

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 URAIAN UMUM

Dalam perkembangan sekarang ini, beton merupakan bahan yang paling banyak dipakai pada pembangunan dalam bidang teknik sipil, baik pada bangunan gedung, jembatan, bendung, maupun konstruksi yang lain.

Dengan bentuk struktur, dimensi, dan jenis peruntukan bangunan yang ada dalam proposal (Perencanaan), ahli struktur melakukan perhitungan struktur. Proses analisis yang dilakukan oleh ahli struktur pada prinsipnya adalah meninjau respons struktur terhadap beban yang bekerja, disamping menentukan gaya-gaya pada elemen-elemen struktur dan memeriksanya terhadap kriteria desain.

1.1.1 Pengertian beton

Dalam pengertian teknik sipil beton merupakan campuran dari bahan semen PC, pasir, krikil/spilit dan air bersih. Semen PC berfungsi sebagai bahan pengikat pasir dan krikil/spilit setelah dicampur dengan air sebagai bahan pencampur. Pasir merupakan agregat halus (*fine aggregate*) yang baik, bebas dari kotoran organik dan bebas lumpur dan bergradasi baik, demikian juga krikil/batu pecah/spilit merupakan agregat kasar (*coarse aggregate*) yang baik bebas dari kotoran organik dan lumpur serta memiliki keausan (*abration*) < 50 %.

Suatu agregat dikatakan bergradasi baik ditentukan dengan cara analisa saringan, dimana sampel agregat harus melalui satu set saringan. Ukuran saringan menyatakan ukuran bukaan jaringan kawat dan nomor saringan menyatakan banyaknya bukaan jaringan kawat per inchi persegi dari saringan tersebut.

Suatu beton dikatakan beton bertulang adalah gabungan antara beton dengan besi tulangan yang dirakit sesuai dengan bentuknya seperti berbentuk kolom, balok, plat lantai dan lain-lain. Beton tanpa tulangan disebut beton tak bertulang dan beton dengan tulangan yang dirakit disebut beton bertulang (*concrete reinforcement*). Bahan campuran beton dicampur berdasarkan rancangan campuran bahan di Laboratorium Beton yang sering disebut "*Mix Design Concrete*" yang dirancang setelah mutu bahan pembentuk diperiksa dan memenuhi persyaratan mutu, yang dipersyaratkan dalam spesifikasi teknik.

Salah satu cara untuk mengendalikan Mutu Beton adalah dengan menguji sampel atau benda uji. Ada dua tipe pengujian, yaitu *Steady Loading* yang dilakukan dengan mengontrol pembebanan dan *Controlled Stain rate* dengan mengontrol regangan.

Hasil mix design concrete merupakan hasil perhitungan perbandingan campuran bahan beton sebagai dasar mencari perbandingan mutu bahan beton, perbandingan mutu bahan beton hasil mix design concrete adalah sebagai dasar membuat beberapa benda uji dengan perbandingan mutu bahan yang diatur tidak jauh dari hasil perhitungan mix design concrete, pengujian ini disebut “ *Trial Mix Design Concrete* ”. Dari hasil uji hancur benda silinder beton berdiameter 15 cm, tinggi 30 cm, dan atau kubus 15 cm x 15 cm x 15 cm, jika diperoleh hasil maximum yang ditetapkan sebagai perbandingan bahan yang dilaksanakan di lapangan. Contoh perbandingan bahan pencampuran bahan beton untuk mendapatkan mutu beton adalah 1 : 2 : 3 : 0,6, artinya :

- 1 adalah semen PC
- 2 adalah pasir/agregat halus
- 3 adalah krikil/spilit/agregat kasar
- 0,6 adalah air bersih

Secara umum produk hasil mix design concrete yang dikeluarkan laboratorium beton dalam bentuk hasil uji bahan dan mutu beton/certificate mix design adalah dalam bentuk kering permukaan (*surface Saturated Dry/SSD*). Bahan dalam kondisi SSD sangat sulit diterapkan dilapangan karena sangat jarang pada personil kontraktor yang berprofesi teknisi laboratorium yang berpengalaman yang mengerti dan mampu menghitung pengaruh kadar air (*Moisture/Water Content*) yang dimiliki bahan yang akan digunakan dilapangan ke hasil mix design yang diterbitkan laboratorium beton.

Salah satu percobaan yang dilakukan untuk mengetahui mutu/kualitas beton, yaitu dilakukan percobaan benda uji berupa silinder beton berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm dan atau kubus beton 15 cm x 15 cm x 15 cm ditekan dengan

beban P, maka terjadi tegangan tekan pada beton (c) sebesar beban (P) dibagi dengan luas penampang beton (A), sehingga dirumuskan :

$$c = P/A \quad \dots\dots\dots 1$$

dengan :

- c = Tegangan tekan beton, Mpa.
- P = Besar beban tekan, N.
- A = Luas penampang beton, mm²

Beban P tersebut juga mengakibatkan bentuk fisik silinder beton berubah menjadi pendek, sehingga timbul regangan tekan pada beton (c') sebesar perpendekan beton (L) dibagi dengan tinggi awal silinder beton (L_0), ditulis dengan rumus :

$$c' = L/L_0 \quad \dots\dots\dots 2$$

Dengan :

- c' = Regangan tekan beton
- L = Perpendekan Beton, mm.
- L_0 = Tinggi awal silinder beton, mm.

1.1.2 Aplikasi Beton

Pada Program Study Teknik Sipil mahasiswa/i akan diarahkan ke perencana pelaksanaan, pengawasan/supervisi (pengawas pelaksanaan). beton dibuat dengan cara mencampur semen *portland* dengan air, ditambah pasir dan kerikil, kemudian diaduk hingga merata. Adukan yang dibuat ini disebut adukan beton. Jika adukan ini dibiarkan, lama-kelamaan akan menjadi keras dan padat.

Beton merupakan bagian utama dalam perencanaan konstruksi bangunan gedung. Baik dalam perencanaan podasi, kolom, balok dan plat lantai beton sangat diperlukan. Dalam pengaplikasian dilapangan beton dibuat dengan tulangan besi maupun tanpa tulangan besi. tergantung dengan perencanaan suatu proyek yang dikerjakan.

Suatu konstruksi bangunan gedung dikatakan kuat/kokoh tergantung dari hasil pembuatan campuran adukan beton yang dikerjakan dilapangan. Apabila

pengadukan campuran beton kurang bagus, maka akan terjadi kerusakan/kegagalan konstruksi pada bangunan gedung. Kerusakan/kegagalan yang akan dialami konstruksi bisa terjadi sebelum bangunan berdiri maupun sesudah bangunan itu berdiri.

Kegagalan/kerusakan konstruksi pada saat bangunan belum berdiri akan mengalami pembangunan ulang dengan merencanakan pemakaian agregat dan material yang lebih baik. Tetapi apabila kegagalan/kerusakan terjadi pada saat konstruksi bangunan telah berdiri maka akan dilakukan perbaikan dengan melakukan perkuatan pada bagian-bagian yang mengalami kegagalan/kerusakan, dengan cara penambahan dimensi, dan ataupun penambahan tulangan yang sudah diperhitungkan perencanaannya kembali.

Untuk merencanakan suatu Konstruksi bangunan dan dikatakan pondasi sudah direncanakan dengan baik, kemudian dilakukan perencanaan kolom dengan baik juga karena fungsi kolom adalah meneruskan beban dari sistem lantai ke pondasi.

Perencanaan suatu kolom pada suatu konstruksi bangunan terutama didasarkan pada kekuatan dan kekakuan penampang lintangnya terhadap aksi beban aksial dan momen lentur. Kekuatan dalam kombinasi beban aksial dan lentur ini harus memenuhi keserasian tegangan dan regangan. Kekuatan rencana suatu kolom beton bertulang dapat diperoleh dengan mengalihkan kekuatan nominal dengan faktor reduksi ϕ . Nilai ϕ sebagai mana disarankan dalam SNI-91 Pasal 3.2.3 adalah sebesar 0,70 untuk kolom dengan sengkang spiral dan 0,65 untuk sengkang segi empat. Nilai factor reduksi ini dapat ditingkatkan bila beban aksial yang bekerja relatif kecil.

Regangan maksimum pada serat tekan terluar beton selalu diambil sebesar 0,003. Ini berbeda dengan PBI-71 yang mengambil batasan sebesar 0,0035. Penggunaan hubungan tegangan-regangan yang berbeda untuk beton dapat menghasilkan sedikit perbedaan dalam nilai kekuatan penampang. selain itu, selalu diasumsikan bahwa kekuatan tarik beton diabaikan dalam perhitungan.

Dalam PBI-71 terdapat batasan tentang eksentrisitas minimum guna memperhitungkan ketidaktepatan sumbu kolom atau tidak sentrik gaya aksial yang bekerja. Penyebabnya, dalam praktek, beban luar aksial yang benar-benar

konsentris terhadap kolom bisa dikatakan tidak ada. Ketentuan ini tidak ada dalam SNI-91, tetapi ditetapkan bahwa kekuatan penampang kolom yang terkena beban aksial dalam kondisi tekan-murni (*pure compression*) harus diambil sebesar 0,85 atau 0,80% dari kekuatan beban aksial murni P_o .

$$P_n \text{ maks} = 0,85P_o \text{ untuk kolom berspiral,}$$

dan

$$P_n \text{ maks} = 0,80P_o \text{ untuk kolom bersengkang.}$$

Nilai persentase kekuatan tekan pada rasio eksentrisitas e/h sebesar 0,05 dan 0,10 yang ditetapkan dalam PBI-71, dengan e adalah besar eksentrisitas beban, dan h adalah tinggi penampang kolom.

1.2 LATAR BELAKANG

Melihat keterkaitan ilmu teknik yang telah dijelaskan diatas, saya sebagai penulis tertarik mendalami dan membahas tentang kolom dan fungsinya, sehingga saya dapat mendalami apa yang saya dapat dari perkuliahan dari dosen-dosen Fakultas Teknik Program Study Teknik sipil. Sehubungan dengan hal itu maka saya memilih judul “PERKUTAN STRUKTUR KOLOM PADA PENGEMBANGAN RUMAH SAKIT MAHINDRUS JALAN RAKYAT-MEDAN”.

Untuk kolom dibedakan menjadi kolom beton dan kolom baja. Untuk kolom beton dilakukan perbaikan dengan cara pembesaran dimensi kolom dan menambah besi tulangan. Selimut beton kolom eksisting dibobok sampai ketemu tulangan eksisting. Lalu ditambahkan tulangan baru. Selanjutnya cor dengan bahan grouting bukan dengan beton biasa. Untuk tulanga baru harus menerus keatas menembus plat lantai eksisting.

Sedangkan kolom baja dapat diperkuat dengan cara membuat kolom komposit beton. Yaitu kolom baja tadi ditambahkan besi tulangan dan dicor beton sehingga menjadi satu kesatuan antara beton dan baja.

1.3 MAKSUD DAN TUJUAN

Adapun maksud dari penulisan tugas akhir ini yaitu:

- ❖ Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar S1 pada Program Studi Teknik Sipil Nommensen Medan.

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah:

Tujuan tugas akhir ini untuk mengetahui pengaruh penggunaan penambahan tulangan untuk perkuatan kolom metode jacking akibat beban sentrik serta besarnya peningkatan kuat tekan dengan penambahan dimensi lapis tulangan beton. dan untuk menjelaskan sedikit apa yang saya pelajari dari salah satu berbagai macam uraian ilmu Teknik Sipil yaitu mengenai ilmu kolom.

