

# STRUKTUR BAJA 1

## MODUL 2

### Perencanaan Struktur Baja

Materi Pembelajaran :

1. Definisi.
2. Prinsip-prinsip Perencanaan.
3. Prosedur Perencanaan.
4. Perencanaan beban Kerja.
  - Beban Mati.
  - Beban Hidup.
  - Beban Angin.
  - Beban Gempa.
5. Konsep Dasar Perencanaan.
  - Metode ASD.
  - Metode LRFD.
6. Contoh Soal Kombinasi Beban.

Tujuan Pembelajaran :

- Mahasiswa memahami tahapan-tahapan yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan struktur baja.
- Mahasiswa mengetahui beban-beban yang bekerja pada struktur.
- Mahasiswa mengetahui konsep dasar perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- a) Agus Setiawan, "Perencanaan Struktur Baja Dengan Metode LRFD (Berdasarkan SNI 03-1729-2002)", Penerbit AIRLANGGA, Jakarta, 2008.
- b) Charles G. Salmon, Jhon E. Johnson, "STRUKTUR BAJA, Design dan Perilaku", Jilid 1, Penerbit AIRLANGGA, Jakarta, 1990.
- c) Departemen Pekerjaan Umum, "PEDOMAN PERENCANAAN PEMBEBANAN UNTUK RUMAH DAN GEDUNG (PPPURG 1987)", Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta, 1987.
- d) "PERATURAN PERENCANAAN BANGUNAN BAJA (PPBBI)", Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, 1984.
- e) SNI 03 - 1729 – 2002. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung.

# PERENCANAAN STRUKTUR BAJA

## 1. Definisi

Perencanaan struktur bisa didefinisikan sebagai paduan dari seni dan ilmu, yang menggabungkan intuitif seorang insinyur berpengalaman kedalam kelakuan struktur dengan pengetahuan mendalam tentang prinsip statika, dinamika, mekanika bahan dan analisa struktur, untuk mendapatkan struktur yang ekonomis dan aman serta sesuai dengan tujuan pembuatannya.

Sebelum tahun 1850, perencanaan struktur umumnya merupakan seni yang tergantung pada intuisi dalam menentukan ukuran dan tata letak elemen-elemen struktur. Struktur yang dibuat manusia zaman dahulu hakekatnya selaras dengan yang dilihat dari alam sekitarnya, seperti balok dan pelengkung (arch). Setelah prinsip kelakuan dan sifat bahan struktur-struktur lebih dipahami, prosedur perencanaan menjadi lebih ilmiah.

Perhitungan yang menggunakan prinsip-prinsip ilmiah harus menjadi pegangan dalam mengambil keputusan dan tidak diikuti begitu saja. Seni atau kemampuan intuitif seorang insinyur berpengalaman dimanfaatkan untuk mengambil keputusan berdasarkan hasil perhitungan.

## 2. Prinsip-prinsip Perencanaan

Perencanaan adalah suatu proses untuk menghasilkan penyelesaian optimum. Dalam suatu perencanaan, harus ditetapkan kriteria untuk menilai tercapai atau tidaknya penyelesaian optimum. Kriteria yang umum untuk perencanaan struktur bisa berupa :

- a). Biaya minimum.
- b). Berat minimum.
- c). Waktu konstruksi yang minimum.
- d). Tenaga kerja minimum.
- e). Biaya produksi minimum bagi si pemilik gedung.
- f). Effisiensi operasi maksimum bagi si pemilik.

Biasanya ada beberapa kriteria yang terlibat, yang masing-masing harus dibandingkan. Dengan melihat kriteria di atas, jelaslah bahwa penetapan kriteria yang bisa diukur (seperti berat dan biaya) untuk mencapai perencanaan optimum seringkali sukar, dan kadang-kadang tidak mungkin. Dalam praktek umumnya penilaian harus kualitatif.

Jika kriteria obyektif tertentu dapat dinyatakan secara matematis, maka teknik optimisasi bisa diterapkan untuk mendapatkan fungsi obyektif maksimum atau minimum. Kriteria berat minimum ditekankan pada seluruh pembahasan, dengan anggapan umum bahwa bahan yang minimum menghasilkan biaya minimum.

