palu dan pisau.
- Cool work tool steel*, diperoleh dengan proses hardening dengan pendinginan yang berbeda-beda. Tipe O dijelaskan dengan mendinginkan pada minyak sedangkan tipe A dan D didinginkan di udara.
- Hot Work Steel* (tipe H), mula-mula dipanaskan hingga (300 – 500) °C dan didinginkan perlahan-lahan, karena baja ini banyak mengandung tungsten dan molybdenum sehingga sifatnya keras.
- High speed steel* (tipe T dan M), merupakan hasil paduan baja dengan tungsten dan molybdenum tanpa dilunakkan. Dengan sifatnya yang tidak mudah tumpul dan tahan panas tetapi tidak tahan kejutan.
- Campuran carbon-tungsten (tipe F), sifatnya adalah keras tapi tidak tahan aus dan tidak cocok untuk beban dinamis serta untuk pemakaian pada temperatur tinggi.

Klasifikasi lain antara lain :

- Menurut penggunaannya:
 - Baja konstruksi (*structural steel*), mengandung karbon kurang dari 0,7 % C.
 - Baja perkakas (*tool steel*), mengandung karbon lebih dari 0,7 % C.
- Baja dengan sifat fisik dan kimia khusus:
 - Baja tahan garam (*acid-resisting steel*)
 - Baja tahan panas (*heat resistant steel*)
 - Baja tanpa sisik (*non scaling steel*)

- *Electric steel*
- *Magnetic steel*
- *Non magnetic steel*
- Baja tahan pakai (*wear resisting steel*)
- Baja tahan karat/korosi

Dengan mengkombinasikan dua klasifikasi baja menurut kegunaan dan komposisi kimia maka diperoleh lima kelompok baja yaitu:

1. Baja karbon konstruksi (*carbon structural steel*)
2. Baja karbon perkakas (*carbon tool steel*)
3. Baja paduan konstruksi (*Alloyed structural steel*)
4. Baja paduan perkakas (*Alloyed tool steel*)
5. Baja konstruksi paduan tinggi (*Highly alloy structural steel*)

Selain itu baja juga diklasifikasikan menurut kualitas:

1. Baja kualitas biasa
2. Baja kualitas baik
3. Baja kualitas tinggi

Sambungan Baja

a. Fungsi / Tujuan Sambungan Baja

Suatu konstruksi bangunan baja adalah tersusun atas batang-batang baja yang digabung membentuk satu kesatuan bentuk konstruksi dengan menggunakan berbagai macam teknik sambungan.

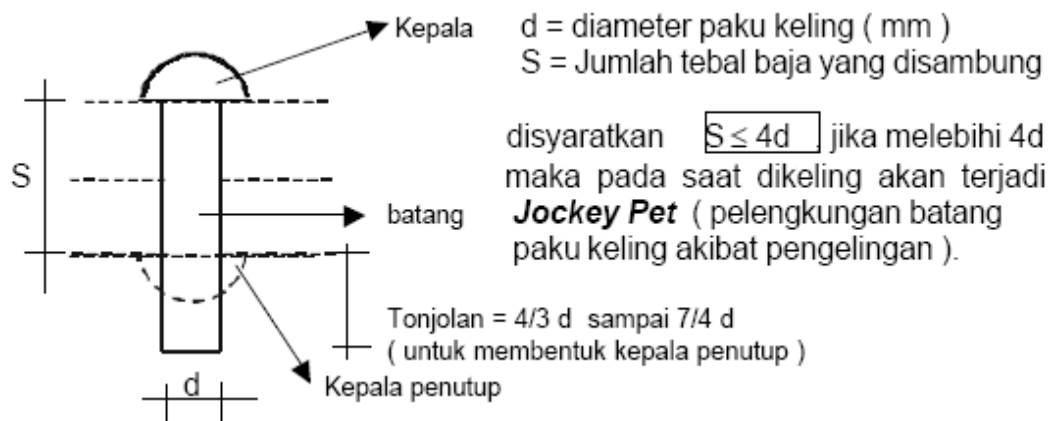
Adapun fungsi / tujuan sambungan baja antara lain :

1. Untuk menggabungkan beberapa batang baja membentuk kesatuan konstruksi sesuai kebutuhan.
2. Untuk mendapatkan ukuran baja sesuai kebutuhan (panjang, lebar, tebal, dan sebagainya).
3. Untuk memudahkan dalam penyetakan konstruksi baja di lapangan.
4. Untuk memudahkan penggantian bila suatu bagian / batang konstruksi mengalami rusak.
5. Untuk memberikan kemungkinan adanya bagian / batang konstruksi yang dapat bergerak missal peristiwa muai-susut baja akibat perubahan suhu.

b. Mengenal Alat Sambung Baja

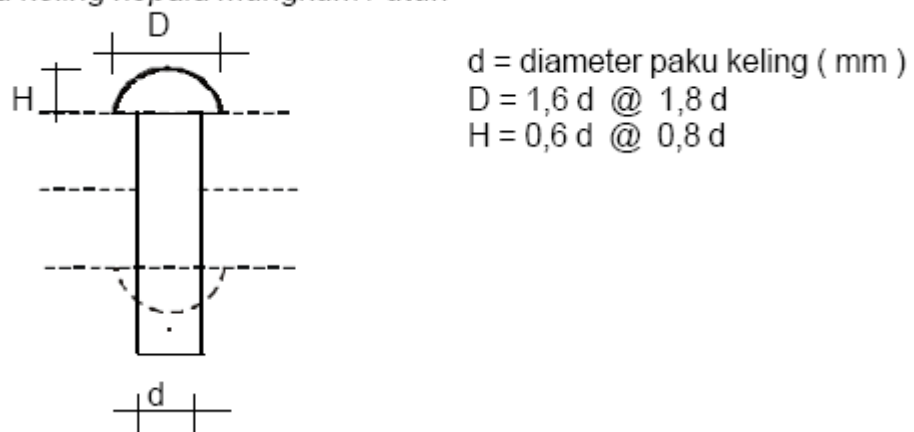
1. Paku Keling

Paku keling adalah suatu alat sambung konstruksi baja yang terbuat dari batang baja berpenampang bulat dengan bentuk sebagai berikut :

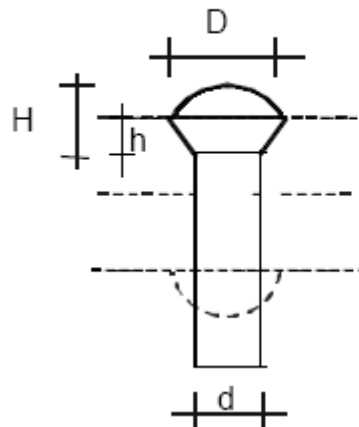


Menurut bentuk kepalanya, paku keling dibedakan 3 (tiga) macam :

a. *Paku keling kepala mungkur / utuh*



b. *Paku keling kepala setengah terbenam*



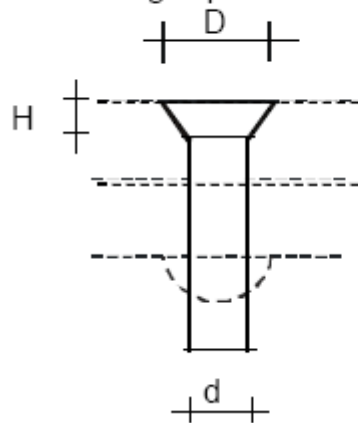
d = diameter paku keling (mm)

$D = 1,6 d @ 1,8 d$

$H = 0,6 d @ 0,7 d$

$h = 0,4 d @ 0,6 d$

c. *Paku keling kepala terbenam*



d = diameter paku keling (mm)

$D = 1,6 d$

$H = 0,4 d @ 0,6 d$

Paku keling untuk konstruksi baja terdapat beberapa macam ukuran diameter yaitu : $\varnothing 11$ mm, $\varnothing 14$ mm, $\varnothing 17$ mm, $\varnothing 20$ mm, $\varnothing 23$ mm, $\varnothing 26$ mm, $\varnothing 29$ mm, dan $\varnothing 32$ mm.