1.4. METODE PENULISAN

Penulisan Tugas Akhir ini secara umum ada tiga jenis yaitu Studi Literatur, Studi Lab. dan Studi Kasus. dalam hal ini saya mengambil metode penulisannya Studi Kasus yaitu permasalahan yang ada di Rumah Sakit Mahindrus yang bangunannya dinaikkan menjadi 4 lantai dari sebelumnya 2 lantai, sehingga saya mengambil kasus ini sebagai Tugas Akhir.

1.5. PEMBATAAN MASALAH

Karena permasalahan dalam Tugas Akhir saya ini cukup banyak, maka saya membatasi masalah dalam Tugas Akhir ini. Adapun permasalahan yang akan dikontrol, saya batasi hanya mengontrol daya dukung akibat pembesaran dimensi dari keadaan sebelumnya kemudian menjelaskan hasil yang diperoleh dari perhitungan/kontrol konstruksi bangunan diatas. Untuk menghitung besar daya dukung akibat pembesaran dimensi dan sebelum pembesaran dimensi pada kolom konstruksi bangunan. kemudian menjelaskan hasil data analisa dan data lapangan yang saya peroleh dari hasil penelitian saya selama melakukan Tugas Akhir ini.

1.6. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan ini bertujuan untuk memberikan gambaran secara garis besar isi setiap bab yang di bahas pada tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan dari tugas akhir ini.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas uraian dasar-dasar teori yang mendukung analisis permasalahan yang akan dilakukan.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan memuat apa dan bagaimana metode yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan membahas hasil penelitian dan analisa struktur pada proyek konstruksi yang dimaksudkan.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini, dan saran-saran yang diharapkan dapat dijadikan perbaikan penelitian selanjutnya.

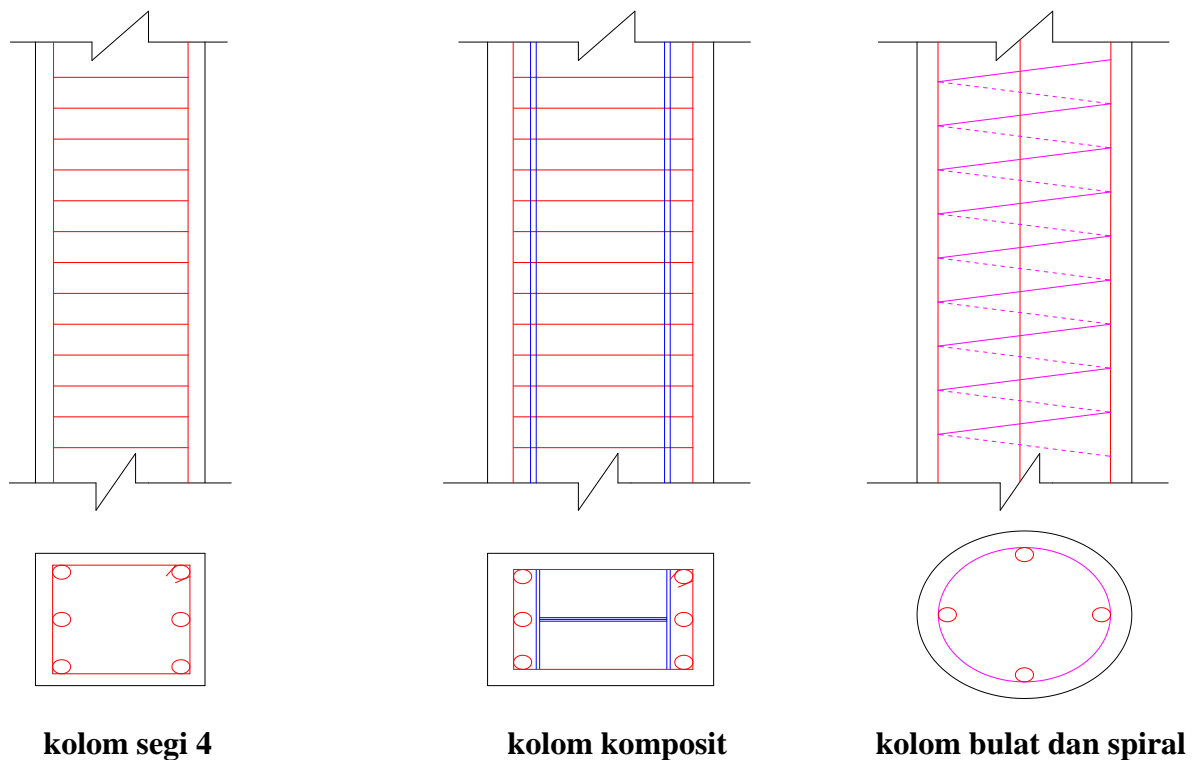
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. PENJELASAN UMUM

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (total collapse) seluruh struktur.

SK SNI T-15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah komponen struktur bangunan yang tugas utamanya menyangga beban aksial tekan vertikal dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil.

2.1.1 JENIS KOLOM BERDASARKAN BENTUK DAN SUSUNAN TULANGAN

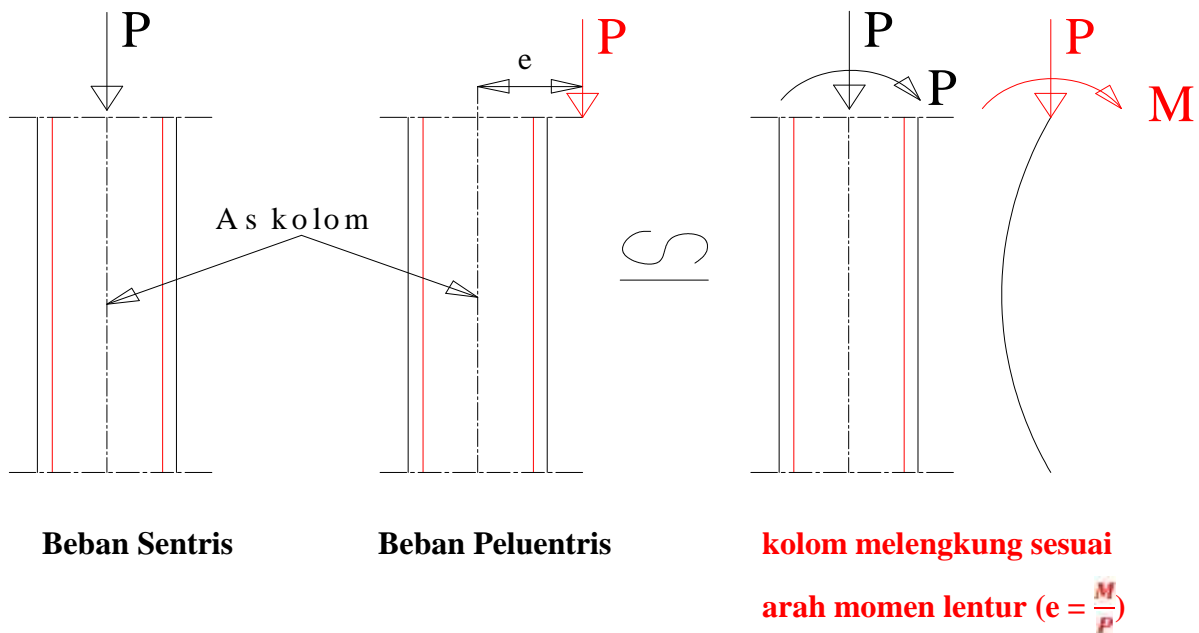


Gambar 2.1.1 Jenis-jenis kolom dengan susunan tulangan

Kolom segi 4 dan sengkang adalah yang paling umum dilakukan dan mudah dikerjakan dilapangan dan relatif lebih murah. Sedangkan kolom komposit terdiri atas beton dan profil baja struktural yang berada dalam beton, pembuatannya lebih sulit

dibanding kolom persegi 4 dan lebih mahal pada biaya pembuatannya. kemudian kolom bulat dan spiral, dalam pekerjaannya lebih sulit karena untuk membentuk spiralnya dilakukan harus sama besar dari awal hingga sampai keujungnya, dan memerlukan cetakan khusus.

2.1.2 JENIS KOLOM BERDASARKAN LETAK/POSISI BEBAN AKSIAL



Gambar 2.1.2 Posisi Beban Aksial

Kolom dengan beban eksentris (e) dibedakan menjadi 4 macam, yaitu:

- a) e kecil ($e \downarrow \downarrow \downarrow$) → Kondisi beton tekan menentukan atau disebut kolom kondisi patah tekan.
- b) e sedang → Kegagalan tulangan leleh bersamaan dengan hancurnya beton, disebut kondisi seimbang.
- c) e besar → Kolom dengan kondisi tulangan tarik menentukan atau kondisi patah tarik.
- d) e Sangat besar ($\uparrow \uparrow \uparrow$) → Beban aksial P dapat diabaikan (P relatif kecil terhadap M), pada kondisi ini seolah olah kolom hanya menahan momen lentur M saja, sehingga dapat dihitung seperti balok biasa.

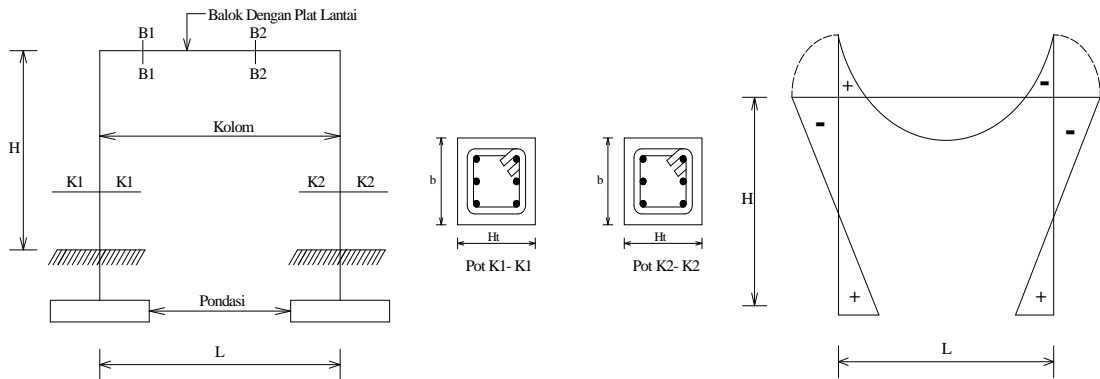
2.1.3 JENIS KOLOM BERDASARKAN PANJANG KOLOM

- Kolom panjang disebut juga kolom langsing atau kolom kurus terjadi kegagalan / keruntuhan kolom akibat kehilangan stabilisasi lateral karena bahaya tekuk

- kolom pendek atau kolom gemuk kegagalan/keruntuhan disebabkan oleh kegagalan material (lelehnya baja tulangan dan atau hancurnya beton)

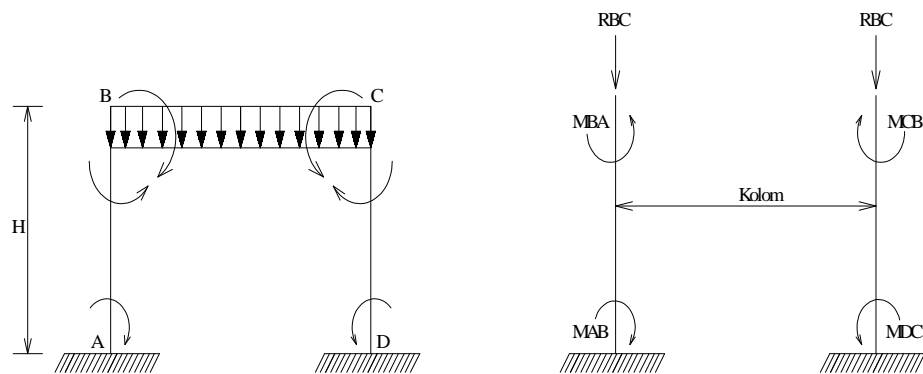
2.2 KOLOM STRUKTUR BERDASARKAN SNI 03-2847-2002 DENGAN CARA ANALITIS

Perhatikan gambar konstruksi portal seperti gambar 2.2.1 dan 2.2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2.1