### 3. Prosedur Perencanaan

Prosedur perencanaan bisa dianggap terdiri atas dua bagian perencanaan fungsional dan perencanaan kerangka struktural. Perencanaan fungsional adalah perencanaan untuk mencapai tujuan yang dikehendaki seperti,

- a). Menyediakan ruang kerja dan jarak yang memadai.
- b). Menyediakan ventilasi dan/atau pendingin ruangan.
- c). Fasilitas transportasi yang memadai, seperti elevator, tangga, dan keran atau peralatan pengangkat bahan.
- d). Penerangan yang cukup.
- e). Menyajikan bentuk arsitektur yang menarik.

Perencanaan kerangka struktur adalah pemilihan tata letak dan ukuran elemen struktur sehingga beban kerja (service load) dapat dipikul dengan aman. Garis besar prosedur perencanaan adalah sebagai berikut :

1. Perancangan. Penetapan fungsi yang harus dipenuhi oleh struktur. Tetapkan kriteria yang dijadikan sasaran untuk menentukan optimum atau tidaknya perencanaan yang dihasilkan.
2. Konfigurasi struktur prarencana. Penataan letak elemen agar sesuai dengan fungsi dalam langkah 1.
3. Penentuan beban yang harus dipikul.
4. Pemilihan batang prarencana. Berdasarkan keputusan dalam langkah 1, 2, dan 3, pemilihan ukuran batang dilakukan untuk memenuhi kriteria obyektif seperti berat atau biaya terkecil.
5. Analisa struktur untuk menentukan aman atau tidaknya batang yang dipilih. Termasuk dalam hal ini ialah pemeriksaan semua faktor kekuatan dan stabilitas untuk batang serta sambungannya.
6. Melakukan evaluasi hasil rancangan berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan diatas.
7. Apabila hasil evaluasi menunjukkan belum tercapainya kriteria yang telah ditetapkan, maka harus dilakukan perancangan ulang (langkah 1 s/d 6).
8. Keputusan akhir. Penentuan optimum atau tidaknya perencanaan yang telah dilakukan.

### 4. Perencanaan Beban Kerja

Penentuan beban yang bekerja pada struktur atau elemen struktur secara tepat tidak selalu bisa dilakukan. Walaupun lokasi beban pada struktur diketahui, distribusi beban dari elemen ke elemen pada struktur biasanya membutuhkan anggapan dan pendekatan. Beberapa jenis beban yang paling umum dibahas berikut ini.

#### a. **Beban Mati**

Beban mati adalah beban kerja akibat gravitasi yang tetap posisinya, disebut demikian karena bekerja terus menerus dengan arah ke bumi tempat struktur didirikan. Berat struktur dipandang sebagai beban mati, demikian juga perlengkapan yang digantungkan pada struktur seperti pipa air, pipa listrik, saluran pendingin dan pemanas ruangan, lampu, penutup lantai, genting, dan plafon (langit-langit), dengan kata lain, semua benda yang tetap posisinya selama struktur berdiri dipandang sebagai beban mati.

Beban mati diketahui secara tepat setelah perencanaan selesai. Pada tahap awal perencanaan sebahagian beban mati harus ditaksir, oleh karena ukuran penampang elemen struktur belum diketahui sehingga beratnya belum diketahui. Berikut contoh beban mati berdasarkan *PEDOMAN PERENCANAAN PEMBEBANAN UNTUK RUMAH DAN GEDUNG, SKBI - 1.3.5.3.1987*, (SKBI = Standar Konstruksi Bangunan Indonesia).

Tabel 1 : Berat Sendiri Bahan Bangunan dan Komponen Gedung.