2. Baut

Baut adalah alat sambung dengan batang bulat dan berulir, salah satu ujungnya dibentuk kepala baut (umumnya bentuk kepala segi enam) dan ujung lainnya dipasang mur/pengunci.

Dalam pemakaian di lapangan, baut dapat digunakan untuk membuat konstruksi sambungan tetap, sambungan bergerak, maupun sambungan sementara yang dapat dibongkar/dilepas kembali.

Bentuk uliran batang baut untuk baja bangunan pada umumnya ulir segi tiga (ulir tajam) sesuai fungsinya yaitu sebagai baut pengikat. Sedangkan bentuk ulir segi empat (ulir tumpul) umumnya untuk baut-baut penggerak atau pemindah tenaga misalnya dongkrak atau alat-alat permesinan yang lain.

Baut untuk konstruksi baja bangunan dibedakan 2 jenis :

- **Baut Hitam**

Yaitu baut dari baja lunak (St-34) banyak dipakai untuk konstruksi ringan / sedang misalnya bangunan gedung, diameter lubang dan diameter batang baut memiliki kelonggaran 1 mm.

- **Baut Pass**

Yaitu baut dari baja mutu tinggi (\geq St-42) dipakai untuk konstruksi berat atau beban bertukar seperti jembatan jalan raya, diameter lubang dan diameter batang baut relatif pass yaitu kelonggaran \leq 0,1 mm.

Macam-macam ukuran diameter baut untuk konstruksi baja antara lain

$\varnothing_{7/16}$ " (d = 11,11 mm)

$\varnothing_{7/8}$ " (d = 22,22 mm)

$\varnothing_{1/2}$ " (d = 12,70 mm)

$\varnothing 1$ " (d = 25,40 mm)

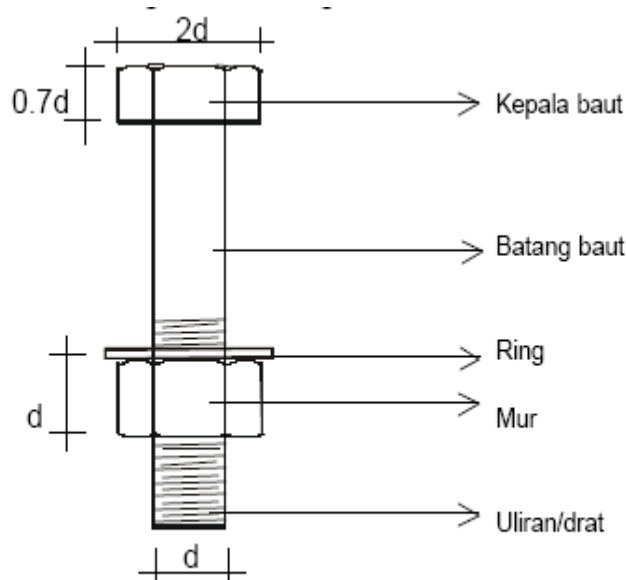
$\varnothing_{5/8}$ " (d = 15,87 mm)

$\varnothing_{1\frac{1}{8}}$ " (d = 28,57 mm)

$\varnothing_{3/4}$ " (d = 19,05 mm)

$\varnothing_{1\frac{1}{4}}$ " (d = 31,75 mm)

Bentuk baut untuk baja bangunan yang umum dipakai adalah dengan bentuk kepala/mur segi enam sebagai berikut :



Keterangan : Ring pada pemasangan baut-mur berfungsi agar bila mur dikencangkan dengan keras tidak mudah dol/londot.

Keuntungan sambungan menggunakan baut antara lain :

- 1) Lebih mudah dalam pemasangan/penyetelan konstruksi di lapangan.
- 2) Konstruksi sambungan dapat dibongkar-pasang.
- 3) Dapat dipakai untuk menyambung dengan jumlah tebal baja $> 4d$ (tidak seperti paku keling dibatasi maksimum $4d$).
- 4) Dengan menggunakan jenis Baut Pass maka dapat digunakan untuk konstruksi berat /jembatan.

3. Las

Menyambung baja dengan las adalah menyambung dengan cara memanaskan baja hingga mencapai suhu lumer (meleleh) dengan ataupun tanpa bahan pengisi, yang kemudian setelah dingin akan menyatu dengan baik.

Untuk menyambung baja bangunan kita mengenal 2 jenis las yaitu :

1) Las Karbid (Las OTOGEN)

Yaitu pengelasan yang menggunakan bahan pembakar dari gas oksigen (zat asam) dan gas acetylene (gas karbid). Dalam konstruksi baja las ini hanya untuk pekerjaan-pekerjaan ringan atau konstruksi sekunder, seperti ; pagar besi, teralis dan sebagainya.

2) Las Listrik (Las LUMER)

Yaitu pengelasan yang menggunakan energi listrik. Untuk pengelasannya diperlukan pesawat las yang dilengkapi dengan dua buah kabel, satu kabel dihubungkan dengan penjepit benda kerja dan satu kabel yang lain dihubungkan dengan tang penjepit batang las / elektrode las.

Jika elektrode las tersebut didekatkan pada benda kerja maka terjadi kontak yang menimbulkan panas yang dapat melelehkan baja ,dan elektrode (batang las) tersebut juga ikut melebur ujungnya yang sekaligus menjadi pengisi pada celah sambungan las. Karena elektrode / batang las ikut melebur maka lama-lama habis dan harus diganti dengan elektrode yang lain. Dalam perdagangan elektrode / batang las terdapat berbagai ukuran diameter yaitu $2\frac{1}{2}$ mm, $3\frac{1}{4}$ mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm, dan 7 mm.

Untuk konstruksi baja yang bersifat *strukturil* (memikul beban konstruksi)) maka sambungan las tidak diijinkan menggunakan *las Otogen*, tetapi harus dikerjakan dengan *las listrik* dan harus dikerjakan oleh tenaga kerja ahli yang profesional.

Keuntungan Sambungan Las Listrik dibanding dengan Paku keling / Baut :

- 1) Pertemuan baja pada sambungan dapat melumer bersama elektrode las dan menyatu dengan lebih kokoh (lebih sempurna).
- 2) Konstruksi sambungan memiliki bentuk lebih rapi.
- 3) Konstruksi baja dengan sambungan las memiliki berat lebih ringan. Dengan las berat sambungan hanya berkisar 1 – 1,5% dari berat konstruksi, sedang dengan paku keling / baut berkisar 2,5 – 4% dari berat konstruksi.
- 4) Pengerjaan konstruksi relatif lebih cepat (tak perlu membuat lubang-lubang pk/baut, tak perlu memasang potongan baja siku / pelat penyambung, dan sebagainya).
- 5) Luas penampang batang baja tetap utuh karena tidak dilubangi, sehingga kekuatannya utuh.