Konstruksi Portal, Detail dan Momen Kolom



Gambar 2.2.2

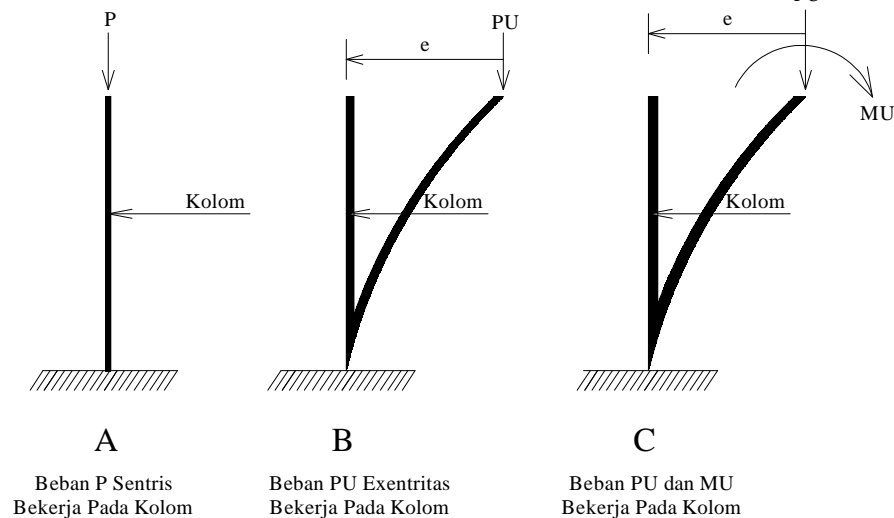
Konstruksi Portal Beban merata dan Distribusi Beban

Fungsi kolom :

Kolom (*Column*) berfungsi menerima semua beban kerja baik beban mati (*Dead Load*) maupun beban hidup (*Live Load*) baik dari plat lantai maupun dan meneruskannya ke kolom pondasi dan ke tapak pondasi. Pondasi yang dimaksud dapat berupa pondasi dangkal (*Shallow Foundation*) maupun pondasi dalam (*Deep Foundation*) seperti tiang pancang (*Driven Pile*), tiang tekan (*Jack Pile*), tiang bor (*Bored Pile*) dan lain-lain, perhatikan gambar 2.2.1 dan 2.2.2 diatas.

Beban kerja pada kolom

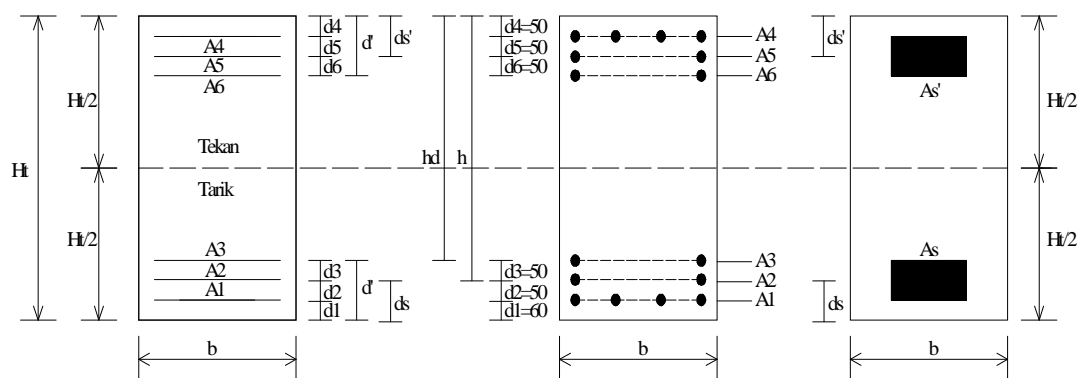
Perhatikan gambar 2.2.1 dan 2.2.2 diatas bahwa beban kerja pada kolom dapat berupa gaya aksial dari balok dan momen dan juga berat sendiri kolom. Jika diperhatikan uraian diatas, berarti kolom merupakan struktur yang paling penting diluar pondasi yang harus dirancang atau direncanakan dengan baik dengan posisi seperti gambar.



Gambar 2.2.3
Exentrisitas Pada Kolom

Kolom yang memikul beban akan menimbulkan exentrisitas (e) dimana $e = Mu/Pu$ sehingga untuk perencanaan kolom harga exentrisitas memegang peranan penting.

Dan untuk mempelajari perencanaan tulangan kolom sedikit agak rumit dibandingkan keperencanaan balok persegi atau balok - T . Sebelum keperencanaan detail kolom pelajari dengan seksama gambar 2.2.1 – 2.2.4 dan juga 2.3.1 dan 2.4.1.



Gambar 2.2.4

Penampang Kolom dan Penjelasan Penulangan

Penjelasan :

$A1 = 4\emptyset 16$	$A4 = 4\emptyset 16$	$As = A1 + A2 + A3, mm^2$
$A2 = 2\emptyset 16$	$A5 = 2\emptyset 16$	$As' = A4 + A5 + A6, mm^2$
$A3 = 2\emptyset 16$	$A6 = 2\emptyset 16$	Dalam hal ini $As = As'$

$$e = M_u / P_u, \text{mm}$$

$$d = d_1 + d_2 + d_3 = 50 + 50 + 50 = 150 \text{ mm}$$

$$d_s = d_1 + d_2 = 50 + 50 = 100 \text{ mm}$$

$$d' = d_4 + d_5 + d = 50 + 50 + 50 = 150 \text{ mm}$$

$$d_s' = d_4 + d_5 = 50 + 50 = 100 \text{ mm}$$

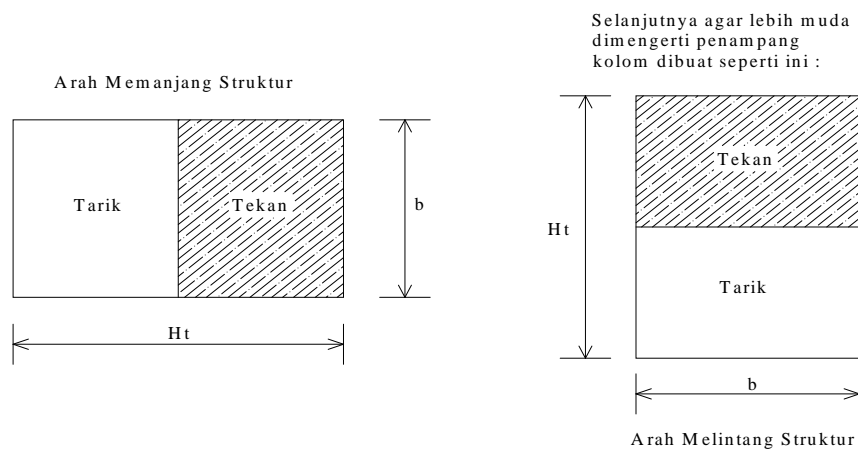
$$h = h_t - d_s$$

$$h_d = h_t - d$$

Dimensi kolom

Pada perencanaan dimensi kolom $b \times h_t$ dibuat seperti berikut.

- 1). Arah lebar kolom (b) dibuat arah melintang struktur
- 2). Arah tinggi kolom (h_t) dibuat arah memanjang struktur



Gambar 2.2.5
Bagian Tertekan dan Tertarik Pada Kolom

2.3. PRINSIP DASAR PERENCANAAN KOLOM BETON BERTULANG MENURUT SNI 03 – 2847 – 2002.

Adapun prinsip dasar perencanaan kolom beton bertulang menurut SNI 03 2847 – 2002 adalah :

- 1). Direncanakan semua tulangan, baik tulangan tarik (A_s) maupun tulangan tekan (A_s') harus dalam kondisi leleh/meleleh barulah dinyatakan bahwa hasil perencanaan memenuhi persyaratan.
- 2). Untuk mendapatkan kondisi tulangan “**Sudah Dalam Kondisi Meleleh**“, maka dalam perhitungan perlu diperhatikan persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi agar tulangan tarik/tulangan tekan dinyatakan “**Sudah Dalam Kondisis Leleh**“.

3). Nilai tegangan blok tegangan diambil $0,85 \cdot f_c'$ dan tinggi blok tegangan (a) tergantung nilai mutu beton K atau f_c' .

(1). Untuk mutu $\leq K 300$ atau $\leq f_c' = 30$ Mpa

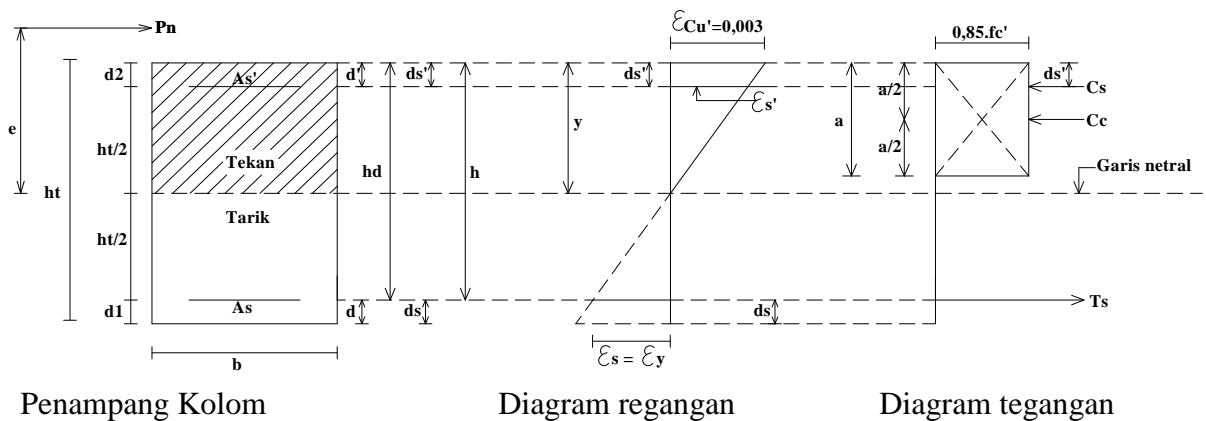
$$\text{Nilai } \alpha = 0,85$$

(2). Untuk mutu $> K300$ atau $> f_c' = 30$ Mpa

$$\text{Nilai } \alpha = 0,85 - 0,05 \left(\frac{f_c' - 30}{7} \right) \text{ dan nilai } \alpha \geq 0,65$$

$$\text{Tinggi blok tegangan (a)} \rightarrow a = \alpha \cdot y$$

y = letak garis netral, mm



Gambar 2.3.1
Penampang Kolom dan Diagram Regangan dan Tegangan

Tetapkan jumlah lapisan tulangan tarik dan tekan untuk menentukan harga d_s, d_s', d dan d'

$d_s = d$, untuk 1 lapis

$d_s' = d'$, untuk 1 lapis

$d_s = d + d_1/2$, untuk 2 lapis

$d_s' = d' + d_s/2$ untuk 2 lapis

$d_s = d + \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right)$, untuk 3 lapis

Harga exentrisintas (e) = $\frac{M_u}{P_u}$, mm

letak exentrisitas dihitung dari αs penampang ($ht/2$) bukan dari garis netral (hati-hati), perhatikan gambar diatas.