BAHAN BANGUNAN		
Baja	7850	kg/m <sup>3</sup>
Batu alam	2600	kg/m <sup>3</sup>
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1500	kg/m <sup>3</sup>
Batu karang (berat tumpuk)	700	kg/m <sup>3</sup>
Batu pecah	1450	kg/m <sup>3</sup>
Besi tuang	7250	kg/m <sup>3</sup>
Beton (1)	2200	kg/m <sup>3</sup>
Beton bertulang (2)	2400	kg/m <sup>3</sup>
Kayu (Kelas 1) (3)	1000	kg/m <sup>3</sup>
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1650	kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu merah	1700	kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2200	kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu cetak	2200	kg/m <sup>3</sup>
Pasangan batu karang	1450	kg/m <sup>3</sup>
Pasir (kering udara sampai lembab)	1600	kg/m <sup>3</sup>
Pasir (jenuh air)	1800	kg/m <sup>3</sup>
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1850	kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (kering udara sampai lembab)	1700	kg/m <sup>3</sup>
Tanah, lempung dan lanau (basah)	2000	kg/m <sup>3</sup>
Timah hitam (timbang)	11400	kg/m <sup>3</sup>
KOMPONEN GEDUNG		
Adukan per cm tebal :		
- dari semen	21	kg/m <sup>2</sup>
- dari kapur, semen merah atau tras	17	kg/m <sup>2</sup>
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah,		
per cm tebal	14	kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan bata merah		
- satu batu	450	kg/m <sup>2</sup>
- setengah batu	250	kg/m <sup>2</sup>
Dinding pasangan batako,		
Berlubang :		
- tebal dinding 20 cm (HB 20)	200	kg/m <sup>2</sup>
- tebal dinding 10 cm (NB 10)	120	kg/m <sup>2</sup>
Tanpa lubang :		
- tebal dinding 15 cm	300	kg/m <sup>2</sup>
- tebal dinding 10 cm	200	kg/m <sup>2</sup>
Langit-langit dan dinding (termasuk rusuk2nya, tanpa penggantung langit-langit atau pengaku), terdiri dari :		
- semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan		

tebal maksimum 4 mm	11	kg/m <sup>2</sup>
- kaca, dengan tebal 3 - 5 mm	10	kg/m <sup>2</sup>
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200 kg/m <sup>2</sup>	40	kg/m <sup>2</sup>
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s. minimum 0,80 m	7	kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m <sup>2</sup> bidang atap	50	kg/m <sup>2</sup>
Penutup atas sirap dengan reng dan usuk/kaso per m <sup>2</sup> bidang atap	40	kg/m <sup>2</sup>
Penutup atap seng gelombang (BJLS-25) tanpa gordeng	10	kg/m <sup>2</sup>
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dari beton, tanpa adukan, per cm tebal	24	kg/m <sup>2</sup>
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11	kg/m <sup>2</sup>
Catatan :		
(1) Nilai ini tidak berlaku untuk beton pengisi		
(2) Untuk beton getas, beton kejut, beton mampat dan beton padat lain sejenis, berat sendirinya harus ditentukan tersendiri.		
(3) Nilai ini adalah nilai rata-rata, untuk jenis-jenis kayu		

Beban mati diatas harus dikalikan faktor reduksi 0,9

(PPPURG 1987, fs.2.1.1.2.(1)/(2))

## b. Beban Hidup

Beban gravitasi pada struktur, yang besar dan lokasinya bervariasi, disebut beban hidup. Contoh dari beban hidup ialah manusia, mebel (furniture), peralatan yang dapat bergerak, kendaraan, dan barang-barang dalam gudang. Beberapa beban hidup secara praktis bisa permanen, sedang lainnya hanya bekerja sekejap. Karena berat, lokasi, dan kepadatan beban hidup sifatnya tidak diketahui, maka besar yang sesungguhnya dan posisi dari beban ini sangat sukar ditentukan.

Beban hidup yang digunakan sebagai beban kerja dalam perencanaan biasanya ditetapkan oleh peraturan bangunan dari badan pemerintah. Beban ini umumnya bersifat empiris dan konservatif, serta berdasarkan pada pengalaman dan kebiasaan (bukan dari hasil perhitungan). Bila peraturan yang ada tidak berlaku atau tidak ada, ketentuan dari peraturan bangunan lainnya boleh digunakan. Berikut contoh beban hidup berdasarkan PPPURG 1987.

Tabel 2 : Beban Hidup Pada Lantai Gedung.

