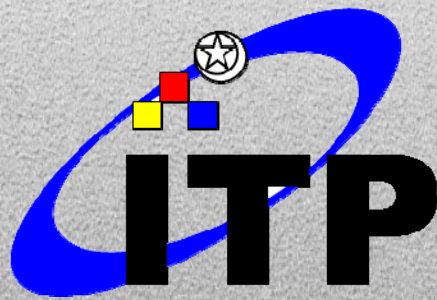


Penerbit Universitas Sembang ISBN. 979. 9156-22-X
Judul Struktur Beton

Struktur Beton

Ir. H. Armeyn, MT



Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Jurusan Teknik Sipil dan Geodesi
Institut Teknologi Padang

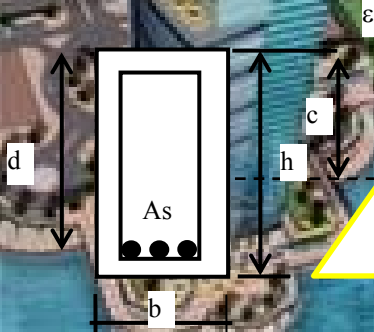


FAKULTAS

PERENCANAAN
GIPADANG



STRUKTUR BETON

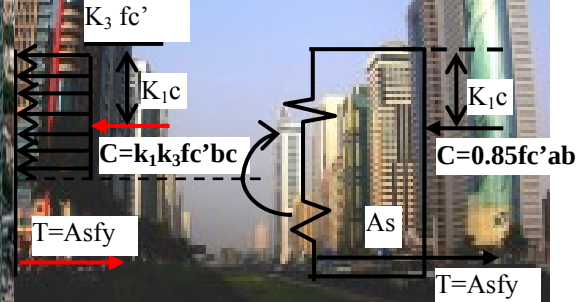


Penampang Balok Bertulang Tunggal

Distribusi Regangan Actual

Distribusi Tegangan Actual

Distribusi Tegangan Persegi Ekuivalen



Oleh
Ir. H. Armeyn, MT



SAMBUTAN

MENTERI PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

Upaya penulisan buku Teknik Sipil, Teknik Arsitektur, Teknik Mesin, Teknik Electro, Matematika, Fisika dan Komputer yang dilakukan oleh Direktorat Perguruan Tinggi Swasta melalui penyelenggaraan “Penataran Dosen Perguruan Tinggi Swasta” ini, merupakan prestasi yang patut dihargai. Saya percaya hal tersebut sangat bermanfaat bagi para peserta penataran maupun bagi para dosen serta mahasiswa pengguna buku ini. Selain itu buku ini akan memperkaya pustaka khususnya di bidang Teknik dan MIPA.

Semoga buku bidang Teknik dan MIPA yang diterbitkan ini akan dapat membantu meningkatkan mutu pendidikan di lingkungan perguruan tinggi serta mempermudah para mahasiswa dalam mempelajari, memahami dan menghayati IPTEK yang dalam era pembangunan ini sangat dibutuhkan.

Jakarta, Februari 1999

Menteri Pendidikan dan Kebudayaan



Juwono Sudarsono

KATA PENGANTAR

Dalam era globalisasi (era kesejagadan) yang penuh persaingan, menuntut tersedianya SDM (Sumber Daya Manusia) yang lebih bermutu, handal dan unggul.

Penerbitan buku bidang Teknik SIPIL, MESIN, ELEKTRO, MATEMATIKA, FISIKA ini dimaksudkan guna menambah referensi yang diharapkan dapat dipakai sebagai acuan mata ujian negara bagi PTS yang jumlahnya begitu banyak tersebar di Kopertis Wilayah I - XII.

Dengan menyadari adanya kelebihan dan kekurangan dari terbitnya buku ini yang dipandang oleh rekan-rekan dari

- | | | |
|---------------------------|---|-------------------------------------|
| I. Jurusan Teknik Sipil | : | - Universitas Indonesia (UI) |
| | | - Institut Teknologi Bandung (ITB) |
| | | - Universitas Gajah Mada (UGM) |
| | | - Universitas Diponegoro (UNDIP) |
| | | - Institut Teknologi Surabaya (ITS) |
| 2. Jurusan Teknik Mesin | : | - Institut Teknologi Bandung (ITB) |
| 3. Jurusan Teknik Elektro | : | - Universitas Gajah Mada (UGM) |
| 4. Jurusan Matematika | : | - Universitas Padjadjaran, Bandung |
| 5. Jurusan Fisika | : | - Institut Teknologi Bandung (ITB) |

Maka telah dapat disusun oleh para peserta penataran dari berbagai PTS di Indonesia.

Buku ini akan selalu di "update" atau disempurnakan pada edisi selanjutnya, oleh karena itu kritik dan saran untuk perbaikan akan sangat diharapkan.

Semoga buku ini bermanfaat dan terima kasih kepada semua pihak yang terlibat serta PTS yang membiayai penerbitan buku ini.

Jakarta, Februari 1999

Direktur Penguruan Tinggi Swasta

(Joetata Hadihardaja)

PENGANTAR DARI BADAN PENERBIT UNIVERSITAS SEMARANG

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan karunia-Nya-lah Badan Penerbit Universitas Semarang berhasil menerbitkan buku dengan judul "**Struktur Beton**" yang sangat berguna bagi Mahasiswa, dosen maupun para perencana bangunan.

Kami ucapkan terima kasih kepada Prof. Ir. Joetata Hadihardaja selaku Direktur Perguruan Tinggi Swasta yang telah memberikan kepercayaan kepada kami untuk menerbitkan buku ini dan mendistribusikannya keseluruhan Perguruan Tinggi Swasta di Indonesia.

Kami berharap, semoga buku ini bisa bermanfaat bagi perkembangan pendidikan, khususnya di bidang Teknik Sipil sehingga dapat menunjang perkembangan IPTEKS di Indonesia.