4). Gaya-gaya dalam yang bekerja/gaya nominal yang bekerja

$$H = 0$$

$$P_n + T_s - C_s - C_c = 0$$

$$P_n = C_c + C_s - T_s$$

Dimana :

P_n = Gaya aksial nominal, N dihitung dari A_s penampang $ht/2$ bukan dari $h/2$

→ lihat gambar 2.4.1

T_s = Gaya tarik tulangan bawah

$$T_s = A_s \cdot f_s, \quad N$$

C_c = Gaya tekan beton atas

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b, \quad N \quad (\text{Luas tulangan} \times \text{tegangan})$$

$C_s = A_s' (f_s' - 0,85 \cdot f_c')$, N, jika luas beton tertekan diperhitungkan.

$C_s = A_s' \cdot f_s'$, N jika luas beton tertekan diabaikan dan harga ini umum digunakan dan selanjutnya ini yang digunakan.

5). Selanjutnya dalam perhitungan kolom $A_s = A_1$ dan $A_s' = A_2$

A_1 = Tulangan tarik

A_2 = Tulangan tekan

6). Khusus kolom, tinggi blok tegangan (a) digunakan untuk menentukan cara perhitungan.

$$a_c = \frac{P_u}{\phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot b}, \quad \text{mm} \quad a_b = \frac{600 \cdot \beta_1 \cdot h}{600 + f_y}, \quad \text{mm}$$

(a) Apabila $a_c > a_b$

Kondisi seperti ini dinyatakan bahwa kondisi beton tekan menentukan dimana hal ini terdiri 3 sub kondisi.

(b) Apabila $a_c < a_b$

Kondisi seperti ini dinyatakan bahwa kondisi tulangan tarik yang menentukan, dimana kondisi ini dibagi 3 sub kondisi.

7). Rumus Interpolasi Linear

Rumus interpolasi linear digunakan untuk mencari harga a

a_1 b_1

a_2 b_2

a_3 b_3

$$a_2 = a_1 - \frac{b_1 (a_3 - a_1)}{b_3 - b_1}$$

Untuk menyelesaikan persamaan

$$a^3 - R_4 \cdot a^2 + R_5 \cdot a - R_6 = 0 \quad \text{atau}$$

$$a^3 - R_1 \cdot a^2 + R_2 \cdot a - R_3 = 0$$

$$A_1 = A_2 = \frac{a \cdot \left(\frac{P_u}{\phi} - 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \right)}{600 + f_y \cdot a - 600 \cdot \beta_1 \cdot h}$$

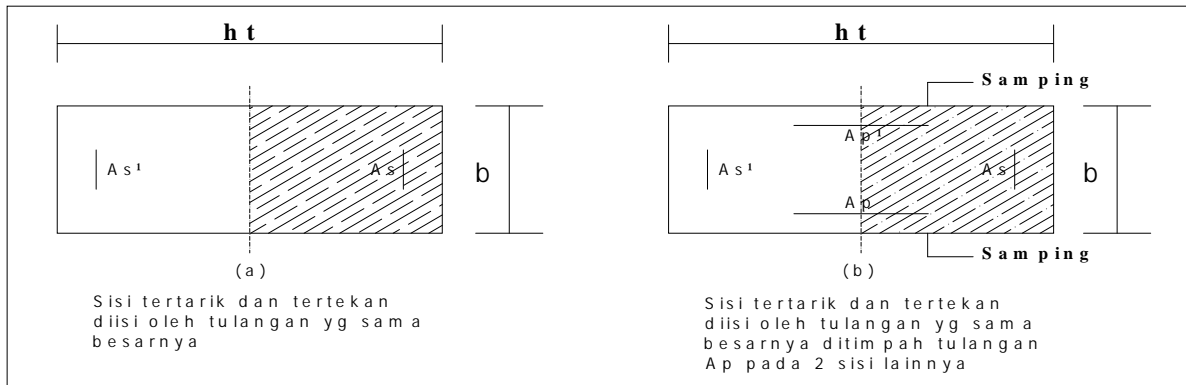
$A1 = \text{Luas tulangan tarik } A_s$
 $A2 = \text{Luas tulangan tekan } A_s'$
 $A_{st} = A1 + A2 \longrightarrow A_{st} = A_s + A_s'$
 Rencanakan tulangan tarik, disebut A_{sr}
 Rencanakan tulangan tekan, disebut $A_{s'r}$
 $A_{str} = A_{sr} + A_{s'r}$
 Kontrol rasio tulangan ()
 $= 100 \cdot A_{str} / b \times h_t > 1 \%$

2.4. PERENCANAAN TULANGAN KOLOM DENGAN CARA ANALITIS

Tentang harus diakui bahwa pekerjaan perencanaan struktur beton dengan cara SNI 03-2847-2002 agak rumit, karena banyak persyaratan dan kondisi yang ditinjau. Prinsip-prinsip dasar seperti definisi garis netral, tinggi blok beton serta gaya-gaya dalam (*Nominal*) dan momen-momen rencana dan momen – momen nominal adalah sama dengan cara analitis balok persegi dan balok “ T “. Kondisi perencanaan kolom ada beberapa situasi yang perlu diperhatikan saat melakukan perhitungan, yaitu seperti berikut.

- 1). Penampang kolom dalam kondisi seimbang
- 2). Penampang kolom pada kondisi tulangan tarik (A_s) dan tulangan tekan (A_s') semuanya tidak leleh.
- 3). Penampang kolom pada kondisi beton tekan menentukan $a_c > a_b$
- 4). Penampang kolom pada kondisi tulangan tarik menentukan $a_c < a_b$.

Untuk mengetahui kondisi-kondisi diatas, maka perlu diperhatikan dengan seksama persyaratan – persyaratan yang harus dipenuhi, namun seperti yang dilihat dilapangan tulangan kolom pada titik tertekan dan sisi tertarik pada umumnya dibuat sama, malahan ada yang membuat tulangan pada 2 sisi lainnya jangan dibuat sama.

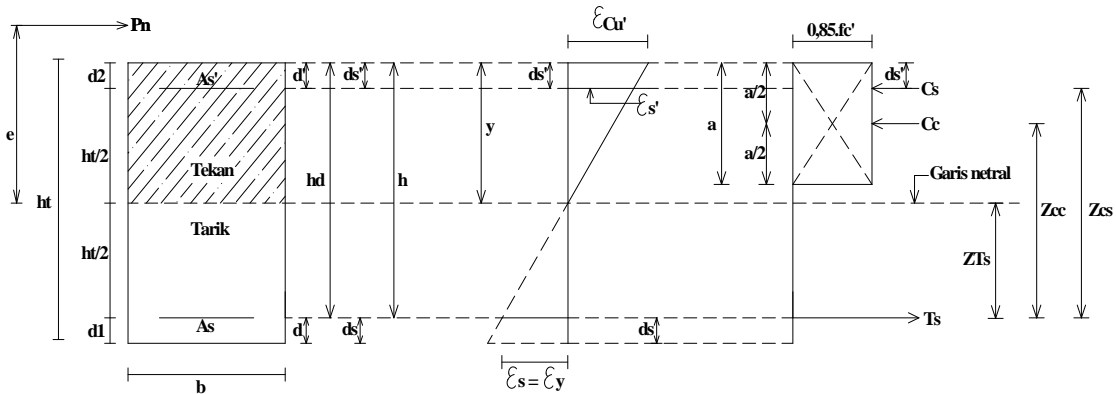


Gambar 2.4.1

Bentuk posisi penempatan tulangan kolom

Selanjutnya posisi penggambaran kolom dibuat seperti balok seperti.

1). Kondisi penampang kolom pada kondisi seimbang



Note : gambar 2.4.1 diputar searah putaran jarum jam.

Gambar 2.4.2

Penampang Kolom, Regangan dan Tegangan.

Disebut seimbang, maka tulangan tarik sudah leleh ($\epsilon_s = \epsilon_y$) bersamaan dengan tegangan beton tekan mencapai batas titik dengan $\epsilon_c' = \epsilon_{cu}' = 0,003$ atau 3 %.

$$h = ht - ds \longrightarrow ds = d \quad ds' = d' \longrightarrow \text{tulangan 1 lapis}$$

Analisa diagram tegangan pada kolom, perbandingan segitiga diperoleh garis netral

$$(y_b). \frac{yb}{\epsilon_{cu}'} = \frac{h}{\epsilon_{cu}' + \epsilon_s} \quad h = ht - ds$$

- Tulangan tarik 2 lapis $ds = d1 + d2/2$
- Tulangan tarik 3 lapis $ds = d1 + (d2 + d3)/2$ atau $ds = d1 + d2$
- Tulangan tekan 2 lapis $ds' = d3 + d4/2$

Dalam kondisi seimbang batas (balance) :

$$\epsilon_s = \epsilon_y = f_y / s \longrightarrow s = 200.000 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_{cu}' = 0,003$$

$$y_b = \frac{\epsilon_{cu} \times h}{\epsilon_{cu} + \epsilon_s}$$

$$y_b = \frac{0,003 \times h}{0,003 + f_y/200.000} \times \frac{200.000}{200.000}$$

$$y_b = \frac{600 h}{600 + f_y}, \text{ mm}$$

h dalam mm, f_y dalam Mpa.

$$a_b = \frac{600 \cdot \beta_1 \cdot h}{600 + f_y}, \text{ mm}, \quad a_c = \frac{P_u}{\phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot b}, \text{ m}^3$$

Gaya – gaya nominal/gaya-gaya dalam serta lengan momen ke sumber $ht/2$.

1). Gaya tulangan tarik (T_s)

$$T_s = A_s \cdot f_s, \text{ N} \longrightarrow f_s = f_y \text{ dalam Mpa}$$

$$\text{Lengan momen } Z_{ts} = ht/2 - d_s, \text{ mm}$$

2). Gaya beton tertekan (C_c)

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b, \text{ N}, \quad Z_{cc} = ht/2 - a/2$$

3). Gaya tulangan tekan (C_s)

$$C_s = A_s' \cdot f_s', \text{ N} \longrightarrow f_s' = f_y$$

$$\text{Lengan momen } Z_{cs} = ht/2 - d_s'$$

Gaya dalam bersih (P_n)

$$P_n = -T_s + C_c + C_s, \text{ N, perhatikan arah gaya gambar 2.4.2}$$

Momen nominal :

$$M_n = T_s \times Z_{ts} + C_c \times Z_{cc} + C_s \times Z_{cs}, \text{ Nmm}$$

$$\phi = \text{factor reduksi kekuatan kolom}$$

Untuk balok diambil $\phi = 0,8$ baik untuk balok persegi maupun balok ‘ T ‘.