a. Lantai dan tangga rumah tinggal, kecuali yang disebut dalam (b).	200	kg/m <sup>2</sup>
b. Lantai dan tangga rumah tinggal sederhana dan gudang-gudang tidak penting yang bukan untuk toko, pabrik atau bengkel.	125	kg/m <sup>2</sup>
c. Lantai sekolah, ruang kuliah, kantor, toko, toserba, restoran, hotel, asrama dan rumah sakit.	250	kg/m <sup>2</sup>
d. Lantai ruang olah raga.	400	kg/m <sup>2</sup>
e. Lantai ruang dansa.	500	kg/m <sup>2</sup>

f. Lantai dan balkon dalam dari ruang-ruang untuk pertemuan yang lain yang lain daripada yang disebut dalam (a) s/d (e), seperti mesjid, gereja, ruang pagelaran, ruang rapat, bioskop dan panggung penonton dengan tempat duduk tetap.	400	kg/m <sup>2</sup>
g. Panggung penonton dengan tempat duduk tidak tetap atau untuk penonton yang berdiri.	500	kg/m <sup>2</sup>
h. Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam c	300	kg/m <sup>2</sup>
i. Tangga, bordes tangga dan gang dari yang disebut dalam (d), (e), (f) dan (g).	500	kg/m <sup>2</sup>
j. Lantai ruang pelengkap dan yang disebut dalam (c), (d), (e), (f) dan (g)	250	kg/m <sup>2</sup>
k. Lantai untuk pabrik, bengkel, gudang, perpustakaan, ruang arsip toko buku, toko besi, ruang alat-alat dan ruang mesin, harus direncanakan terhadap beban hidup yang ditentukan sendiri, dengan minimum.	400	kg/m <sup>2</sup>
l. Lantai gedung parkir bertingkat :		
- untuk lantai bawah.	800	kg/m <sup>2</sup>
- untuk lantai tingkat lainnya.	400	kg/m <sup>2</sup>
m. Balkon-balkon yang menjorok bebas keluar harus direncanakan terhadap beban hidup dari lantai ruang yang berbatasan, dengan minimum.	300	kg/m <sup>2</sup>

Beban hidup terbagi rata pada atap gedung minimum diambil 100 kg/m<sup>2</sup>, untuk beban terpusat berasal dari pekerja dengan peralatannya minimum 100 kg. Faktor reduksi beban hidup dapat dilihat pada tabel 4 PPPURG 1987

### c. Beban Angin

Semua struktur memikul beban angin, terutama bangunan atap, dinding gedung dan lain-lain yang mempunyai bidang luasan yang besar. Angin menimbulkan tekanan pada sisi di pihak angin (windward) dan hisapan pada sisi di belakang angin (leeward). Besar tekanan yang ditimbulkan angin pada permukaan luasan bangunan tergantung kepada kecepatan dan sudut permukaan, yang ditetapkan sebagai berikut :

- Tekanan tiup harus diambil minimum 25 kg/m<sup>2</sup>.
- Untuk daerah yang letaknya ditepi laut sampai sejauh 5 km dari tepi laut, harus diambil minimum 40 kg/m<sup>2</sup>.
- Untuk daerah yang diperkirakan mempunyai tekanan tiup yang lebih besar, maka tekanan angin harus dihitung sebagai berikut,

$$p = \frac{V^2}{16} \text{ (kg/m}^2\text{)} \quad \dots(1)$$

Dimana,  $V$  = kecepatan angin satuan m/det.

### d. Beban Gempa (SNI 03-1726-2002).

Beban gempa adalah beban statik ekuivalen yang bekerja pada struktur akibat adanya pergerakan tanah secara vertikal dan horisontal. Pada umumnya percepatan horisontal lebih besar dari percepatan vertikal sehingga pengaruh gempa horisontal lebih menentukan dari

gempa vertikal. Gerakan tanah secara horisontal ini menghasilkan gaya geser dasar bangunan yang diberikan oleh persamaan berikut,

$$V = \frac{C \times I}{R} W_t \quad \dots(2)$$

Dimana,  $C$  = faktor respon gempa. (fs.4.7.6., SNI03-1726-2002)  
 $I$  = faktor keutamaan gedung. (tabel 1, SNI03-1726-2002)  
 $R$  = faktor reduksi gempa. (tabel 3 SNI03-1726-2002)  
 $W_t$  = berat total bangunan (termasuk beban hidup).

## 5. Konsep Dasar Perencanaan.

Dalam struktur baja ada dua konsep dasar perencanaan, yaitu *perencanaan berdasarkan tegangan kerja* (Allowable Stress Design, ASD) dan *perencanaan berdasarkan beban terfaktor* (Load and Resistance Factor Design, LRFD).