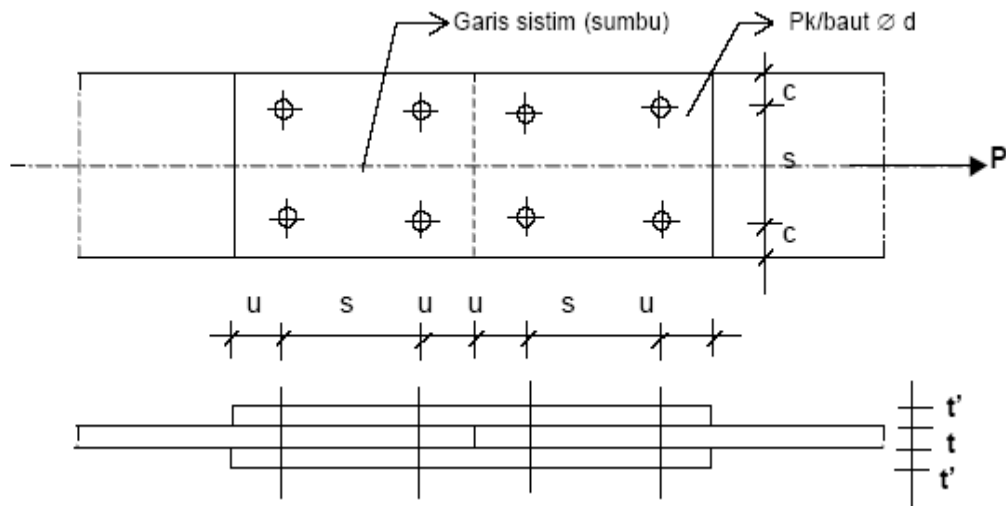
Kerugian / kelemahan sambungan las :

- 1) Kekuatan sambungan las sangat dipengaruhi oleh kualitas pengelasan. Jika pengelasannya baik maka keuatan sambungan akan baik, tetapi jika pengelasannya jelek/tidak sempurna maka kekuatan konstruksi juga tidak baik bahkan membahayakan dan dapat berakibat fatal. Salah satu sambungan las cacat lambat laun akan merembet rusaknya sambungan yang lain dan akhirnya bangunan dapat runtuh yang menyebabkan kerugian materi yang tidak sedikit bahkan juga korban jiwa. Oleh karena itu untuk konstruksi bangunan berat seperti jembatan jalan raya / kereta api di Indonesia tidak diijinkan menggunakan sambungan las.
- 2) Konstruksi sambungan tak dapat dibongkar-pasang.

• **Ketentuan Penempatan Paku Keling / Baut Pada Sambungan Baja :**

Ketentuan Umum :

Secara umum penempatan paku keling / baut pada sambungan konstruksi baja dipasang dengan jarak-jarak sebagai berikut :



- d = diameter pk/baut
- t = tebal batang baja utama
- t' = tebal pelat penyambung

Syarat Keamanan Sambungan :

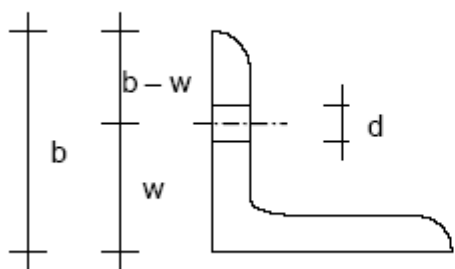
tebal pelat penyambung (t'+t') ≥ tebal baja batang utama (t)

$$2t' \geq t$$

- u = Jarak ujung = 2d – 3d
- c = Jarak tepi = 1,5d – 3d
- s = Jarak antar pk/baut = 3d – 7d (atau maksimum 14 t)
- Khusus untuk batang tekan -----> s = 3d – 4,5d (maks 9 t)

Ketentuan Khusus Penempatan Paku Keling /Baut Pada Baja Profil :

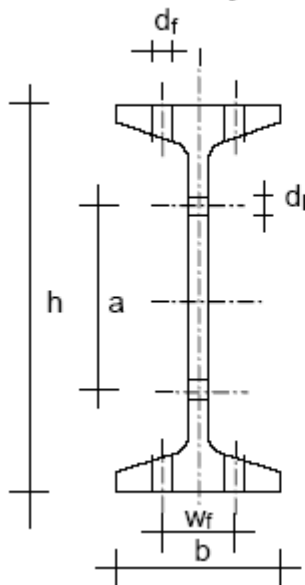
1) Pada Profil Baja Siku (L)



- b = Lebar baja siku
- t = tebal baja siku
- w = Jarak as lubang paku keling / baut
- d = diameter pk/baut maksimum yang diijinkan.

(Untuk selengkapnya baca Daftar Baja)

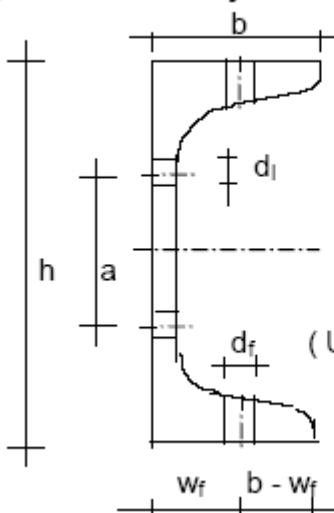
2) Pada Profil Baja INP



- h = Tinggi profil
- b = Lebar flens
- d_1 = diameter lubang pk/baut pada badan.
- a = Jarak antar as pk/baut paling atas dengan paling bawah pada badan.
- d_f = diameter lubang pk/baut maksimum pada flens.
- w_f = Jarak as ke as pk/baut pada flens.

(Untuk selengkapnya baca Daftar Baja)

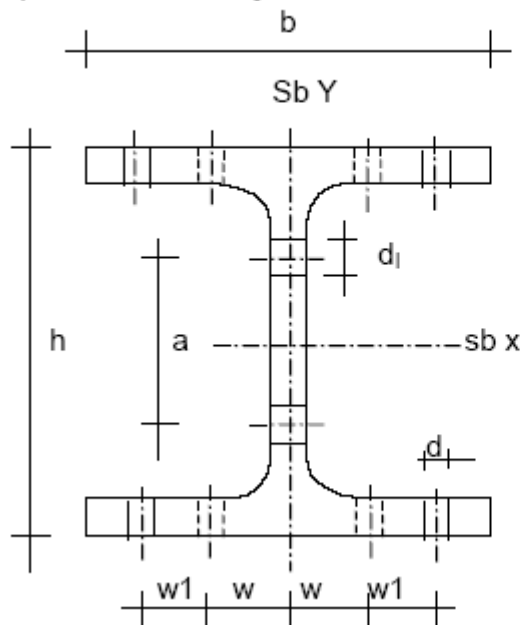
3) Pada Profil Baja Kanal



- h = Tinggi profil
- b = Lebar flens
- d_1 = diameter pk/baut pada badan
- a = Jarak as pk/baut paling atas dengan paling bawah pada badan.
- d_f = diameter pk/baut maksimum pada flens.
- w_f = Jarak as pk/baut pada flens.