Kolom dengan tulangan sengkang persegi

1). Jika beban P_u ($P_u = \phi P_n$) $\geq P_u \phi$

$$\text{Ambil nilai } \phi = 0,65$$

2). Jika beban P_u ($P_u = \phi P_n$) $< P_u \phi$

$$\text{Ambil nilai } \phi = 0,8 - \frac{0,15 P_u}{P_u \phi}$$

Kolom dengan tulangan sengkang spiral

1). Jika beban P_u ($P_u = \phi P_n$) $\geq P_u \phi$

$$\text{Ambil } \phi = 0,7$$

2). Jika beban P_u ($P_u = \phi P_n$) $< P_u \phi$

$$\text{Ambil nilai } \phi = 0,8 - \frac{0,1 P_u}{P_u \phi}$$

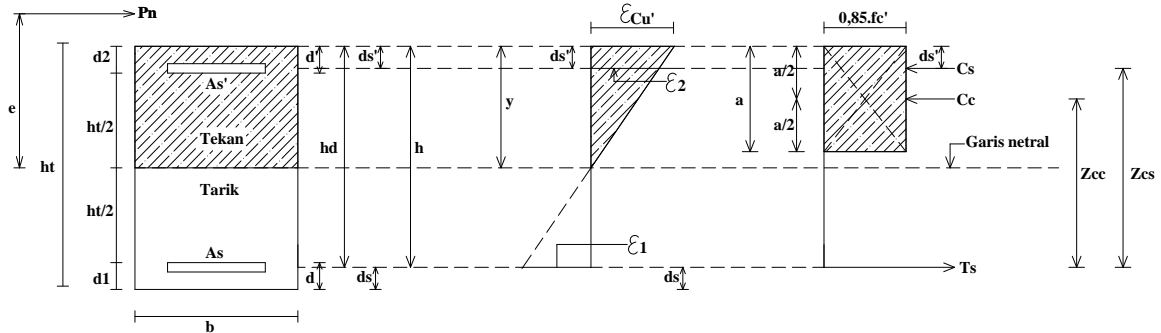
$$P_u = \text{Gaya aksial tekan perlu/gaya aksial tertekan factor}$$

$P_u = 1,2 PD + 1,6 PL, \text{ kN}$

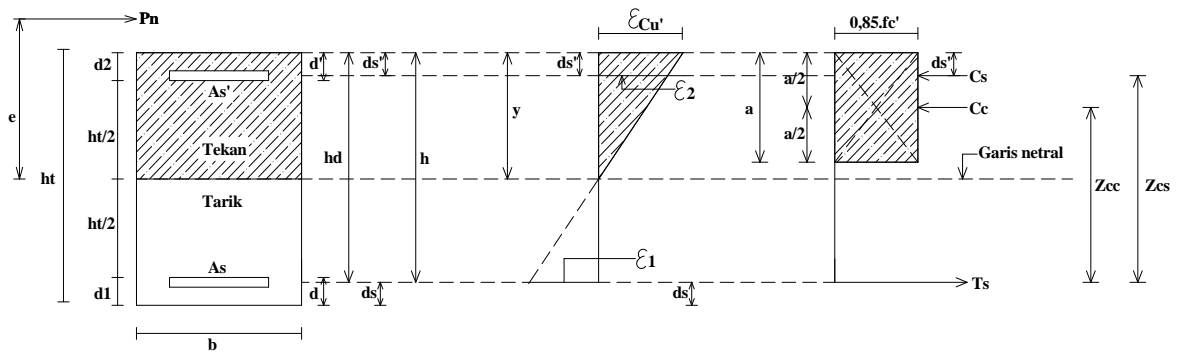
$P_u\phi =$ Gaya aksial tekan berfaktor pada baris nilai ϕ yang sesuai dalam kN

$P_n =$ Gaya aksial nominal pada kondisi tegangan seimbang/balance, dalam kN

$\phi =$ Faktor reduksi kekuatan

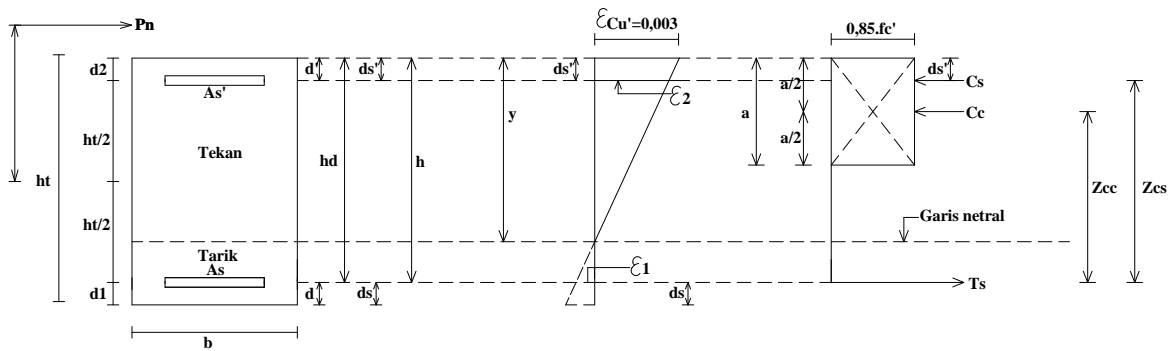


Gambar 2.4.3. Kondisi garis netral diatas $ht/2$ dari top beton tekan, $y < ht/2$



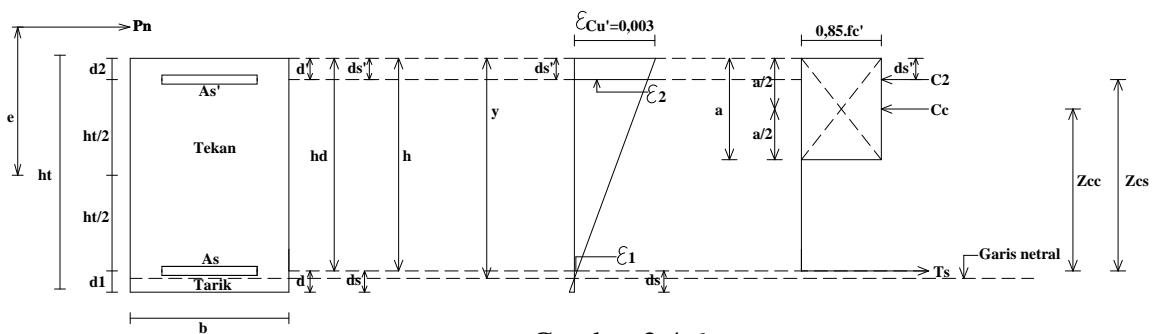
Gambar 2.4.4

Kondisi garis netral dibawah $ht/2$ dari top beton tekan, $y < ht/2$



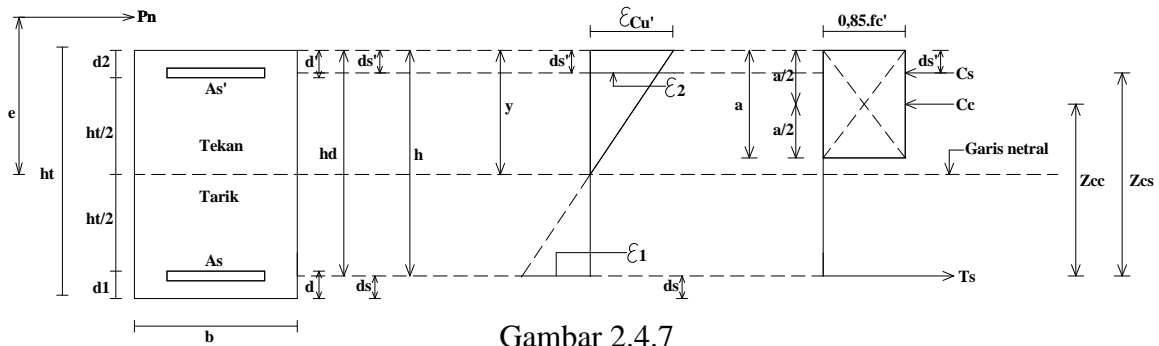
Gambar 2.4.5

Kondisi garis netral mendekati A1 (didas ds) $y > ht/2$



Gambar 2.4.6

Kondisi garis netral di daerah ds ($y > h$)



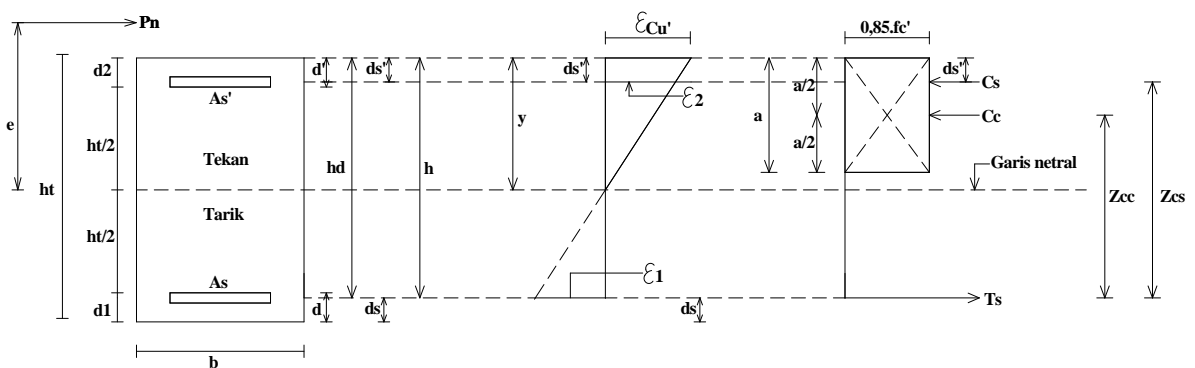
Gambar 2.4.7
Kondisi garis netral di daerah ds^1 ($y=ds^1$)

Kondisi – kondisi diatas harus diperiksa saat perhitungan perencanaan kolom beton dilaksanakan, karena dasar inilah kita menentukan perhitungan lanjutan sehingga kolom dinyatakan aman terhadap hasil perencanaan. Namun dalam perhitungan untuk tulangan tunggal $d1 = d = ds$ dan $d2 = d' = ds'$.

2.5. PENAMPANG KOLOM PADA KONDISI TULANGAN TARIK ($A1 = As$) DAN TULANGAN TEKAN ($A2 = AS1$) SUDAH MELELEH

Tegangan tulangan tarik $A1$ disebut $f_s = f_1$ dan tegangan tulangan tekan disebut $f_s' = f_2$ dan apabila tulangan tarik ($A1$) = tulangan tekan ($A2$) berarti :

- (1). $f_1 = f_2 = f_y$ dalam Mpa
- (2). Gaya tarik tulangan tarik (As) = Gaya tulangan tekan $A2$, Artinya
 $= T_1 = C_2$
- (3). $\epsilon_1 = \epsilon_s$ dan $\epsilon_2 = \epsilon_s'$ dan $\epsilon_1 = \epsilon_2$.



Penampang Kolom

Diagram regangan

Diagram regangan

Gambar 2.5.1

Penampang Kolom Kondisi Tulangan Tarik dan Tekan Sesudah Meleleh

Penampang kolom dan diagram regangan – tegangan y diatas ht/2 dari top

Penyelesaian :

$$A_1 = A_2 \longrightarrow f_1 = f_2' = f_y \text{ (} A_1 \text{ dan } A_2 \text{ sudah meleleh)}$$

$$\text{Gaya tulangan tarik } A_1 \text{ (} T_s \text{)} = \text{Gaya tulangan tekan (} C_s \text{)} \longrightarrow T_s = C_s$$

Pada kolom bekerja beban kolom secara vertical sehingga disebut gaya vertical = 0

$$v = 0$$

$$P_n + T_s - C_c - C_s = 0 \longrightarrow P_n - C_c = 0 \longrightarrow T_s = C_s$$

$$a_c = \frac{P_u}{\phi \cdot 0,85 \cdot f_c \cdot b}, \text{ mm} \qquad a_b = \frac{600 \cdot 1 \cdot h}{600 + f_y}, \text{ mm}$$

Selanjutnya perhatikan persyaratan

- 1). Jika $a_c > a_b$, berarti penampang kolom pada kondisi beton tekan menentukan.
- 2). Jika $a_c < a_b$, berarti penampang kolom pada kondisi tulangan tarik menentukan.