### a. Perencanaan berdasarkan LRFD (SNI 03-1729-2002).

Perencanaan dalam struktur baja harus memenuhi persyaratan sebagai berikut,

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i \quad \dots(3)$$

Dimana,  $R_n$  = tahanan nominal  
 $\phi$  = faktor tahanan  
 $\gamma_i$  = faktor beban  
 $Q_i$  = beban mati, beban hidup, angin dan gempa.

Pada bahagian kiri persamaan (2) menggambarkan kekuatan bahan, dan sebelah kanan menggambarkan sejumlah beban (beban mati, hidup, angin dan/atau gempa dan lain-lain) yang bekerja.

Kombinasi muatan (SNI 03-1729-2002, fs 6.2.2),

- a1).  $1,4 D$ .
- a2).  $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (La \text{ atau } H)$ .
- a3).  $1,2 D + 1,6 (La \text{ atau } H) + (\gamma_L L \text{ atau } 0,8 W)$ .
- a4).  $1,2 D + 1,3 W + \gamma_L L + 0,5 (La \text{ atau } H)$ .
- a5).  $1,2 D \pm 1,0 E + \gamma_L L$ .
- a6).  $0,9 D \pm (1,3 W \text{ atau } 1,0 E)$ .

Keterangan:

$D$  = adalah beban mati yang diakibatkan oleh berat konstruksi permanen, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, partisi tetap, tangga, dan peralatan tetap.  
 $L$  = adalah beban hidup yang ditimbulkan oleh penggunaan gedung, termasuk kejut, tetapi tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan lain-lain.  
 $La$  = 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 (SNI 03-1726-2002).

Dengan,

$$\gamma_L = 0,5 \text{ bila } L < 5 \text{ kPa, dan } \gamma_L = 1 \text{ bila } L \geq 5 \text{ kPa.}$$

Kekecualian :

Faktor beban untuk  $L$  di dalam kombinasi pembebanan pada persamaan harus sama dengan 1,0 untuk garasi parkir, daerah yang digunakan untuk pertemuan umum, dan semua daerah di mana beban hidup lebih besar daripada 5 kPa ( $500 \text{ kg/m}^2$ ).

Dari enam kombinasi muatan diatas dipilih beban kerja yang paling menentukan (paling besar).

### b. Faktor Tahanan.

Dalam perencanaan struktur berdasarkan metode LRFD, faktor tahanan dapat dilihat pada tabel 6.4.2 SNI 03-1729-2002 seperti berikut :

- |   |               |
|---|---------------|
| 1). Komponen struktur yang memikul lentur               | $\phi = 0,90$ |
| 2). Komponen struktur yang memikul gaya tekan aksial    | $\phi = 0,85$ |
| 3). Komponen struktur yang memikul gaya tarik aksial,   |               |
| • terhadap kuat tarik leleh                             | $\phi = 0,90$ |
| • terhadap kuat tarik fraktur                           | $\phi = 0,75$ |
| 2). Komponen struktur yang memikul aksi-aksi kombinasi, |               |
| • kuat lentur atau geser                                | $\phi = 0,90$ |
| • kuat tarik  | $\phi = 0,90$ |
| • kuat tekan  | $\phi = 0,85$ |
| 5). Komponen struktur komposit,                         |               |
| • kuat tekan  | $\phi = 0,85$ |
| • kuat tumpu beton                                      | $\phi = 0,60$ |
| • kuat lentur dengan distribusi tegangan plastic        | $\phi = 0,85$ |
| • kuat lentur dengan distribusi tegangan elastic        | $\phi = 0,90$ |
| 6). Sambungan baut,                                     |               |
| • baut yang memikul geser                               | $\phi = 0,75$ |
| • baut yang memikul tarik                               | $\phi = 0,75$ |
| • baut yang memikul kombinasi geser dan tarik           | $\phi = 0,75$ |
| • lapis yang memikul tumpu                              | $\phi = 0,75$ |
| 7). Sambungan las,                                      |               |
| • las tumpul penetrasi penuh                            | $\phi = 0,90$ |
| • las sudut dan las tumpul penetrasi sebagian           | $\phi = 0,75$ |
| • las pengisi   | $\phi = 0,75$ |

### c. Perencanaan berdasarkan ASD (PPBBI 1984).

Perencanaan dalam struktur baja harus memenuhi persyaratan sebagai berikut,  
 - Untuk pembebanan tetap,

$$\sigma \leq \frac{fy}{1,5} \quad \text{.....(4)}$$

- Akibat pembebanan sementara,

$$\sigma \leq (1,30) \frac{fy}{1,5} \quad \text{.....(5)}$$

Pada bahagian kanan persamaan (4) dan (5) menggambarkan kekuatan bahan, dimana  $fy$  adalah tegangan leleh baja sesuai mutu baja, dan sebelah kiri menggambarkan tegangan yang terjadi yang dihasilkan sejumlah beban (beban mati, hidup, angin dan/atau gempa dan lain-lain) yang bekerja.