Semarang, Maret 1999


Ir. Widjatmoko

NAMA-NAMA YANG TERKAIT DALAM RANGKA PEMBUATAN BUKU

1. DIREKTUR PERGURUAN TINGGI SWASTA (PROF. IR. JOETATA HADIHARDAJA)

2. KOORDINATOR KOPERTIS

- a. Wilayah I : Prof. Dr. Usman Pelly, MA.
- b. Wilayah II : Dr. Ir. H. Saad Nasuhim
- c. Wilayah III : Prof. dr. H. Arjatmo Tjokronegoro, Ph.D.
- d. Wilayah IV : Prof. Dr. H. Udju D. Rusdi
- e. Wilayah V : Ir. Haryana M. Arch.
- f. Wilayah VI : Prof. Dr. Soedarsono
- g. Wilayah VII : Prof. Ir. Pinardi Koestalam, M.Sc.
- h. Wilayah VIII : Ir. Ida Bagus Ketut Lodji, M.Sc.
- i. Wilayah IX : Prof. Dr. H. Ahmad Rohaeni Hafidz, MS.
- j. Wilayah X : Prof. Dr. Alfian Lains, SE. MA.
- k. Wilayah XI : Prof. H. Masrani Basri, SE.
- l. Wilayah XII : Prof. Drs. H. Ismael Taher

3. KOORDINATOR PENYUSUN BUKU : PROF. IR. SIDHARTA S.K.

4. PEMANDU :

- 1. Ir. Amrinsyah Nasution, MSCE, Ph.D Institut Teknologi Bandung, Bandung
- 2. Ir. Nuroji, MS Universitas Diponegoro, Semarang
- 3. Ir. Essy Ariyuni, M.Sc. Universitas Indonesia, Jakarta
- 4. Prof.Ir. Rachmat Purwono, M. Sc. Institut Teknologi Surabaya, Surabaya
- 5. DR.Ir. Priyosulistyo, M.Sc. Univ. Gajah Mada, Yogyakarta

5. PENYUSUN :

- 1. Ir. Winarni Hadipratomo Univ. Katolik Parahyangan, Bandung
- 2. Ir. Suzi Heti Kurnia Universitas Malahayati, Bandarlampung
- 3. Ir. I r w a n, MT Universitas Medan Area, Medan
- 4. Ir. M. Udin, MT Univ. Islam Sumatera Utara, Medan
- 5. Ir. Karmel L. Toruan Universitas HKBP Nommensen, Medan
- 6. Iris Mahani, ST Universitas Dr. Sutomo, Surabaya
- 7. Ir. Bambang Wuritno, MT Univ. Tujuh Belas Agustus, Semarang
- 8. Ir. M. Riang Endarto BS, MT Univ. Muhammadiyah, Yogyakarta
- 9. Ir. Huzairin Yanis Universitas Panca Bhakti, Pontianak
- 10. Ir. Nitawati EM Universitas Jakarta, Jakarta
- 11. Ir. Abdul Karim Hadi, M.Sc Univ. Muslim Indonesia, Ujung Pandang
- 12. Ir. Daud Rahmat Wiyono, MT. Universitas Kristen Maranatha, Bandung
- 13. Ir. Ilman Noor, MSCE Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
- 14. Ir. Bambang Wedyantadji Institut Teknologi Nasional, Malang
- 15. Ir. David Widiyanto, MT Univ. Katolik Soegijapranata, Semarang
- 16. Ir. H. Armeyn Sekolah Tinggi Teknik Padang, Padang
- 17. Ir. Benny Mochtar Effendi Universitas 17 Agustus 1945, Samarinda
- 18. Ir. I Wayan Giatmajaya Universitas Mahasaraswati, Denpasar
- 19. Ir. Nikolas Paulus Univ. Kristen Indonesia Maluku, Ambon



BAB 3

Metode Desain Struktur Beton Bertulang

3.1 TUJUAN PERENCANAAN STRUKTUR

Seorang sarjana struktur merupakan anggota dari tim yang bekerja bersama untuk mendesain sebuah bangunan, jembatan atau struktur lain. Bila yang dibangun sebuah bangunan maka biasanya seorang arsitek membuat prarencana, dan sarjana struktur mekanikal dan elektrik mendisain sistim bersangkutan dalam bangunan tersebut.

Struktur harus memenuhi 4 (empat) kriteria utama :

1. Ketetapan.

Pengaturan ruang, bentang, ketinggian plafon, akses dan arus lalu lintas harus memenuhi kebutuhan pemakaian. Struktur harus sesuai dengan lingkungan dan estetika.

2. Ekonomi.

Biaya total struktur tidak boleh melampaui anggaran dari pemilik. Sering sekali kelompok kerja perancangan akan dapat menghemat biaya keseluruhan.

3. Persyaratan struktur.

Hal ini meliputi 2 (dua) aspek utama

- a. Struktur harus cukup kuat sehingga dapat menerima semua beban dengan aman.
- b. Struktur tidak boleh melendut, terangkat, bergetar atau retak sehingga mengganggu fungsi dari bangunan tersebut.

4. Desain struktur harus demikian sehingga memerlukan pemeliharaan minimum dan pemeliharaan tersebut dapat dilaksanakan secara sederhana.

3.2. PROSES DESAIN

Proses desain adalah proses pengambilan keputusan yang berurutan dan berulang. 3 (tiga) tahap utamanya adalah :

1. Penentuan kebutuhan dan prioritas pemilik.

Semua bangunan atau struktur lain dibangun sesuai dengan kebutuhan. Pemilik atau pemakai seharusnya terlibat pada penentuan fungsi estetika, anggaran yang diperlukan, dan penyelesaian bangunan yang cepat.