3). Nilai ϕ pada perhitungan kolom bersengkang

$$\left. \begin{aligned} (1). P_u \phi &= \phi P_n \\ P_u \phi &= 0,1 \times f_c' \cdot b \cdot h \end{aligned} \right\} \text{ Dipilih yang terkecil}$$

(2). Jika $P_u \geq P_u \phi$, maka nilai $\phi = 0,65$

(3). Jika $P_u < P_u \phi$, maka nilai ϕ dihitung $\phi = 0,8 - 0,15 \frac{P_u}{P_u \phi}$

2.5.1. Kondisi Beton Tekan Menentukan Dengan Tulangan Tekan Atas Sudah Meleleh.

$$a_c > a_b$$

$$h_d = h \text{ untuk 1 lapis } d = d_s$$

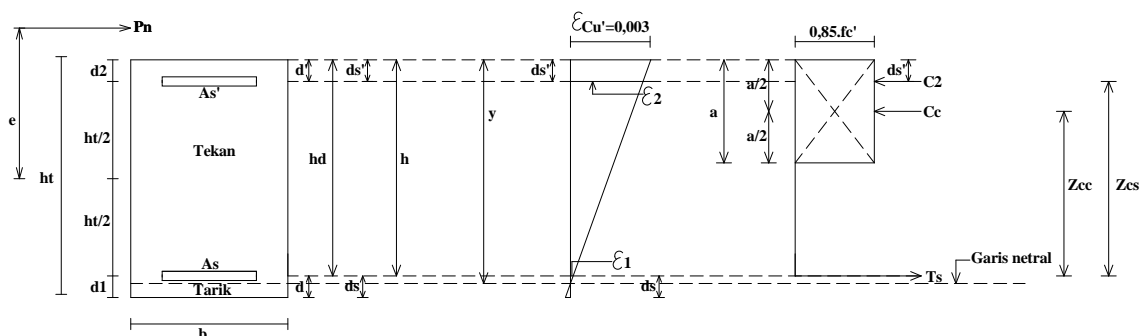
$$h = h_t - d_s, \text{ dimana } d_s = d_1 + 0,5 d_2$$

$$h_d = h_t - d_1 - d_2, \text{ untuk 2 lapis}$$

$$h = h_t - d_s, \text{ dimana } d_s = d_1 + d_2$$

$$h_d = h_t - d_1 - d_2 - d_3, \text{ untuk 3 lapis.}$$

$y > h_d$ atau y berada di daerah d_s



1). Garis netral y

$$\epsilon_1' / \epsilon_{cu}' = (y - hd) / y$$

$$y = \epsilon_{cu}' \cdot hd / (\epsilon_{cu}' - \epsilon_1')$$

Tulangan tekan A1 sudah leleh, maka :

$$\epsilon_1' = \epsilon_y = f_y / E_s$$

$$\epsilon_{cu}' = 0,003 \quad E_s = 200.000 \text{ Mpa}$$

$$\text{Garis netral } y = \frac{600 \cdot hd}{600 - f_y}, \text{ mm}$$

$$\text{Blok tegangan } ab_1 = \frac{600 \cdot 1 \cdot hd}{600 - f_y}, \text{ mm}$$

$$ac > ab_1$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot A_n$$

$$A_n = A_g - A_{sT}, \text{ mm}^2$$

$$A_g = b \cdot hd, \text{ mm}^2$$

$$T_s = A_1 \cdot f_y$$

$$C_s = A_2 \cdot f_y$$

$$A_{sT} = \text{Luas tulangan kolom total } (A_1 + A_2), \text{ mm}^2$$

$$\epsilon_V = 0$$

$$P_o = C_c - T_s - C_s = 0$$

$$P_o = C_c + T_s + C_s$$

$$\text{Nilai } T_s + C_s = A_1 \cdot f_y + A_2 \cdot f_y = A_{sT} \cdot f_y, \text{ karena } A_{sT} = A_1 + A_2$$

$$P_o = 0,85 \cdot f_c' (A_g - A_{sT}) + A_{sT} \cdot f_y, \text{ N}$$

$$A_1 = A_2 = 0,5 A_{sT}, \text{ mm}^2$$

$$A_{sT} = 2A_1$$

$$P_n \text{ max} = 0,8 P_o$$

$$P_u = \phi P_n \text{ max}$$

$$P_u = \phi \cdot 0,8 (0,85 \cdot f_c' (bh - A_{sT}) + A_{sT} \cdot f_y)$$

$$P_u = \phi \cdot 0,8 (0,85 \cdot f_c' (bh - 2A_1) + 2A_1 \cdot f_y)$$

$$A_1 = A_2 = \frac{1,25 \cdot \frac{P_u}{\phi} - 0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot h}{2(f_y - 0,85 \cdot f_c')}, \text{ mm}^2$$

Rencanakan ϕ tulangan, hitung kembali luasan tulangan A_1 dan A_2 .

$$A_s \phi = 0,785 (\phi)^2, \text{ mm}^2$$

$$A_{r1} = A_{r2} = n (A_s \phi), \text{ mm}^2$$

$$A_{sT} = A_1 + A_2, \text{ mm}^2$$

$A_g = b \times h_d$, mm², dihitung kembali kalau estimasi jumlah baris tulangan

→ berubah $A_g = \text{luas gross} = \text{luas bruto}$

$A_n = A_g - A_sT$, mm² → $A_n = \text{luas netto}$

Gaya-gaya dalam berdasarkan tulangan kolom rencana.

$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot A_n$, N

$C_1 = A_1 \cdot f_y$, N → $A_1 = A_2$, mm²

$C_2 = A_2 \cdot f_y$, N

$P_n = - C_c + C_1 + C_2$

$P_r = 0,8 P_n > P_u$ → Ok, selesai

Dalam hal ini kontrol momen tidak perlu ditinjau, karena beban normal (P_r) yang menentukan.

2.5.2. Kondisi Beton Tekan Menentukan Dengan Tulangan Tekan (Atas) Belum

Leleh.

Syarat : $ab_1 > ac > ab_2$

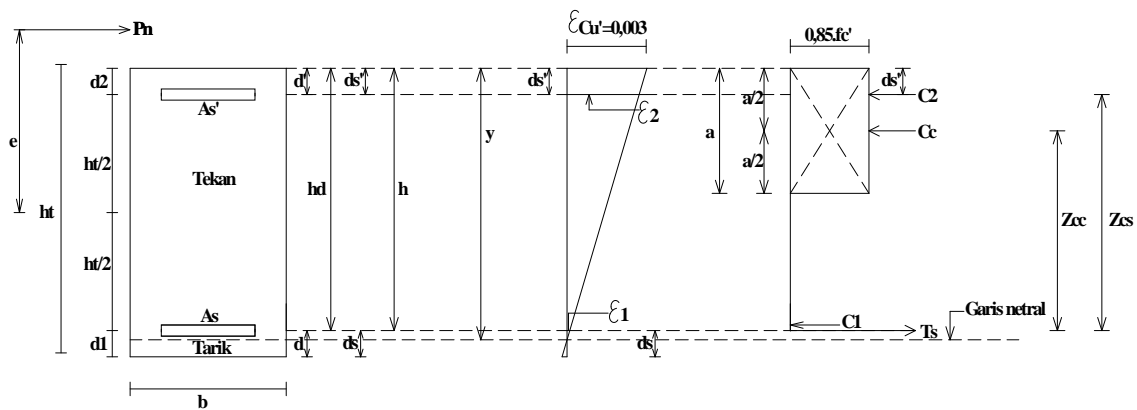
$$ab_1 = \frac{600 \cdot 1 \cdot h}{600 - f_y}$$

$$ab_2 = 1 \cdot h \cdot d$$

$$y = \frac{600 \cdot h}{600 - f_y} \rightarrow y > h$$

$$ac > ab_1$$

$$ac = \frac{P_u}{\phi \cdot 0,85 \cdot f_c' \cdot b}$$



Kondisi beton tekan menentukan

Perbandingan segitiga dari diagram regangan, hati-hati karena $y > h$.

$$\frac{\epsilon_1}{\epsilon_{cu}} = \left(\frac{y-h}{y} \right) \quad a = 1 \cdot y \quad y = \frac{a}{1}$$

$$\epsilon_1' = \left(\frac{y-h}{y} \right) \epsilon_{cu}'$$

$$\epsilon_1' = \left(\frac{a - \beta_1 \cdot d}{a} \right) (\epsilon_{cu}') \quad \beta_1 = 0,85$$

$$f_r' = \epsilon_1' \cdot E_s \rightarrow E_s = 200.000 \text{ Mpa}$$

$$f1' = \frac{600 (a - 1. h)}{a}$$

Nilai tulangan sudah melele

$f2' =$ Perhatikan diagram tegangan, bahwa arah gaya A1 yaitu C1 menjadi ke kiri, disini C1 bukan \rightarrow Ts. Karena C1 dibawah Ts

$$E_v = 0 \longrightarrow \text{hati-hati}$$

$$P_n - C_c - C1 - C2 = 0$$

$$P_n = C_c + C1 + C2$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a_c \cdot b$$

$$C1 = a1 \cdot f1' \longrightarrow \text{belum leleh}$$

$$C2 = A2 \cdot f_y \longrightarrow \text{sudah leleh}$$

$$P_n = P_u \quad \emptyset$$

$$P_n = 0,85 \cdot f_c' \cdot a_c \cdot b + A1 \left(\frac{600 (a - \beta1 \cdot h)}{a} \right) + A2 \cdot f_y$$

$$A1 = A2$$

$$\frac{P_u}{\emptyset} - 0,85 \cdot f_c' \cdot a_c \cdot b = A1 \left(\frac{600 a - \beta1 \cdot h + a - f_y}{a} \right)$$

$$a_c = a$$

$$A1 = A2 = \frac{a \left(\frac{P_u}{\emptyset} - 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \right)}{600 + f_y a - 600 \cdot 1 \cdot h} \quad \text{----- (1)}$$

Tinjauan momen

$$f2' = f_y \longrightarrow f1' = \frac{600 (a - \beta1 \cdot h)}{a}$$

Lengan momen

$$Z_{cc} = ht/2 - a/2$$

$$Z_{c2} = ht/2 - ds \longrightarrow ds = d$$

$$Z_{c1} = ht/2 - ds \longrightarrow Z_{c2} = Z_{c1}$$

Momen nominal (Mn)

$$M_n = P_n \cdot e \longrightarrow \text{momen ke } ht/2$$

Perhatikan arah gaya, statis momen ke ht/2

$$M_n = C_c \cdot Z_{cc} + C2 \cdot Z_{c2} - C1 \cdot Z_{c1}$$

$$M_n = C_c (ht/2 - a/2) + (C2 - C1) (ht/2 - ds)$$

$$P_n \cdot e = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b (ht/2 - a/2) + (A2 \cdot f2' - A1 - f1') (ht/2 - ds)$$

$$A1 = A2 \longrightarrow f2' = f_y \longrightarrow P_n \cdot e = P_u \cdot e \quad \emptyset$$

$$A1 = \frac{a \cdot \left(\frac{P_u \cdot e}{\emptyset} - 0,425 f_c \cdot b \cdot a \cdot \frac{ht - a^2}{2} \right)}{600 \cdot 1 \cdot h - 600 - f_y a \left(\frac{ht}{2} - ds \right)} \longrightarrow \quad (2)$$

Jika persamaan (1) dan (2) disamakan, maka muncul persamaan pangkat tiga untuk harga a dan persamaan harga a diringkus seperti berikut.

$$ap1 = \frac{600 - fy (ht - 2 \cdot ds)}{600 + fy}$$

$$ab = \frac{600 \cdot 1 \cdot h}{600 + fy}$$

$$ac = \frac{Pu}{\emptyset \cdot 0,85 \cdot fc \cdot b}$$

$$R1 = ab + aP1 + h$$

$$R2 = 2 \cdot ab (h - ds) + ac \cdot (ap1 + 2 \cdot e)$$

$$R3 = ab \cdot ac (2e - 2ds + h)$$

Persamaan mencari tinggi blok (a) menjadi persamaan pangkat 3

$$a^3 - R1 a^2 + R2 a - R3 = 0$$

dengan system coba-coba harga a = tinggi blok tegangan akan diperoleh masing-masing harga “a “ ini kepersamaan (2) maka harga luas tulangan rencana diperoleh dan A1 = A2, Selesai.