Kombinasi muatan (PPPURG 1987 / PMI 1970 NI.18),

b1). Pembebanan tetap,

$$D + L.$$

b2). Pembebanan sementara,

$$D + L + W.$$

$$D + L + E.$$

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.

$W$  = adalah beban angin.

$E$  = adalah beban gempa, yang ditentukan menurut PMI 1970 NI.18, PPPURG 1987, SNI 03–1726–1989 atau penggantinya (SNI 03–1726–2002).

#### d. Faktor Tahanan.

Andaikata dapat disebut sebagai faktor tahanan, maka dalam perencanaan struktur berdasarkan metode ASD, faktor tahanan dapat dilihat pada PPBBI 1984 yang harus dikalikan dengan persamaan (4) dan (5) pada bagian kanan diatas seperti berikut :

- Akibat pembebanan tetap,

$$\sigma \leq (\text{faktor tahanan}) \cdot \frac{fy}{1,5} \quad \text{.....(6)}$$

- Akibat pembebanan sementara,

$$\sigma \leq (\text{faktor tahanan}) \cdot (1,3) \cdot \frac{fy}{1,5} \quad \text{.....(7)}$$

Faktor tahanan tersebut antara lain,

- |   |               |
|---|---------------|
| 1). Komponen struktur yang memikul geser                | $\phi = 0,58$ |
| 2). Komponen struktur yang memikul aksi-aksi kombinasi, |               |
| • kuat lentur   | $\phi = 1,00$ |
| • kuat tarik  | $\phi = 1,00$ |
| • kuat tekan  | $\phi = 1,00$ |
| • kombinasi tegangan normal dan geser (tegangan idiil)  | $\phi = 1,00$ |
| 3). Sambungan baut (PPBBI 1984, fs.8.2.1),              |               |
| • baut yang memikul geser                               | $\phi = 0,60$ |

- baut yang memikul tarik  $\phi = 0,70$
  - baut yang memikul kombinasi geser dan tarik  $\phi = 1,00$   
 $\{ \sigma = \sqrt{\sigma_t^2 + 1,56\tau^2} \leq \phi \cdot \bar{\sigma} \}$
  - baut yang memikul tumpu
    - Untuk  $s_1 > 2 d$   $\phi = 1,50$
    - Untuk  $1,5 d < s_1 \leq 2 d$   $\phi = 1,20$
 (d = diameter baut ; s1 = jarak baut tepi)
- 4). Sambungan dengan paku keling (rivet), (PPBBI 1984, fs.8.3.1),
- baut yang memikul geser  $\phi = 0,80$
  - baut yang memikul tarik  $\phi = 0,80$
  - baut yang memikul kombinasi geser dan tarik  $\phi = 1,00$   
 $\{ \sigma = \sqrt{\sigma_t^2 + 3\tau^2} \leq \phi \cdot \bar{\sigma} \}$
  - baut yang memikul tumpu
    - Untuk  $s_1 > 2 d$   $\phi = 2,00$
    - Untuk  $1,5 d < s_1 \leq 2 d$   $\phi = 1,60$
 (d = diameter paku ; s1 = jarak paku tepi)

## 5. Contoh Soal Kombinasi Beban.

Pada suatu struktur bekerja beban mati sebesar  $D = 5 \text{ kN}$ , beban hidup  $L = 2 \text{ kN}$  ( $\gamma_L = 0,5$ ), beban angin  $W = 1 \text{ kN}$  dan gempa  $E = 2 \text{ kN}$ . Beban diatas bekerja pada suatu penampang baja dengan mutu BJ-34, tanpa memperhatikan sifat gaya tekan atau tarik maupun kelangsingan batang. Diminta buatlah kombinasi beban berdasarkan metode ASD dan LRFD.