(Untuk selengkapnya baca Daftar Baja)

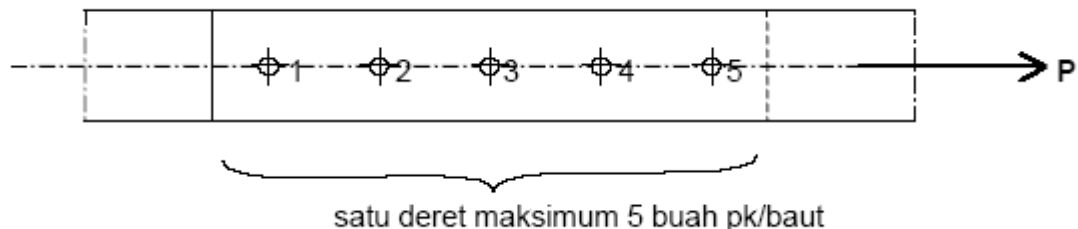
4) Pada Profil Baja DIN / DIE / DIR / DIL



- h = Tinggi profil
- b = Lebar profil
- d_i = diameter pk/baut pada badan.
- a = Jarak as pk/baut paling atas dengan paling bawah pada badan.
- d_f = diameter pk/baut pada flens.
- w = Jarak as pk/baut terdekat dari sb Y.
- $w + w_1$ = Jarak as pk/baut terjauh dari sb Y

Ketentuan banyaknya paku keling / baut dalam satu deret :

Menurut penelitian di laboratorium untuk pemasangan satu deret paku keling yang menahan gaya normal (tarik / tekan) dimana deretan paku keling berada pada garis gerja gaya, ternyata untuk satu deret yang terdiri ≤ 5 buah paku keling masing-masing paku menahan gaya relatif sama. Jadi gaya normal yang harus ditahan dibagi sama rata oleh kelima paku keling tersebut. Namun jika banyaknya paku keling dalam satu deret lebih dari 5 buah maka masing-masing paku keling menahan gaya yang besarnya mulai tidak sama rata. Oleh karena itu jika dalam perhitungan paku keling / baut dalam konstruksi sambungan ketemunya memerlukan lebih dari 5 buah paku/baut, maka harus dipasang dalam susunan 2 deret atau lebih.



d. Simbol-Symbol (Tanda Gambar) Lubang Paku Keling :

Diameter (d) mm	11	14	17	20	23	26	29	32
Simbol								

Paku keling dengan Kepala Setengah Terbenam :

Diameter (d) mm	11	14	17	20	23	26	29	32
Simbol								

Paku keling dengan Kepala Terbenam :

Diameter (d) mm	11	14	17	20	23	26	29	32
Simbol								

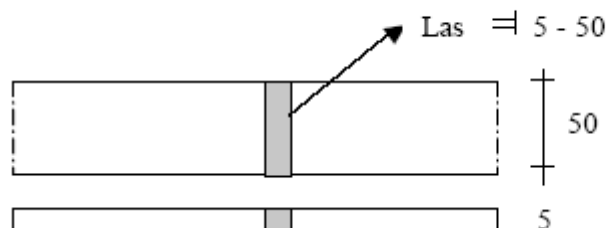
e. Simbol-Simbol (Tanda Gambar) Lubang Baut :

Diameter (d) inchi	7/16"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"
Simbol								

f. Simbol-Simbol (Tanda Gambar) Sambungan Las :

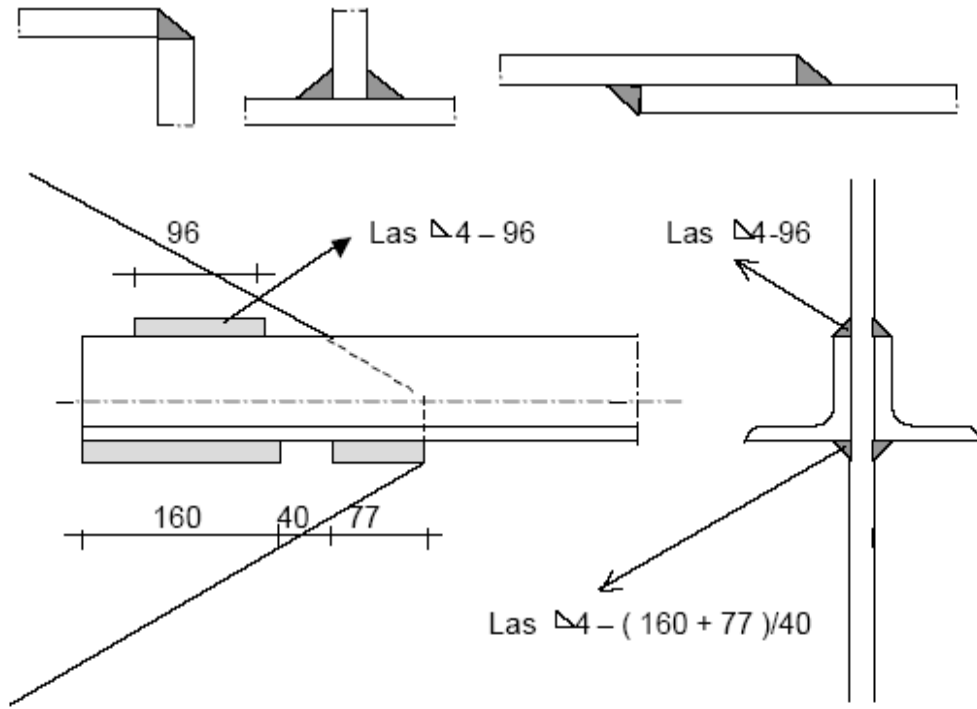
Las sambungan konstruksi baja dibedakan 2 macam yaitu Las Tumpul dan Las Sudut, sebagai berikut :

Las Tumpul : adalah bentuk las sambungan memanjang atau melebar.



Keterangan:
 = 5 - 50 = Las tumpul
 dengan tebal 5 mm
 panjang 50 mm

Las Sudut : adalah bentuk las sambungan menyudut.



Keterangan :

Las $\nabla 4 - 96$ = Las sudut dengan tebal 4 mm panjang 96 mm.
Las $\nabla 4 - (160 + 77) / 40$ = Las sudut dengan tebal 4 mm panjang dipecah 2 bagian masing-masing 160 mm dan 77 mm berjarak 40 mm.

Perencanaan Struktur Baja

1. Acuan Perencanaan

Pada perencanaan perhitungan struktur bangunan ini mengacu pada peraturan-peraturan yang berlaku di Indonesia, yaitu :

1. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung SNI 03-1729-2002.
2. Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung 1983.

2. Perencanaan Pembebanan

Dalam perencanaan struktur, perlu diperhitungkan beban-beban yang bekerja pada struktur. Beban-beban tersebut terdiri dari beban mati, beban hidup, beban angin dan beban gempa.

- **Beban Mati**

Beban mati adalah beban yang berasal dari berat bangunan dan unsur bangunan, termasuk segala unsur tambahan tetap yang merupakan satu- kesatuan. Beban ini terdiri dari berat sendiri struktur dan beban lain yang melekat pada struktur secara permanen.

- **Beban Hidup**

Beban hidup adalah beban yang besar dan posisinya dapat berubah-ubah. Jenis beban hidup antara lain adalah beban orang., sesuai dengan kebutuhannya.

- **Beban Angin**

Beban angin adalah beban yang ditimbulkan oleh tekanan atau pergerakan udara pada bagian atap yang bekerja tegak lurus pada bidang atap atau beban pada bangunan yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara., disesuaikan dengan jenis atap, kemiringan atap, serta lokasi tempat berdirinya bangunan.