2. Pengembangan konsep proyek

Berdasarkan kebutuhan dan prioritas pemilik dapat dikembangkan berbagai kemungkinan anggaran. Rencana anggaran awal dapat menjadi pilihan terakhir untuk memenuhi prioritas

kebutuhan pemilik sesuai dengan anggaran yang tersedia. Selama tahap ini dapat dipilih konsep seluruh struktur. Ukuran elemen struktur dapat diestimasi dari hasil analisis besaran momen, gaya geser dan gaya aksial. Setelah hal ini dilakukan perkiraan anggaran dari pemilik sistem struktur yang diinginkan dapat dibuat. Tahap desain struktur ini adalah untuk memenuhi kriteria desain yang berhubungan dengan ketepatan, ekonomi dan pemeliharaan.

3. Perencanaan masing-masing sistem

Setelah dipilih konsep struktur secara umum maka dapat direncanakan sistem struktur yang meliputi 3 (tiga) langkah utama, yaitu :

1. **Analisis struktur untuk menghitung atau menentukan harga momen, gaya geser dan gaya aksial dalam struktur.**
2. **Merancang ukuran tiap elemen sehingga dapat menahan gaya-gaya tersebut.**
3. **Menyiapkan gambar kerja dan spesifikasi.**

3.3. KONDISI BATAS DAN DESAIN BETON BERTULANG

3.3.1. KONDISI BATAS

Bila sebuah struktur atau elemen struktur tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan dikatakan telah mencapai kondisi batasnya. Kondisi batas untuk struktur beton bertulang dibagi menjadi 3 (tiga) hal dasar :

1. Kondisi batas ultimit

Hal ini meliputi keruntuhan sebagian atau seluruh struktur. Kemungkinan terjadinya kondisi batas ini sangat kecil .

Kondisi ultimit yang utama adalah :

- a. Hilangnya keseimbangan dari sebagian atau seluruh struktur.

Keruntuhan demikian biasanya meliputi terangkatnya/tergesernya seluruh struktur dan akan terjadi bila gaya reaksi untuk keseimbangan tidak terjadi.

- b. Retaknya bagian kritis dari struktur akan menyebabkan keruntuhan sebagian atau keseluruhan .

- c. Keruntuhan progresif .

Pada batas tertentu keruntuhan lokal yang kecil dapat menyebabkan elemen didekatnya menerima beban kelebihan dan gagal sampai seluruh struktur runtuh. Keruntuhan progresif dapat dicegah dengan detail struktur yang benar sehingga seluruh struktur terikat dan tidak terjadi kegagalan lokal. Karena kegagalan demikian dapat terjadi pada massa konstruksi, maka perencana harus waspada akan adanya beban dari prosedur pelaksanaan konstruksi.

- d. Pembentukan mekanisme plastis.

Mekanisme ini terjadi bila tulangan meleleh dan membentuk sendi plastis pada beberapa penampang sehingga struktur labil.

e. Instabilitas akibat deformasi struktur.

Kegagalan ini meliputi tekuk.

f. Kelelahan.

Retak atau patah dari elemen akibat siklus beban kerja yang berulang akan dapat menyebabkan keruntuhan.

2. Kondisi Batas Kelayanan

Hal ini meliputi terganggunya fungsi struktur tetapi tidak runtuh. Karena bahaya kehilangan nyawa lebih kecil maka kemungkinan selesai dapat lebih ditolerir dibandingkan dengan kondisi batas ultimit. Ini meliputi :

a. Lendutan besar pada kondisi kelayanan, hal ini menyebabkan tidak bekerjanya mesin-mesin, tidak sedap dipandang serta dapat merusak elemen non struktural .

Pada kasus atap yang sangat fleksibel, akibat berat air pada atap dapat meningkatkan lendutan dan ketinggian air dan lain-lain sehingga kapasitas atap terlampaui.

b. Lebar retak yang besar.

Biarpun beton bertulang akan retak seluruh tulangan bekerja adalah mungkin untuk membuat detail penulangan sehingga bisa meminimumkan lebar retak. Lebar retak yang besar ini dapat menyebabkan terjadinya korosi pada tulangan dan kerusakan beton secara perlahan.

c. Vibrasi yang tidak diinginkan.

Vibrasi vertikal dari lantai atau jembatan dan vibrasi lateral dari torsional bangunan tingkat tinggi dapat mengganggu pemakai. Getaran biasanya jarang merupakan masalah [ada bangunan beton bertulang.

3. Kondisi Batas Khusus.

Kondisi batas ini meliputi kerusakan atau kegagalan akibat pembebanan abnormal, yang terdiri dari :

- a. Kerusakan atau keruntuhan pada gempa kuat.
- b. Efek struktural akibat kebakaran, ledakan atau tubrukan.
- c. Efek struktural akibat korosi atau kemunduran kualitas.
- d. Instabilitas fisik atau kimia jangka panjang.

3.3.2. PERENCANAAN KONDISI BATAS

Ini merupakan proses desain yang meliputi :

1. Identifikasi dari semua ragam kegagalan yang potensial (identifikasi dari kondisi batas yang penting) .
2. Penentuan tingkat keamanan yang dapat diterima terhadap tiap kondisi batas yang terjadi.

Untuk struktur normal langkah ini ditentukan oleh peraturan bangunan yang berlaku yang menentukan kombinasi pembebanan dan faktor keamanan yang dipakai.

Untuk struktur yang tidak biasa harus diperiksa apakah batas tingkat keamanan yang normal masih cukup.

3. Pertimbangan rancangan untuk kondisi batas yang penting.

Sering sekali pada bangunan desain kondisi batas ditentukan dari kondisi batas ultimit yang proporsional, diikuti oleh pemeriksaan struktur apakah melampaui kondisi batas kelayakan.

Pemeriksaan ini perlu diikuti karena fungsi utama elemen struktur pada bangunan adalah untuk menahan beban tanpa membahayakan penghuni.