2.5.3. Kondisi Beton Tekan Menentukan Dengan Tulangan Tarik Belum Leleh

$$ac < ab^2$$

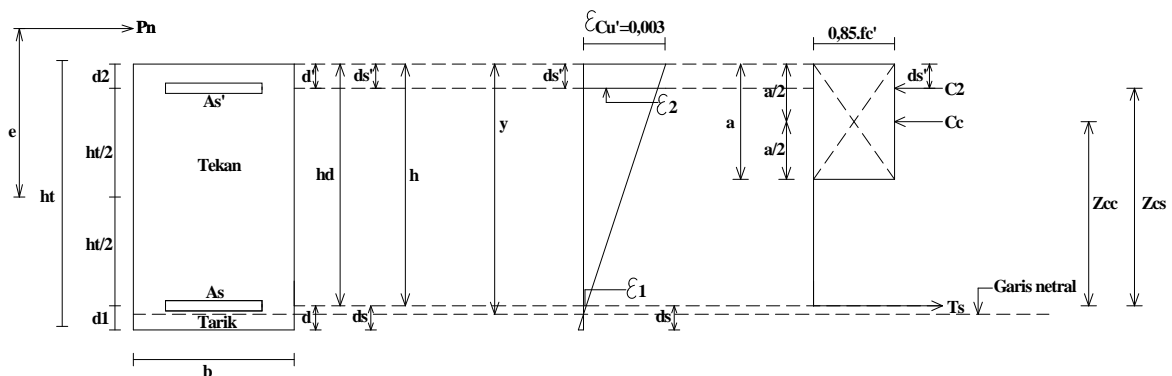
$$ac > ab$$

$$ab^2 > ac > ab$$

$$ac = \frac{Pu}{\emptyset \cdot 0,85 \cdot fc \cdot h}$$

$$ab = \frac{600 \cdot 1 \cdot h}{600 + fy}$$

$$ab^2 = 1 \cdot hd \quad y > ht/2 \quad y < h$$



Dari diagram regangan, yaitu dengan perbandingan segitiga.

$$\frac{(h - y)}{\epsilon_1} = \frac{y}{\epsilon_{cu}}$$

$$\epsilon_1 = (h - y) (\epsilon_{cu}' / y) \longrightarrow a = 1 \cdot y$$

$$\epsilon_1 = \left(\frac{1 \cdot h - a}{a} \right) (\epsilon_{cu}')$$

Dalam hal tulangan tarik (As) belum leleh :

$$f_1 = \epsilon_1 \cdot E_s, \quad y < h$$

$$E_s = 200.000 \text{ Mpa}$$

$$\epsilon_{cu}' = \left(\frac{600(1 \cdot h - a)}{a} \right)$$

$v = 0$, perhatikan arah gaya pada diagram diatas.

$$P_n + T_1 - C_c - C_2 = 0$$

$$P_n = C_c + C_2 - T_1$$

Gaya – gaya dalam

$$C_c = 0,85 f_c' \cdot a \cdot b$$

$$C_2 = A_2 \cdot f_y \longrightarrow \text{tulangan tekan leleh}$$

$$T_1 = A_1 \cdot f_1 \longrightarrow \text{tulangan tarik belum leleh}$$

$$P_n = P_u / \phi$$

$$P_u / \phi = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b + A_2 \cdot f_y - A_1 \cdot \frac{600(1 \cdot h - a)}{\alpha}$$

$$A_1 = A_2$$

$$P_u / \phi = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b + A_1 \left(f_y - \frac{600(1 \cdot h - a)}{a} \right)$$

$$P_u / \phi = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b + A_1 \left(\frac{(f_y \cdot a + 600 \cdot a - 600 \cdot 1 \cdot h)}{\alpha} \right)$$

$$A_1 = A_2 = \frac{a \left(\frac{P_u}{\phi} - 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \right)}{600 + f_y \cdot a - 600 \cdot 1 \cdot h} \quad \text{----- (1)}$$

momen terhadap titik berat $C_c = 0$, Perhatikan gambar

$$\text{lengan momen } P_n, (Z_{Pn}) = e - h/2 + a/2$$

$$C_2, (Z_{C2}) = a/2 - d_s$$

$$C_1, (Z_{C1}) = h - a/2$$

$$P_n (e - h/2 + a/2) - A_1 \cdot f_1 (h - a/2 - A_2 \cdot f_y (a/2 - d_s))$$

$$P_n (e - h/2 - a/2) - A_1 \frac{600(1 \cdot h - a)}{a} (d - a/2) - A_1 \cdot f_y (a/2 - d_s) = 0$$

diperoleh persamaan pangkat 3.

dengan ringkasan seperti berikut :

$$ap^2 = \frac{2 \cdot f_y \cdot d_s + 1200}{600 + f_y}$$

$$ab = \frac{600 \cdot 1 \cdot d}{600 + f_y}$$

$$ac = \frac{Pu}{\phi \cdot 0,85 \cdot f_c \cdot b}$$

$$R4 = ab + ap^2$$

$$R5 = 2 \cdot ab \cdot h + ac \cdot (2e - ht + ap^2)$$

$$R6 = ab \cdot ac (2d + 2e - h)$$

Persamaan blok tegangan (a) menjadi $a^3 - R4 \cdot a^2 + R5 \cdot a - R6 = 0$

Dengan system coba-coba diperoleh harga tinggi blok tegangan (a), kemudian dihitung harga A1 dengan persamaan (1) diatas.

$$A1 = A2 \text{ atau } A1 = A2 = \frac{a \left(\frac{Pu}{\phi} - 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \right)}{600 + f_y \cdot a - 600 \cdot 1 \cdot h}$$

2.6. PENAMPANG KOLOM DENGAN TULANGAN TARIK YANG MENENTUKAN

2.6.1. Kondisi Tulangan Tarik Menentukan Dengan Tulangan Tekan Sudah Meleleh.

$$ac = \frac{Pu}{\phi \cdot 0,85 \cdot f_c \cdot h}$$

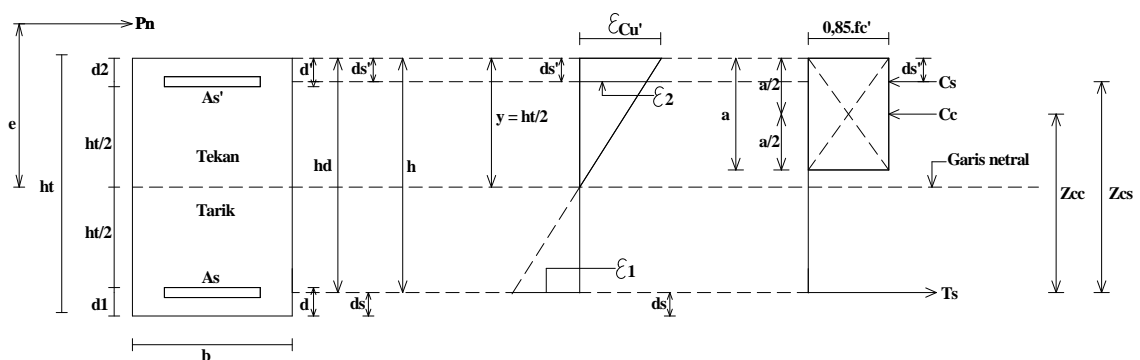
$$ab = \frac{600 \cdot 1 \cdot h}{600 + f_y}$$

$$ac < ab \quad a = 1 \cdot y \longrightarrow y = ht/2$$

Tulangan tarik A1 sudah meleleh.

$$\epsilon_y = f_y/E_s \longrightarrow E_s = 200.000 \text{ Mpa}$$

Dan tulangan tekan (A2) juga sudah meleleh 2'



Penampang Kolom

Diagram Regangan

Diagram Tegangan

Dari diagram regangan dengan perbandingan segitiga.

$$\frac{\epsilon_2}{\epsilon_{cu}} = \frac{y - ds}{y}$$

$$\epsilon_2' = \frac{y - ds}{y} \cdot \epsilon_{cu}', \quad a = 1 \cdot y, \quad \epsilon_{cu}' = 0,003$$

$$\epsilon_2' = \frac{a - 1 \cdot ds}{a} \cdot 0,003 \quad y = \frac{a}{1}$$

$$a = \frac{0,003 \cdot 1 \cdot ds}{0,003 - \epsilon_2'}$$

$$\text{ganti } a = at1 \longrightarrow \epsilon_2' = \epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$$

$$\epsilon_2' = f_y/200.000$$

$$at1 = \frac{600 \cdot 1 \cdot ds}{600 - f_y}$$

Syarat :

$$ab < a < at1$$

Tulangan diperoleh dengan menghitung momen ke titik berat Cc.

lengan momen :

$$P_c \longrightarrow Z_{pe} = e - h/2 + ac$$

$$T_1 \longrightarrow Z_{t1} = h - ac/2$$

$$C_2 \longrightarrow Z_{c2} = ac/2 - ds'$$

$$M = 0$$

$$P_e \cdot Z_{pe} - T_1 \cdot Z_{t1} - C_2 \cdot Z_{c2} = 0$$

dalam hal ini $T_1 = C_2 = A_1 \cdot f_y \longrightarrow$ Sama - sama sudah leleh

$$\text{diperoleh : } A_1 = A_2 = \frac{0,5 P_u (2e - ht + ac)}{\phi (h - ds) f_y}, \text{ mm}^2$$