Penyelesaian :

a). Mutu BJ-34,  $f_y = 210 \text{ Mpa}$ .

b). Metode ASD.

- Pembebanan tetap,

$$D + L = 5 \text{ kN} + 2 \text{ kN} = 7 \text{ kN}.$$

- Pembebanan sementara,

$$D + L + W = 5 \text{ kN} + 2 \text{ kN} + 1 \text{ kN} = 8 \text{ kN}, \text{ atau}$$

$$D + L + E = 5 \text{ kN} + 2 \text{ kN} + 2 \text{ kN} = 9 \text{ kN}$$

Dari pembebanan sementara menunjukkan yang menentukan adalah beban dengan ukuran = 9 kN, namun antara pembebanan tetap dan pembebanan sementara masih harus diperiksa pembebanan mana yang paling menentukan, yaitu dengan mencari berapa luas penampang baja dengan mutu BJ-34 yang diperlukan untuk memikul gaya-gaya diatas, sebagai berikut,

- Pembebanan tetap,

$$\sigma \leq (\text{faktor tahanan}) \cdot \frac{f_y}{1,5}$$

$$\frac{P}{A} \leq (1) \cdot \frac{f_y}{1,5}, \text{ atau}$$

$$A \geq \frac{1,5 \cdot P}{f_y} = \frac{1,5 \times 7000 \text{ N}}{210 \text{ MPa}} = 50 \text{ mm}^2.$$

- Pembebanan sementara,

$$\sigma \leq (\text{faktor tahanan}) \cdot (1,3) \cdot \frac{fy}{1,5}$$

$$\frac{P}{A} \leq (1) \cdot (1,3) \cdot \frac{fy}{1,5}, \text{ atau}$$

$$A \geq \frac{1,5 \cdot P}{(1,3) \cdot fy} = \frac{1,5 \times 9000 \text{ N}}{(1,3) \times 210 \text{ MPa}} = 49,45 \text{ mm}^2.$$

Terlihat yang menentukan adalah akibat pembebanan tetap ( $50 \text{ mm}^2 > 49,45 \text{ mm}^2$ ).

b). Metode LRFD.

$$\gamma_L = 0,5$$

$$1,4 D = 1,4 \times (5 \text{ kN}) = 7 \text{ kN}.$$

$$1,2 D + 1,6 L + 0,5 (La \text{ atau } H) = 1,2 \times (5 \text{ kN}) + 1,6 \times (2 \text{ kN}) = 9,2 \text{ kN}.$$

$$1,2 D + 1,6 (La \text{ atau } H) + (\gamma_L L \text{ atau } 0,8 W) = 1,2 \times (5 \text{ kN}) + 0,5 \times (2 \text{ kN}) = 7 \text{ kN}.$$

$$1,2 D + 1,6 (La \text{ atau } H) + (\gamma_L L \text{ atau } 0,8 W) = 1,2 \times (5 \text{ kN}) + 0,8 \times (1 \text{ kN}) = 6,8 \text{ kN}.$$

$$1,2 D + 1,3 W + \gamma_L L + 0,5 (La \text{ atau } H) = 1,2 (5 \text{ kN}) + 1,3 \times (1 \text{ kN}) + 0,5 \times (2 \text{ kN}) = 8,3 \text{ kN}.$$

$$1,2 D \pm 1,0 E + \gamma_L L = 1,2 \times (5 \text{ kN}) + 1,0 \times (2 \text{ kN}) + 0,5 \times (2 \text{ kN}) = 9 \text{ kN}.$$

$$0,9 D \pm (1,3 W \text{ atau } 1,0 E) = 0,9 \times (5 \text{ kN}) + 1,3 \times (1 \text{ kN}) = 5,8 \text{ kN}.$$

$$0,9 D \pm (1,3 W \text{ atau } 1,0 E) = 0,9 \times (5 \text{ kN}) + 1,0 \times (2 \text{ kN}) = 6,5 \text{ kN}.$$

Dari perhitungan diatas terlihat yang menentukan adalah pembebanan dengan besar beban = 9,2 kN. Apabila dihitung luas penampang yang diperlukan, maka

$$A_g \geq \frac{P}{\phi \cdot fy} = \frac{9200 \text{ N}}{0,9 \times 210 \text{ MPa}} = 48,68 \text{ mm}^2.$$