Pada sebuah tangki air lebar retak yang besar pada kondisi batas sama pentingnya dengan kondisi batas ultimit apabila struktur tangki air harus tetap kedap air. Pada struktur yang demikian desain dapat dimulai dengan mempertimbangkan lebar retak kondisi batas, diikuti oleh pemeriksaan kondisi batas ultimit.

3.4 KEAMANAN STRUKTUR

Ada 3 (tiga) hal penting yang perlu diperhatikan dalam perencanaan struktur, seperti faktor keamanan, faktor beban dan faktor kekuatan bahan atau mutu bahan

1. Ketidakpastian kekuatan bahan.

Kekuatan bahan yang tepat pada balok, kolom, plat atau elemen struktur lainnya hampir selalu berbeda dengan yang dihitung oleh perencana, hal ini disebabkan oleh :

- a. Ketidakpastian kekuatan beton dan baja tulangan.
- b. Perbedaan yang terjadi antara ukuran pelaksana dengan ukuran gambar kerja.
- c. Efek dari asumsi dalam perhitungan kekuatan elemen struktur.

2. Ketidakpastian akibat beban-beban

Beban-beban mudah dipengaruhi oleh lokasi dan jenis beban yang bekerja. demikian juga berat sebenarnya dari berat sendiri elemen struktur yang hampir tidak mungkin ditimbang dilapangan. Hal ini menyebabkan terjadinya perbedaan antara beban beban yang sebenarnya terjadi dengan beban beban yang diperhitungkan untuk perencanaan.

Berhubungan dengan ketidak pastian kekuatan bahan dan efek beban, maka untuk mendapatkan keamanan struktur yang dikehendaki diperhitungkan dalam faktor yang memperbesar atau memperkecil kemungkinan keruntuhan struktur.

3. Tingkat keruntuhan.

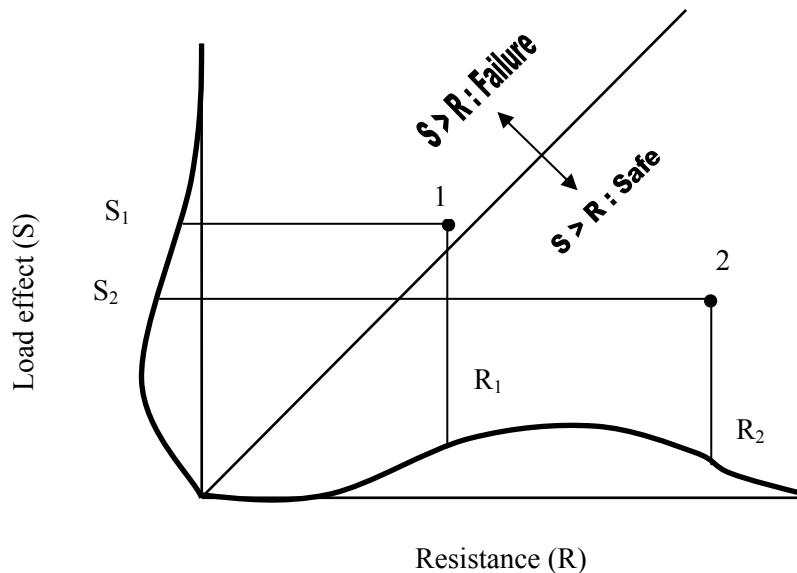
Sejumlah faktor perlu diperhatikan dalam memperhitungkan tingkat keamanan yang memadai untuk jenis dan fungsi struktur antara lain :

- a. Kerugian yang terjadi akibat kerusakan keruntuhan dan biaya untuk membangun kembali struktur
- b. Bila terjadi keruntuhan, bahaya kehilangan nyawa pada bangunan auditorium akan jauh lebih besar dari pada pembuatan gudang.
- c. Kehilangan waktu bekerja secara langsung akan mengurangi upah atau penghasilan lainnya dari pekerja atau buruh.
- d. Jenis keruntuhan dengan tanda tanda keruntuhan dapat diperlihatkan dengan meningkatnya pembebanan. Bilamana keruntuhan elemen struktur diperlihatkan oleh lendutan yang besar seperti pada balok beton bertulang, bahaya manusia dapat dihindarkan dengan mengurangi beban atau mengganti beban untuk mencegah keruntuhan struktur. Hal ini tidak selalu mungkin dilakukan jika salah satu elemen struktur secara tiba tiba runtuh tanpa peringatan sebelumnya, yang dapat terjadi pada sebuah kolom. Dengan demikian tingkat keamanan yang diinginkan akan berbeda untuk sebuah balok dibanding dengan sebuah kolom. Dalam berbagai struktur kelelahan (yield) atau keruntuhan satu elemen struktur mengakibatkan terjadinya redistribusi beban pada elemen struktur yang berhubungan. Pada struktur lain keruntuhan satu elemen struktur mengakibatkan runtuhnya struktur secara keseluruhan. Dalam hal yang disebut terakhir ini kemungkinan redistribusi beban tidak mungkin terjadi, membutuhkan tingkat keamanan yang lebih besar.

3.5 MENENTUKAN PROBABILITAS FAKTOR KEAMAN

Distribusi dari sejumlah hasil pengujian kekuatan bahan yang dianggap mewakili bahan struktur, R (*resistance*) digambarkan pada sumbu horizontal (gambar 3.5.1), yang dibandingkan dengan distribusi beban maksimum, S (efek beban) digambarkan pada sumbu vertikal yang diperkirakan bekerja pada struktur selama masa pemakaian struktur. Kedua hal tersebut akan menimbulkan berbagai keadaan besarnya momen lentur. Garis 45° melalui titik sumbu pada gambar 3.5.1 menggambarkan hubungan antara beban dengan kekuatan bahan. Kombinasi dari pada S dan R jatuh diatas garis penghubung yang membuat $S > R$ dan menimbulkan keruntuhan.