- **Beban Gempa**

Beban gempa adalah beban pada bangunan disebabkan oleh pengaruh gempa. Untuk besarnya beban gempa mengacu pada Peraturan Baja

Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan beban-beban diatas maka struktur baja harus mampu memikul semua kombinasi pembebanan. Dibawah ini kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 03-1729-2002.

$$1,4D \quad (6.2-1)$$

$$1,2D + 1,6 L + 0,5 (L_a \text{ atau } H) \quad (6.2-2)$$

$$1,2D + 1,6 (L_a \text{ atau } H) + (\gamma_L L \text{ atau } 0,8W) \quad (6.2-3)$$

$$1,2D + 1,3 W + \gamma_L L + 0,5) + (L_a \text{ atau } H) \quad (6.2-4)$$

$$1,2D \pm 1,0E + \gamma_L L \quad (6.2-5)$$

$$0,9D \pm (1,3 W \text{ atau } 1,0E) \quad (6.2-6)$$

Keterangan :

D adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan layan tetap.

L adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.

L_a adalah beban hidup di atap yang ditimbulkan selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material, atau selama penggunaan biasa oleh orang dan benda bergerak.

H adalah beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan genangan air.

W adalah beban angin.

E adalah beban gempa yang ditentukan menurut SNI 03-1726-1989, atau penggantinya.

dengan,

$\gamma_L = 0,5$ bila $L < 5$ kPa, dan $\gamma_L = 1$ bila $L \geq 5$ kPa

Kekecualian : Faktor beban untuk L di dalam kombinasi pembebanan pada persamaan 6.2-3, 6.2-4, dan 6.2-5 harus sama dengan 1,0 untuk garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum, dan semua daerah dimana beban hidup lebih besar daripada 5 kPa.

2. Metode Perencanaan

Dalam perencanaan struktur untuk gedung yang digunakan mengacu pada SNI 03-1729-2002 yang mengadopsi dari peraturan AISC-LFRD. Load Resistance Factor Design (LFRD) adalah metode perencanaan struktur sedemikian sehingga pada saat direncanakan, maka kondisi batasnya tidak dilampaui. Kondisi batas (*limit state*) adalah suatu kondisi dimana struktur atau komponen struktur yang ada menjadi tidak *fit* (kondisi yang menyebabkan ketidaknyamanan atau kerusakan atau bahkan keruntuhan). Untuk setiap kondisi, batas sistem struktur harus memenuhi $R_u \leq \phi R_n$.

- Faktor Reduksi

Untuk menentukan kekuatan ultimate suatu struktur dengan tepat, perlu memperhitungkan ketidakpastian kekuatan material, dimensi, dan pelaksanaan. Dengan suatu faktor reduksi, perencana teknik berusaha menunjukkan bahwa kekuatan suatu elemen tidak dapat dihitung dengan tepat karena ketidaksempurnaan dalam pelaksanaan. Dibawah ini adalah tabel faktor reduksi (ϕ) untuk keadaan kekuatan batas.

Kuat Rrencana Untuk	Faktor Reduksi
Komponen struktur yang memikul lentur :	
• Balok	0,90
• Balok pelat berdinding penuh	0,90
• Pelat badan yang memikul geser	0,90
• Pelat badan pada tumpuan	0,90
• Pengaku	0,90

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

Tabel Faktor Reduksi (ϕ) Untuk Keadaan Kekuatan Batas

- **Material baja**

Dalam perencanaan perhitungan struktur baja, perencanaannya harus memenuhi persyaratan sifat-sifat mekanis baja. Dibawah ini adalah tabel sifat mekanis 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

Tabel Sifat Mekanis Baja Struktural

Sifat-sifat mekanis lainnya :

Modulus elastisitas : $E = 200.000 \text{ MPa}$

Modulus geser : $G = 80.000 \text{ MPa}$

Nisbah poisson : $\mu = 0,3$

Koefesien Pemuaian : $\alpha = 12 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$

3 Ketentuan Beban Gempa

Ada dua metoda analisa pengaruh beban gempa, yaitu :

a. *Analisa Statik Ekuivalen*

Adalah cara menganalisa beban gempa, dimana pengaruh gempa pada struktur dianggap sebagai beban-beban statik horisontal untuk menirukan pengaruh gempa yang sesungguhnya akibat gerakan tanah. Pengaruh gempa dianalisa dengan metoda ini bila struktur-struktur gedung sederhana dan beraturan serta tingginya tidak lebih dari 40 m yang memenuhi syarat-syarat menurut pasal 3.2. PPTGIUG tahun 1983.

b. *Analisa Dinamik*

Analisa ini dipakai untuk struktur gedung yang tidak mudah diperkirakan prilakunya terhadap gempa, tingginya lebih dari 40 m dan semua struktur gedung yang sesuai dengan pasal 3.5. PPTGIUG tahun 1983. Perubahan-perubahan dalam bentuk struktur menyebabkan simpangan-simpangan dari lantai-lantainya yang tidak beraturan sehingga gaya-gaya inersia yang ditimbulkan menjadi tidak beraturan.

Pada perencanaan gedung ini, beban gempa diperhitungkan berdasarkan statik ekuivalen, yang artinya beban gempa pada struktur dianggap sebagai statis horizontal untuk menirukan pengaruh gempa yang sesungguhnya akibat gerakan tanah. Pemilihan metode analisa statik ekuivalen untuk perhitungan beban gempa dikarenakan bangunan gedung memiliki elevasi ketinggian < 40 meter (Peraturan Perencanaan Tahan gempa Indonesia Untuk Gedung tahun 1983).

Beban gempa diperhitungkan dengan mempertimbangkan :

- Bangunan terletak pada wilayah gempa 4
- Faktor keutamaan bangunan adalah 1.5

Rumus-rumus yang diperlukan dalam menghitung beban gempa adalah sebagai berikut :

- a. Beban geser dasar gempa untuk analisis beban statik ekuivalen dengan rumus :

$$V = C \cdot I \cdot K \cdot W_t$$

dengan :

V	=	Beban gempa horizontal
C	=	Koefisien gempa
I	=	Faktor keutamaan
K	=	Faktor jenis struktur
W_t	=	Berat total bangunan

Waktu getar alami struktur gedung T dalam detik untuk portal beton adalah :

$$T = 0,06 \cdot H^{3/4}$$

dengan :

T = Waktu getar

H = Tinggi bangunan

- b. Beban geser dasar akibat gempa (V) yang di bagikan sepanjang tinggi gedung menjadi beban-beban horizontal terpusat yang bekerja pada setiap lantai dengan rumus :

$$F_i = \frac{W_i \cdot h_i}{\sum W_i \cdot h_i} \cdot V$$

dengan :