Karenanya apabila S_1 yang bekerja pada struktur dengan kekuatan R_1 akan menyebabkan keruntuhan sedang dalam keadaan beban S_2 bekerja pada struktur dengan kekuatan R_2 menimbulkan sebuah kombinasi yang aman.



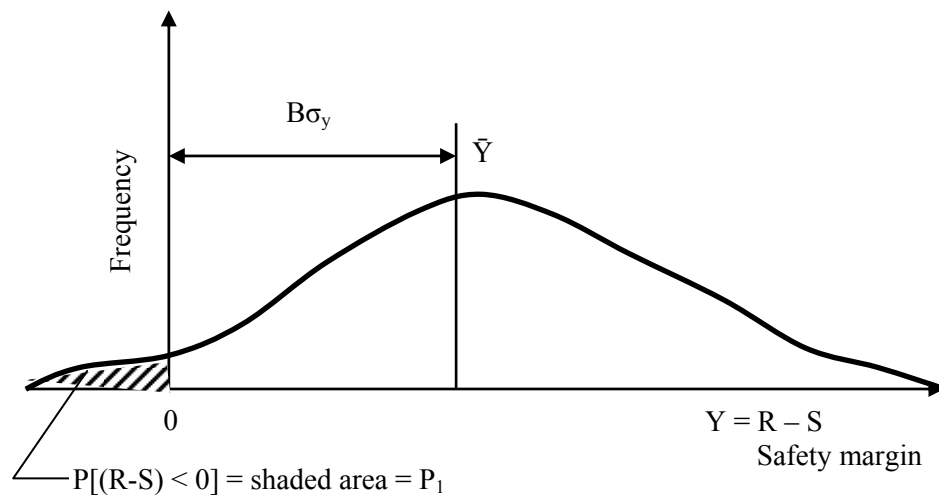
Gambar 3.5.1 Kombinasi Aman dan Tidak Aman dari Beban dan Kekuatan

Probabilitas keruntuhan dapat direduksi dengan meningkatkan atau mereduksi kekuatan bahan. Rentang $Y = R - S$ disebut selang keamanan. Dapat didefinisikan bahwa keruntuhan akan timbul jika harga Y adalah negatif, seperti diperlihatkan dalam gambar 3.5.2, yang dapat ditulis seperti : P_f = probabilitas jika $[Y < 0]$.

Fungsi Y mempunyai sebuah harga rata-rata $\bar{Y}$ dan sebuah standar deviasi σ_y . Dari gambar 3.5.2 bahwa $Y = \bar{Y} + \beta \sigma_y$ dimana $\beta = \bar{Y} / \sigma_y$.

Bilamana distribusi digeser ke kanan dengan membuat Y lebih besar, maka β akan bertambah besar sedangkan P_f akan berkurang (perhatikan luasan yang diarsir) sehingga P_f adalah fungsi dari β . Faktor β disebut indeks keamanan. Bila Y berikutnya merupakan statistik distribusi normal, dan jika $\bar{Y}$ dan σ_y diketahui, maka probabilitas keruntuhan dapat dihitung dari hasil tabel statistik sebagai fungsi dari ragam distribusi dan harga β . Untuk harga Y sebuah distribusi normal dengan $\beta = 3,5$ maka $Y = 3,5 \sigma_y$. Maka dari tabel distribusi normal P_f adalah $1/9091$ atau $1,1 \times 10^{-4}$, yang diartikan selang keruntuhan hanya ada 1 dari antara 10000 struktur yang direncanakan pada dasar $\beta = 3,5$ akan gagal dengan beban terbesar atau dibawah kekuatan selama umur struktur.

Faktor-faktor beban dan reduksi keamanan yang ditetapkan menurut SK SNI T-15-1991-03 adalah hasil adaptasi dari PB 85 dengan $\beta = 3,5$.



Gambar 3.5.2 Selang Keamanan, Probabilitas Keruntuhan dan Indeks Keamanan

3.6 TATA CARA PERHITUNGAN KOMPONEN BETON BERTULANG

Struktur dan komponen struktur harus direncanakan terhadap kombinasi beban dan gaya terfaktor menurut ketentuan :

1. Struktur dan komponen struktur direncanakan hingga semua penampang mempunyai kuat rencana minimum sama dengan kuat perlu, yang dihitung berdasarkan kombinasi beban dan gaya terfaktor yang sesuai dengan ketentuan SK SNI T-15-1991-03.
2. Komponen struktur juga harus memenuhi ketentuan lain yang tercantum dalam SK SNI T-15-1991-03 untuk menjamin tercapainya perilaku struktur yang cukup baik pada tingkat beban kerja.

Agar supaya struktur dan komponen struktur memenuhi syarat kekuatan dan laik pakai terhadap berbagai kombinasi beban, maka harus dipenuhi ketentuan dari faktor beban :

1. Kuat perlu **U** yang menahan beban mati **D** dan beban hidup **L** paling tidak harus sama dengan
2. Bila ketahanan struktur terhadap beban angin **W** harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka pengaruh kombinasi beban **D**, **L**, dan **W** berikut harus dipelajari untuk menentukan nilai **U** yang terbesar

$$U = 1.2D + 1.6L \quad [\text{III} - 1]$$

$$U = 0.75(1.2D + 1.6L + 1.6W) \quad [\text{III} - 2]$$

hal mana kombinasi beban harus memperhitungkan kemungkinan beban hidup **L** yang penuh dan kosong untuk mendapatkan kondisi yang paling berbahaya, dan

$$U = 0.9D + 1.3W \quad [\text{III} - 3]$$

dengan catatan bahwa untuk setiap kombinasi beban **D**, **L**, dan **W** akan diperoleh kekuatan **U** yang tidak kurang dari persamaan [III -1].

3. Bila ketahanan struktur terhadap beban gempa (beban **E**) harus diperhitungkan dalam perencanaan, maka nilai **U** harus diambil sebagai :

$$U = 1.05(D + L_R \pm E) \quad [III -4a]$$

atau

$$U = 0.9(D \pm E) \quad [III - 4b]$$

hal mana **L_R** adalah beban hidup yang telah direduksi sesuai dengan ketentuan SNI 1726-1989 F tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Rumah dan Gedung. Dalam hal ini nilai **E** ditetapkan berdasarkan ketentuan yang ditentukan dalam SNI 1726-1989 F tersebut di atas;

4. Bila ketahanan terhadap tekanan tanah **H**, diperhitungkan dalam perencanaan, maka kekuatan yang diperlukan **U** minimum harus sama dengan :

$$U = 1.2D + 1.6L + 1.6 H \quad [III -5]$$

kecuali pada keadaan di mana **D** atau **L** mengurangi pengaruh dari **H**. Dalam hal ini nilai maksimum dari **U** ditentukan dengan mengganti 1.2 **D** dengan 0,9 **D**, dan nilai **L** diambil nol. Untuk setiap kombinasi dari **D**, **L**, dan **H** nilai **U** tidak boleh lebih kecil dari persamaan [III - 1].

5. Ketahanan terhadap pembebanan akibat berat dan tekanan fluida **F**, yang berat jenisnya dapat ditentukan, serta berdasarkan ketinggian maksimum, harus diperhitungkan dalam perencanaan. Beban tersebut harus dikalikan dengan faktor beban 1.2, dan ditambahkan pada semua kombinasi beban yang memperhitungkan beban hidup.
6. Ketahanan terhadap pengaruh kejutan harus diperhitungkan dalam perencanaan jika mempunyai pengaruh pada sistem struktur. Beban ini disertakan pada perhitungan beban hidup **L**.
7. Bila pengatur struktural **T** dari perbedaan penurunan, rangkai, susut, atau perubahan suhu mungkin menentukan dalam perencanaan, maka kekuatan yang diperlukan **U** minimum harus sama dengan

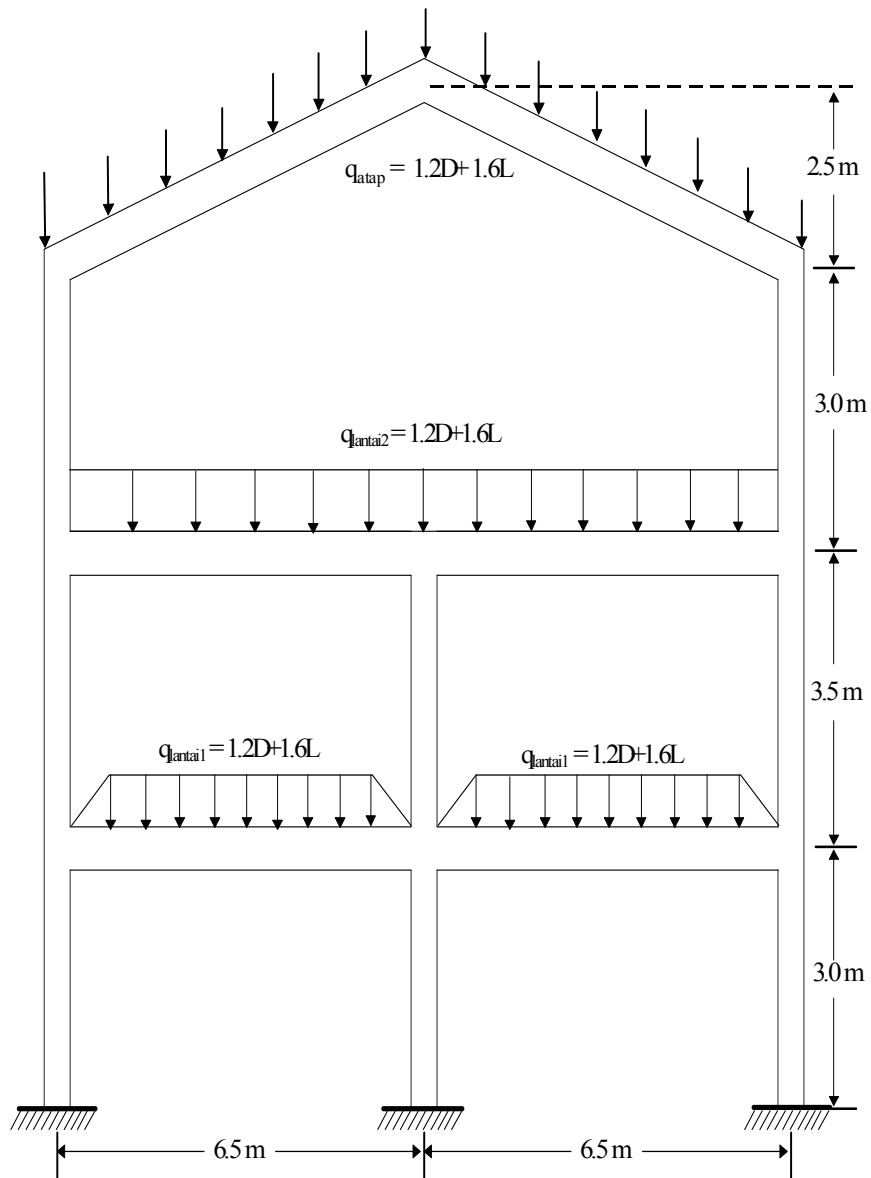
$$U = 0.75(1.2D + 1.2T + 1.6L) \quad [III - 6]$$