F_i = Beban gempa horizontal pada lantai i

W_i = Berat lantai i

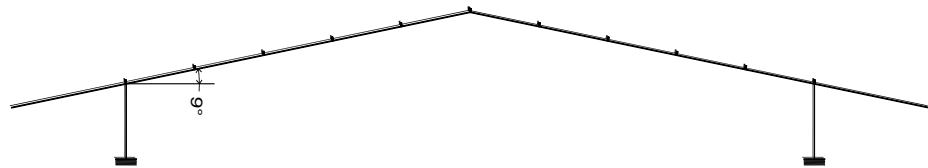
h_i = Tinggi lantai i

V = Beban geser dasar akibat beban gempa

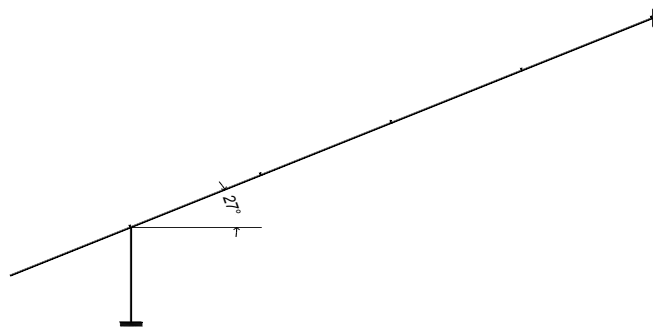
Dasar-Dasar Perhitungan

1 Dasar Perencanaan Konstruksi Atap

Pada kasus desain struktur bangunan beberapa jenis type atap. Pada atap gable misalnya merupakan tipe atap kuda-kuda penuh yang memiliki kemiringan atap tertentu misalnya 9° dengan bahan penutup atapnya dari polycarbonat . kuda yang memiliki kemiringan atap 27° dengan bahan penutup atapnya dari genteng dan konstruksi rangka baja.

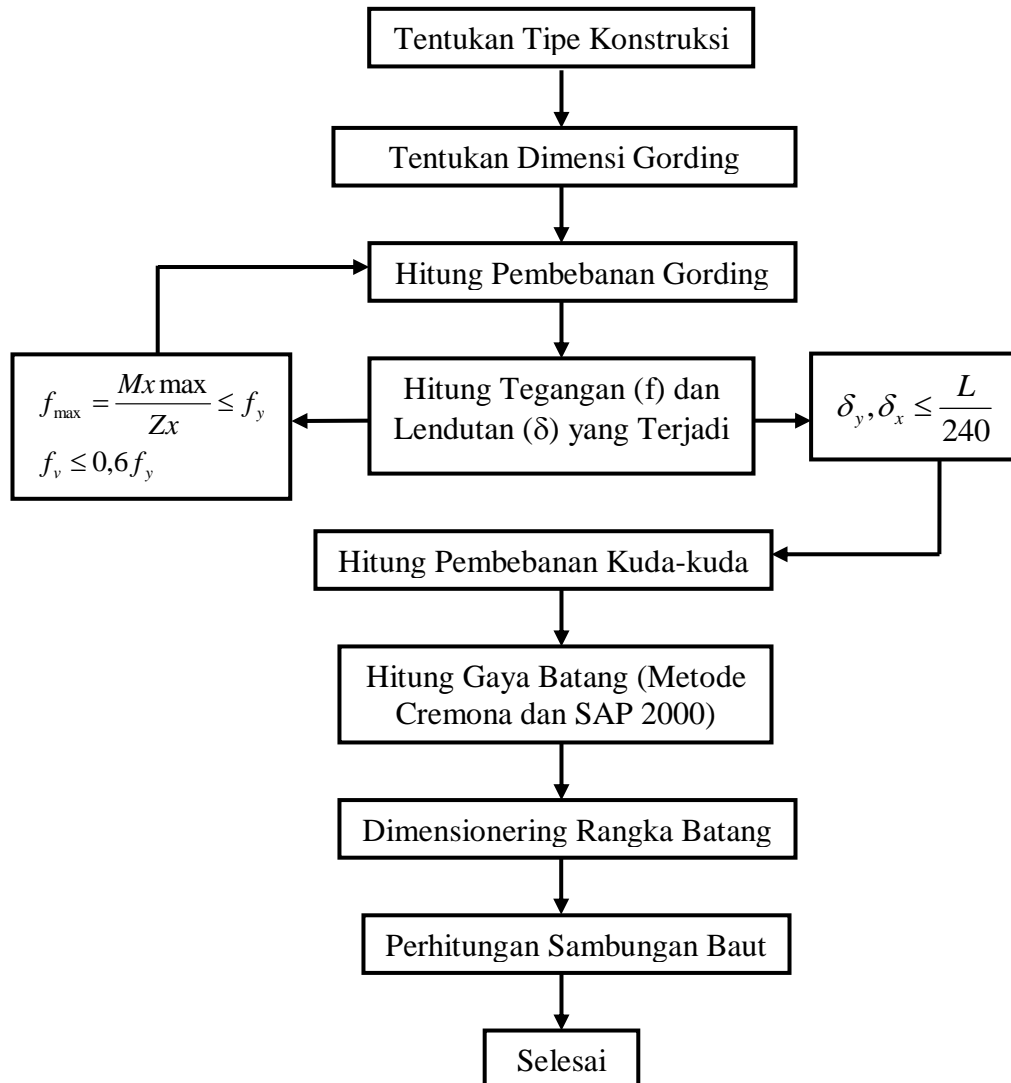


Gambar .1 Type Atap Kuda-kuda Penuh



Gambar 2 Type Atap Setengah Kuda-kuda

Diagram Alir Untuk Perencanaan Konstruksi Rangka Atap



a. Dimensi Gording

Gording berfungsi untuk menahan beban penutup atap dan menyalurkannya ke konstruksi kuda-kuda. Gording diletakkan pada setiap titik kumpul batang atas kuda-kuda. Dimensi gording ditentukan dengan cara menaksirnya terlebih dahulu untuk kemudian dikontrol besar tegangan dan lendutan yang terjadi pada gording - gording tersebut dibebani.

Beban – beban yang harus diperhitungkan pada perencanaan gording adalah :

Beban Mati

- Berat sendiri penutup atap

$$P_a = l_{\text{gording}} \times L_{\text{gading kap}} \times q_{\text{atap}}$$
- Berat sendiri gording

$$P_g = L_{\text{gading kap}} \times q_{\text{gording}}$$
- Berat sendiri kuda-kuda

$$P_k = \frac{G_k \times L_{\text{ben tan gkyda-kuda}}}{n - 1}$$

dimana :

L = bentang kuda-kuda

n = jumlah titik simpul pada batang tepi atas

$G_k = (L - 2) \cdot l_{\text{gading kap}} \text{ s/d } (L + 4) \cdot l_{\text{gading kap}}$

- Berat ikatan angin

$$P_{ia} = \frac{G_{ia} \times L_{\text{ben tan gkyda-kuda}}}{n - 1}$$

Dimana :

G_{ia} = koefisien sambungan diambil 25 % G_k .

Maka total akibat beban mati :

$$P = P_a + P_g + P_k + P_o + P_{ia}$$

Beban Hidup

Berdasarkan (PPUGI) 1987, beban hidup (P_o) = 100 kg.