tetapi nilai **U** tidak boleh kurang dari

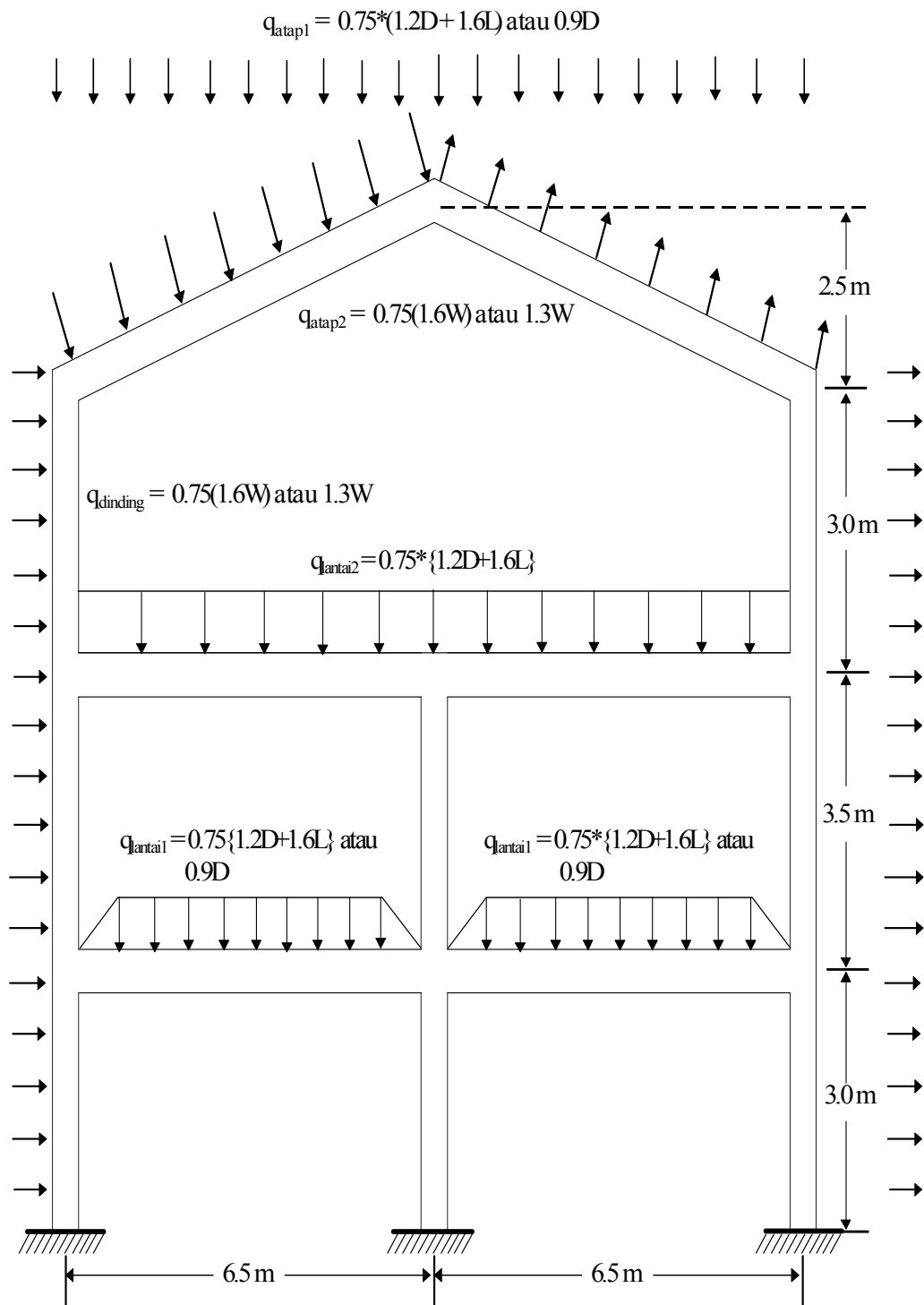
$$U = 1.2(D + T) \quad [III - 7]$$

Dengan ketentuan-ketentuan yang disebutkan diatas, prosedur perhitungan beban bagi analisis struktur portal, harus membedakan sifat beban luar sesuai faktor beban. Mengambil contoh