Beban angin

Berdasarkan (PPUGI) 1987, pada desain bangunan ini tekanan angin diambil sebesar 25 kg/m². Besar koefisien angin disesuaikan dengan kemiringan atap. Untuk jenis gedung tertutup berdasarkan (PPUGI) 1987

- Angin kiri
- Angin kanan

Untuk menentukan besarnya angin dapat dicari dengan rumus sebagai berikut

Tekan (W_t) = C . w_i . $l_{\text{gading kap}}$. a . q

Hisap (W_h) = C' . w_i . $l_{\text{gading kap}}$. a . q

Kombinasi Pembebanan Untuk Gording

$$W_u = 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} + 0,8 \text{ WL}$$

Dasar perhitungan perencanaan gording sesuai dengan SNI 03-1729-2002

- Kontrol penampang

$$C_w = \frac{t_f \cdot b^3 \cdot h_1^2}{12} \left(\frac{3 \cdot b \cdot t_f + 2 \cdot h_1 \cdot t_w}{6 \cdot b \cdot t_f + h_1 \cdot t_w} \right)$$

dimana :

$$h_1 = d - tf$$

$$hw = d - 2 \cdot tf$$

$$Zx = bf \cdot tf \cdot (d - tf) + \frac{1}{4} \cdot tw \cdot (d - 2 \cdot tf)^2$$

$$Zy = \begin{cases} tf \cdot \left[(bf - x_1)^2 + x_1^2 \right] + (d - 2 \cdot tf) \cdot tw \cdot \left(x_1 - \frac{tw}{2} \right), & \text{if } 2 \cdot tf \cdot bf > hw \cdot tw \\ 0,5d \cdot x_1^2 + tf \cdot (bf - x_1)^2 + 0,5(d - 2 \cdot tf) \cdot (tw - x_1)^2, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$x_1 = \frac{2 \cdot tf \cdot bf - hw \cdot tw}{4 \cdot tf} \quad \text{if } 2 \cdot tf \cdot bf > hw \cdot tw$$

$$\frac{tf \cdot bf - tf \cdot tw + 0,5 \cdot d \cdot tw}{d} \quad \text{otherwise}$$

$$J = \frac{1}{3} (2 \cdot b \cdot tf^3 + h_1 \cdot tw^3)$$

$$G = \frac{E}{2,6}$$

$$E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 = 2,1 \times 10^5 \text{ MPa}$$

➤ Cek penampang kompak

$$\lambda = \frac{h}{tw} < \lambda_p = 1680 / \sqrt{F_y}$$

➤ Menghitung L_p dan L_r

$$X_1 = \frac{\pi}{S_x} \sqrt{\frac{E \cdot G \cdot J \cdot A}{2}}$$

$$X_2 = \frac{4 \cdot C_w}{I_y} \cdot \left(\frac{S_x}{G \cdot J} \right)^2$$

$$L_p = 1,76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_r = \frac{r_y \cdot X_1}{(F_y - F_r)} \cdot \sqrt{1 + \sqrt{1 + X_2 \cdot (F_y - F_r)^2}}$$

$$L_b = \frac{d_{kuda}}{2}$$

➤ Menghitung M_r

$$M_r = (F_y - F_r) \cdot S_x$$

➤ Momen plastis terhadap sumbu x

$$M_p = Z_x \cdot F_y$$

➤ Menghitung momen nominal

$$M_n = M_p \quad \text{if } L_b \leq L_p$$

$$C_b \cdot \left[M_r + (M_p - M_r) \cdot \frac{L_r - L_b}{L_r - L_p} \right] \leq M_p \quad \text{if } L_p < L \leq L_r$$

$$C_b \cdot \frac{\pi}{L_b} \sqrt{E \cdot I_y \cdot G \cdot J + \left(\frac{\pi \cdot E}{L_b}\right)^2 \cdot I_y \cdot C_w} \dots \text{if } L_r < L_b$$

Syarat : $M_n \leq M_p$

➤ Kontrol tegangan lentur

$$f_{\max} = \frac{M_y}{Z_x} \leq f_y$$

➤ Kontrol kuat geser :

Gaya geser yang terjadi (maximum) :

$$V_u = \frac{1}{2} \cdot W_{uy} \cdot d_{\text{kuda}}$$

Kuat geser nominal

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w = 0,6 \cdot f_y \cdot t_w \cdot d$$

Syarat geser desain :

$$\phi_v V_n > V_u$$

➤ Kontrol lendutan :

a) Akibat beban mati :

$$\delta_x = \frac{5 \cdot q_x \cdot \left(\frac{l}{3}\right)^4}{384 \cdot E I_y} \leq \frac{l}{240}$$

$$\delta_y = \frac{5 \cdot q_y \cdot l^4}{384 \cdot E I_x} \leq \frac{l}{240}$$

b) Akibat beban terpusat :

$$\delta_x = \frac{P_x \cdot \left(\frac{l}{3}\right)^3}{48 \cdot E I_y} \leq \frac{l}{240}$$

$$\delta_y = \frac{P_y \cdot (l)^3}{48 \cdot E I_x} \leq \frac{l}{240}$$

Lendutan total adalah sebagai berikut :

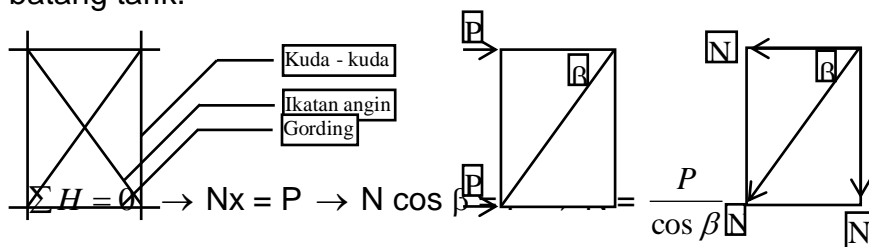
$$\delta_x \text{ total} = \delta_x(\text{DL}) + \delta_x(\text{LL})$$

$$\delta_y \text{ total} = \delta_y(\text{DL}) + \delta_y(\text{LL})$$

$$\delta = \sqrt{(F_x)^2 + (F_y)^2}$$

b. Dimensionering Ikatan Angin

Ikatan angin hanya bekerja menahan gaya normal/aksial tarik saja. Cara kerjanya jika yang satu bekerja sebagai batang tarik, maka yang satunya tidak menahan apapun. Sebaliknya jika arah angin berubah, maka secara bergantian batang tersebut bekerja sebagai batang tarik.



dimana :

- N = Dicari dengan syarat kesetimbangan
P = Gaya tekan angin

c. Perhitungan Gaya Batang dan Dimensi Batang

Untuk mencari besarnya gaya-gaya batang, maka harus memperhitungkan beban - beban yang dipikul oleh rangka atap, yang terdiri dari :

- Beban mati
- Beban angin
- Beban plafond

Setelah beban-beban diketahui, kemudian di hitung gaya - gaya batang dengan hasil analisis SAP 2000 versi 9.0.1.

Adapun perhitungan dimensi batang adalah sebagai berikut :

Menghitung dimensi batang tarik

a) Kondisi Leleh

$$\text{Min } A_g = \frac{N_u}{\phi \cdot f_y}$$

b) Kondisi Fraktur

$$\text{Min } A_g = \frac{N_u}{\phi \cdot f_u U} + \text{Perkiraan luas baut}$$

c) Kelangsingan Penampang

$$r_{\text{min}} \geq L/240$$

d) Kontrol Penampang

- Cek min A_g
 $A_g \text{ rencana} > \text{min } A_g$
- Kuat tarik nominal
Kondisi leleh : $N_n = \phi (F_y) (A_g) > N_u$
Kondisi fraktur : $N_n = \phi (F_u) (A_e) > N_u$
- Cek kelangsingan batang tarik
 $r \text{ rencana} > r_{\text{min}}$

Menghitung dimensi batang tekan

a) Kelangsingan batang

$$r_{\text{min}} \geq LK/200$$

b) Mencari luas bruto minimum

$$\text{Min } A_g = \frac{P_u \cdot \omega}{\phi \cdot f_y}$$

c) Kontrol Penampang

- Cek kelangsingan batang

$$\lambda = \frac{b}{t} < \lambda_r = \frac{665}{\sqrt{f_y}}$$

- Cek kuat tekan rencana batang tekan

$$\phi P_n = \phi A_g x \frac{f_y}{\omega}$$

Kriteria desain :

$$\frac{P_u}{\phi P_n} < 1,0$$

d. Perhitungan Sambungan

Dalam konstruksi baja ada beberapa macam sambungan yang biasa digunakan, yaitu sambungan dengan baut, paku keling dan las. Pada perhitungan ini sambungan yang digunakan adalah sambungan baut.