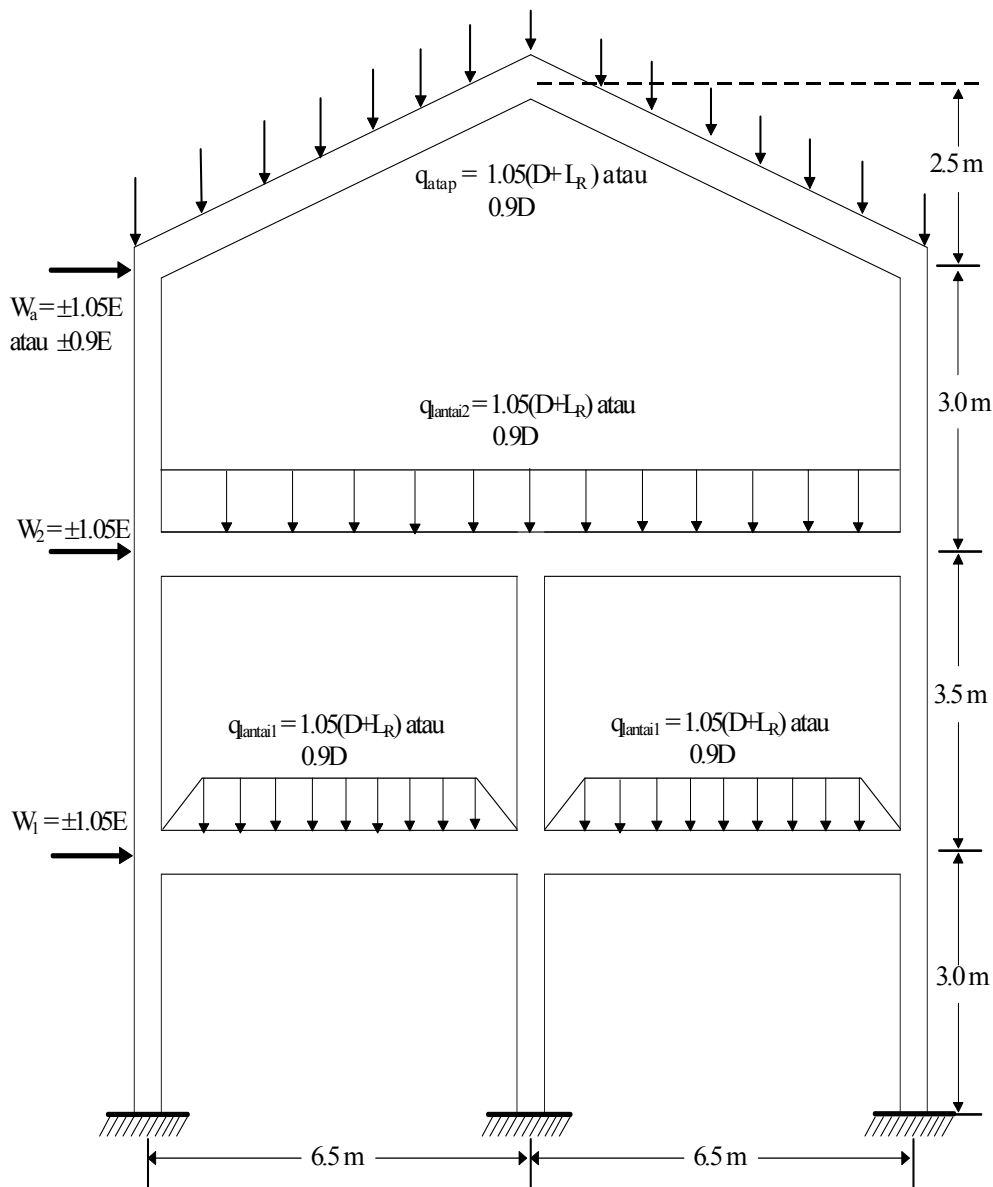
portal bidang dengan konfigurasi struktur seperti pada Gambar 3.1, jenis beban utama yang bekerja adalah beban mati **D**, beban hidup **L**, beban angin **W**, dan beban gempa **E**.



Gambar 3.1.a Kombinasi Beban Struktur 1



Gambar 3.1.b Kombinasi Beban Struktur 2 dengan Beban Angin W



Catatan : L_R = beban hidup yang direduksi.

Gambar 3.1.c Kombinasi Beban Struktur 3 dengan Beban Gempa

Dengan ketiga jenis pembebanan ini, dilakukan analisis tanggap struktur guna memperoleh gaya-gaya dalam terfaktor. Kuat rencana komponen/element struktur, pelat, balok, dan kolom menurut SK SNI T- 15-1991-03 diperoleh dari reduksi gaya-gaya dalam terfaktor yang disesuaikan dengan sifat beban. Faktor reduksi ϕ yang digunakan adalah :

1. Lentur, tanpa beban axial 0.80.

Jika diperoleh momen terfaktor balok rencana M_{ud} hasil analisis, maka untuk momen nominal

$$\text{rencana } M_{nd} = \frac{M_{nu}}{\phi} = \frac{M_{nu}}{0.8}$$

2. Beban axial, dan beban axial dengan lentur :

a. Aksial tarik, dan aksial tarik dengan lentur 0.80.

Apabila momen terfaktor rencana M_{ud} dan gaya aksial tarik P_{ud} diperoleh dari analisis

bagi elemen kolom , maka $P_{nd} = \frac{P_{ud}}{0.8}$; $M_{nd} = \frac{M_{nu}}{0.8}$

b. Aksial tekan, dan aksial tekan dengan lentur;

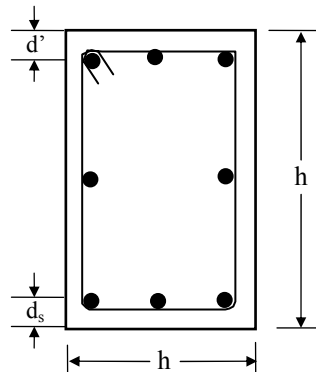
Komponen struktur dengan tulangan spiral maupun sengkang ikat = 0.70, sehingga :

$$P_{nd} = \frac{P_{ud}}{0.7} ; M_{nd} = \frac{M_{nu}}{0.7}$$

Komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa = 0,65, sehingga

$$P_{nd} = \frac{P_{ud}}{0.65} ; M_{nd} = \frac{M_{nu}}{0.65}$$

Kecuali untuk nilai aksial tekan yang rendah, nilai ϕ boleh ditingkatkan dengan ketentuan tegangan leleh baja f_y tidak melampaui 400 MPa (4000 kg/cm²), tulangan simetris, dan dengan $(h-d'-d_s)/h$ tidak kurang dari 0.65(Gambar 3.2), Faktor reduksi ϕ boleh ditingkatkan secara linear menjadi 0.80 untuk nilai ϕP_{nd} yang berkurang dari **0.10 $f'_c A_g$** ke nol.



Gambar 3.2 Parameter Penampang Kolom

Untuk komponen struktur beton bertulang yang lain, ϕ boleh ditingkatkan secara linear menjadi 0.80 untuk keadaan di mana ϕP_{nd} berkurang dari nilai terkecil antara **0.10 $f'_c A_g$** dan ϕP_b ke nol.

3. Geser dari torsi 0.60.

Jika gaya lintang terfaktor rencana L_{ud} diperoleh dari analisis struktur, maka gaya lintang

nominal rencana bagi penulangan geser adalah $L_{nd} = \frac{L_{ud}}{0.60}$.