1) Kuat rencana sambungan baut

$$R_u \leq \phi R_n$$

dimana :

ϕ = faktor reduksi kuat sambungan baut = 0,75

ϕR_n = kuat nominal terkecil dari baut, pelat-pelat penyambung dan elemen yang disambung

2) Sambungan baut yang memikul kombinasi geser dan tarik

a. Baut tipe tumpu

b. Baut tipe friksi

3) Tata letak baut

➤ Jarak minimum

Jarak minimum baut dari pusat pengencang ke tepi pelat atau pelat sayap profil harus lebih besar dari 1,5 d_b .

➤ Jarak Maksimum

Jarak antara pusat baut tidak boleh melebihi 15 t_p (tebal pelat penyambung) atau 200 mm.

➤ Jarak tepi maksimum

Jarak dari pusat tiap pengencang ke tepi terdekat suatu bagian yang berhubungan dengan tepi yang lain tidak boleh melebihi dari 12 kali tebal pelat penyambung dan juga tidak boleh melebihi dari 150 mm.

Dasar Perencanaan Balok

Pada perhitungan struktur, untuk perencanaan balok biasanya digunakan balok komposit. Dikarenakan pada plat lantai material yang digunakan adalah beton. Adapun langkah-langkah perhitungan balok komposit adalah sebagai berikut :

a. Pembebanan Balok

Balok selain memikul berat sendiri juga memikul berat dari plat. Beban plat di atasnya di distribusikan kepada balok-balok yang

mendukung plat tersebut. Distribusi beban plat tersebut berupa beban merata trapesium yang disalurkan kepada balok yang lebih panjang dan beban merata segitiga yang disalurkan kepada balok yang lebih pendek yang diubah menjadi beban merata persegi panjang yang disebut dengan beban ekuivalen (q_{ek}).

b. Menentukan Gaya Dalam

Momen maximum akibat beban yang bekerja pada balok disalurkan kepada rangka struktur secara keseluruhan. Untuk membantu perhitungan struktur digunakan dapat menggunakan software misalnya program SAP 2000 versi 9.01 atau ETABS sehingga memudahkan perhitungan struktur.

c. Menentukan Dimensi Balok Baja

Dalam memilih atau menentukan dimensi balok juga dapat dilihat dari jenis profil atau bentuk profil baja.

d. Menentukan Lebar Efektif Flens

$$b_1 = \frac{L}{8} \rightarrow b = b_1 \times 2$$

e. Menghitung Kapasitas Momen Nominal

$$\begin{aligned} \phi_b M_n &> M_u \\ M_n &= T \cdot d_1 \\ M_n &= A_s f_y \left[\frac{d}{2} + t - \frac{a}{2} \right] \end{aligned}$$

f. Menentukan Jumlah Stud Shear Connector

Didasarkan pada beban nominal geser stud shear connector, dengan rumus

$$Q_n = 0,5 A_{sc} \sqrt{f'_c E_c} \leq A_{sc} F_u$$

g. Menghitung Kekuatan Balok Sebelum Beton Mengeras

$$\begin{aligned} \phi_b M_p &> M_u \\ \text{dimana :} \\ \phi_b &= 0,85 \\ M_p = M_n &= A_s f_y \left[\frac{d}{2} + t - \frac{a}{2} \right] \end{aligned}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b}$$

$$\begin{aligned} M_u &= 1/8 \cdot W_u \cdot L^2 \\ W_u &= 1,2DL + 1,6LL \end{aligned}$$

h. Memeriksa Defleksi Sebelum Beton Mengeras

$$\begin{aligned} M_{DL} &= 1/8 \cdot DL \cdot L^2 \\ \Delta DL &= \frac{M_{DL} \cdot L^2}{161 \cdot I_x} \end{aligned}$$

i. Memeriksa Defleksi Setelah Beton Mengeras

$$\begin{aligned} M_{LL} &= 1/8 \cdot DL \cdot L^2 \\ Y_2 &= t - a/2 \end{aligned}$$

Maka dapat didapat I_{LB} dari tabel LRFD hal 5 – 65
 Namun nilai I_{LB} dapat juga dihitung dengan rumus :

$$I_{LB} = I_x + A_s \times (Y_{na})^2 + A_r \times (d_r - Y_{na})^2$$

$$Y_{na} = \frac{A_r d_r}{A_s + A_r}$$

$$\Delta DL = \frac{M_{LL} \cdot L^2}{161 \cdot I_{LB}}$$

j. Memeriksa Terhadap Geser

$$\phi V_n > V_u$$

dimana :

$$\phi = 0,9$$

$$\phi V_n = \phi 0,6 \cdot F_y \cdot A_w$$

Dasar Perencanaan Kolom

Perencanaan kolom pada bangunan didasarkan pada desain kolom biasanya direncanakan dengan struktur baja komposit. Adapun langkah-langkah perhitungan kolom komposit adalah sebagai berikut :

a. Menghitung Kuat Lentur Rencana Kolom

$$\frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0 \quad (\text{SNI 03-1729-2002})$$

Dari persamaan tersebut dapat disederhanakan dimana momen yang timbul diambil momen maximum yang terjadi pada arah sumbu x, sehingga persamaan menjadi :

$$\frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} \right) \leq 1,0$$

Dimana : M_{ux} = momen maximum yang diperoleh dari perhitungan struktur

b. Menghitung Kuat Tekan Rencana Kolom

Berdasarkan desain SNI 03-1729-2002 memberikan persamaan dimana kuat tekan nominal harus lebih besar dari kuat tekan yang timbul akibat gaya aksial.

$$\phi P_n \geq P_u$$

Dimana :

$$\phi P_n = 0,85 \cdot A_g \cdot F_{cr} = 0,85 \cdot A_g \left(\frac{0,877}{\lambda_c^2} \right) F_y$$

$$\lambda_c = \frac{KL}{r\pi} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$$\text{atau } f_{cr} = \frac{f_y}{\omega}$$

untuk $\lambda_c \leq 0,25$

maka $\omega = 1$

untuk $0,25 < \lambda_c < 1,2$

$$\text{maka } \omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

untuk $\lambda_c \geq 1,2$

$$\text{maka } \omega = 1,25\lambda_c^2$$

c. Desain Interaksi Aksial – Momen

Dalam segala hal, salah satu dari dua persamaan interaksi aksial-momen berikut harus dipenuhi oleh setiap komponen struktur. (SNI 03-1729-2002).

$$\text{Bila } \frac{P_u}{\phi P_n} \geq 0,2 \text{ maka } \frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0$$

$$\text{Bila } \frac{P_u}{\phi P_n} < 0,2 \text{ maka } \frac{P_u}{2\phi P_n} + \left(\frac{M_{ux}}{\phi_b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi_b M_{ny}} \right) \leq 1,0$$