Rencanakan \emptyset tulangan

$$A_s \emptyset = 0,785 (\emptyset)^2, \text{ mm}$$

$$nt = \frac{A_1}{A_s \emptyset} \longrightarrow \text{ambil genap, selesai.}$$

2.6.2. Kondisi Tulangan Tarik Menentukan Dengan Tulangan Tekan Belum Leleh.

$$ac = \frac{P_u}{\phi \cdot 0,85 \cdot f_c \cdot h}$$

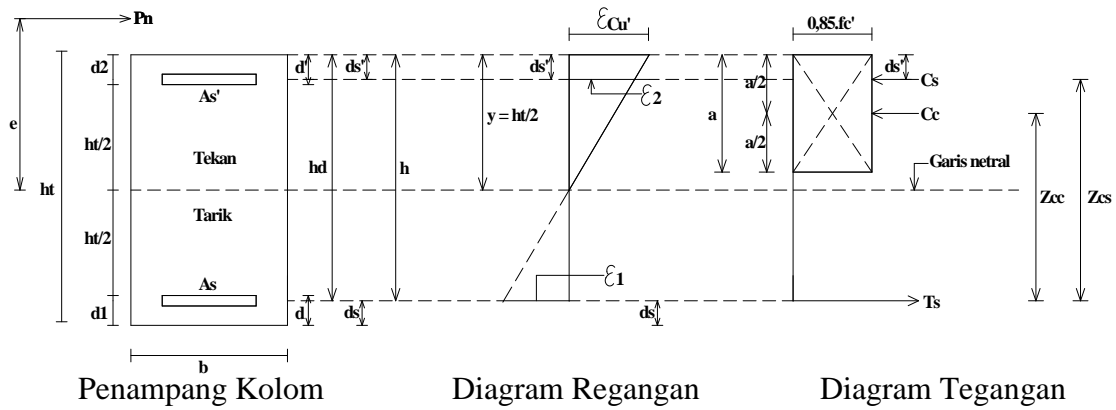
$$ab = \frac{600 \cdot 1 \cdot h}{600 + f_y}$$

$$a_c < a_b$$

$$a_{t1} = \frac{600 \cdot 1 \cdot d_s}{600 - f_y}$$

$$a_c > a_{t1}$$

A2 belum leleh f_2' , f_y



Dari diagram regangan dengan perbandingan segitiga

$$\frac{\epsilon_2}{\epsilon_{cu'}} = \frac{y - d_s}{y}$$

$$\epsilon_2' = \frac{y - d_s}{y} \cdot \epsilon_{cu'} \quad a = 1 \cdot y \rightarrow y = \frac{a}{1}$$

$$\epsilon_2' = \frac{a - 1 \cdot d_s}{a} \cdot 0,003$$

$$f_2' = \epsilon_2' \cdot E_s \rightarrow E_s = 200,000 \text{ Mpa}$$

$$f_2' = \epsilon_2' \cdot 200,000$$

$$f_2' = \frac{a - 1 \cdot d_s}{a} \cdot 0,003 \cdot 200,000$$

$$f_2' = \frac{a - 1 \cdot d_s}{a} \cdot 600$$

gaya-gaya dalam, perhatikan gambar

$$P_n + T_1 - C_c - C_2 = 0$$

$$P_n = C_c + C_2 - T_1$$

$$P_n = P_u / \phi$$

$$C_c = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$C_2 = A_2' \cdot f_2' \rightarrow \text{tulangan tekan belum leleh}$$

$$T_1 = A_1 \cdot f_y \rightarrow \text{tulangan tarik leleh}$$

$$A_2' = A_1$$

$$P_u / \phi = 0,5 f_c' \cdot a \cdot b + A_2' \cdot f_2' - A_1 \cdot f_y$$

diperoleh :

$$A1 = A2 = \frac{a \left(\frac{Pu}{\emptyset} - 0,85 \cdot fc \cdot a \cdot b \right)}{600 - fy \cdot a - 600 \cdot 1 \cdot ds} \text{ -----(1)}$$

Momen dalam :

$$\text{Lengan momen } Pn \longrightarrow Z_{pe} = e - h/2 + a/2$$

$$\text{Lengan momen } T1 \longrightarrow Z_t = h - ds - a/2$$

$$\text{Lengan momen } C2 \longrightarrow Z_{c2} = a/2 - ds'$$

$$\text{momen terhadap titik berat } Cc = 0$$

$$Pn = Pu \cdot \emptyset$$

$$Pu \cdot \emptyset \cdot (e - h/2 + a/2 - ds') = 0$$

$$- A2' \cdot f2' \cdot (a/2 - ds') = 0$$

$$A2' = A1 \quad f2' = \frac{a - 1 \cdot ds}{a} \times 600$$

Akan diperoleh persamaan pangkat 3 dengan singkatan seperti berikut :

$$ap3 = \frac{2 \cdot fy \cdot d - 1200 \cdot ds}{600 - fy}$$

$$at1 = \frac{600 \cdot 1 \cdot ds}{600 - fy}$$

$$ac = \frac{Pu}{\emptyset \cdot 0,85 \cdot fc \cdot b}$$

$$R7 = ap3 - at1$$

$$R8 = 2 \cdot at1 \cdot ds + ac \cdot (2e - h - ap3)$$

$$R9 = ac \cdot at1 \cdot (2 ds + 2e - h)$$

Untuk mencari tinggi blok tegangan (a)

$$a^3 + R7 \cdot a^2 + R8 \cdot a - R9 = 0$$

Persamaan pangkat 3, maka harga “ a “ diperoleh dengan system coba-coba.

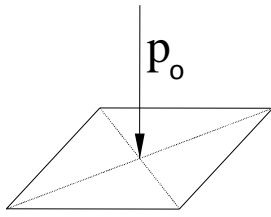
$$A1 = A2' = \frac{a \left(\frac{Pu}{\emptyset} - 0,85 \cdot fc \cdot a \cdot b \right)}{600 - fy \cdot a - 600 \cdot 1 \cdot ds}, \text{ mm}$$

Rencanakan \emptyset tulangan

$$As \emptyset = 0,785 (\emptyset)^2, \text{ mm}$$

$$n = \frac{A1}{As \emptyset}, \text{ ambil penggenapan, selesai.}$$

2.7. KOLOM DENGAN EKSENTRISITAS KECIL ($e \approx 0$)



$$\begin{aligned}
 P_n &= 0.85f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st}f_y \longrightarrow \rho_g = \frac{A_{st}}{A_g} \\
 &= 0.85f'_c (A_g - \rho_g A_g) + \rho_g A_g f_y \\
 &= A_g \{ 0.85f'_c (1 - \rho_g) + \rho_g f_y \} \\
 &= A_g \{ 0.85f'_c - \rho_g 0.85f'_c + \rho_g f_y \} \\
 \longrightarrow P_n &= A_g \{ 0.85f'_c + \rho_g (0.85f'_c - f_y) \}
 \end{aligned}$$

Syarat aman $P_u \leq \phi P_n$

dengan :

A_g = Luas kotor penampang kolom

A_{st} = Luas total penampang tulangan memanjang kolom

P_o = Beban aksial nominal

P_u = Beban terfaktor (Beban Luar)

P_n = Kuat beban nominal teoritis

ϕ = Faktor reduksi \longrightarrow sengkang = 0.65

Spiral = 0.70

ρ_g = Rasio tulangan pokok

Peraturan memberikan ketentuan bahwa kekuatan nominal kolom dengan pengikat

\rightarrow Sengkang direduksi 20 % : $P_n' = 0.80 \phi P_n$

$\rightarrow P_n' = 0.80 \phi \{ 0.85f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st}f_y \}$

\rightarrow Spiral direduksi 15 % : $P_n' = 0.85 \phi P_n$

$\rightarrow P_n' = 0.85 \phi \{ 0.85f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st}f_y \}$

1. Eksentrisitas kecil, beban berada dalam penampang melintang kolom, meskipun tidak dititik pusat/beratnya :

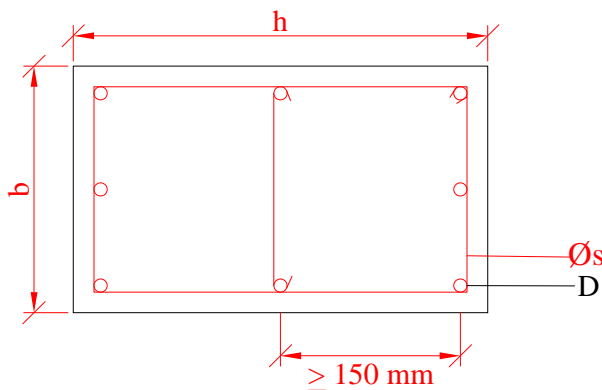
\blacktriangleright Beban bekerja sampai beban batas (ultimet)

Untuk baja = f_y

Untuk beton = $0.85 f'_c$

2. Rasio tulangan $1.0 < \rho_g < 8.0$, namun yang umum dipakai $1.5 < \rho_g < 3.0$. khusus untuk gedung bertingkat banyak dan wilayah rawan gempa $\rho_g < 4.0$.

3. Selimut beton ≤ 4 cm menggunakan jarak/spasi antara tulangan memanjang ≤ 15 cm. Tetapi apabila lebih besar dari itu, harus dipakai pengaku. Jumlah minimal tulangan



Pokok untuk penampang persegi sebanyak = 4 batang, dan untuk penampang segitiga sebanyak = 3 batang.

D = Tulangan pokok pada kolom

\varnothing_s = Tulangan sengkang ≥ 10 mm

$$10 \text{ mm} \leq \varnothing_s \leq 16 \text{ mm}$$

4. Jarak spasi tulangan sengkang $\leq 16 D$ atau $\leq 48 \varnothing_s$ dan atau \leq sisi terkecil kolom (b,h). dipakai nilai terkecil.

5. Jarak spasi tulangan spiral $25 \leq$ jarak spiral ≤ 80 mm

6. Rasio penulangan spiral (s_p)

$$s_p \text{ min} = 0.45 \frac{A_g}{A_c} - 1 \frac{f'_c}{f_y} \rightarrow \text{SKSNI psl 3393}$$

$$s_p \text{ min} = \frac{\text{Volume Tulangan Spiral Satu Putaran}}{\text{Volume Inti Kolom Setinggi } S}$$

$$s_p \text{ min} = \frac{A_{sp} \cdot \pi \cdot D_s}{\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_c^2 \cdot s} \rightarrow \text{bila } D_c \approx D_s$$

$$s_p = \frac{4 \cdot A_{sp}}{D_c \cdot S}$$

dengan :

A_{sp} = Luas tulangan spiral

S = Jarak spasi tulangan spiral

A_g = Luas penampang lintang kotor kolom

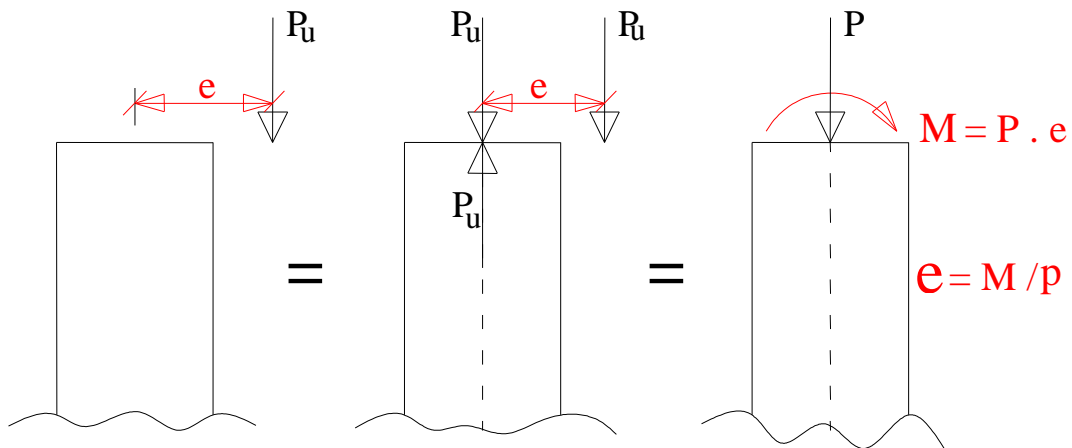
A_c = Luas penampang inti kolom (tepi luar ke tepi luar kolom)

D_c = Diameter inti kolom (dari tepi ketepi terluar kolom)

D_s = Diameter spiral (dari pusat ke pusat kolom)

2.8. KOLOM DENGAN EKSENTRISITAS BESAR

Kolom dengan eksentrisitas besar memiliki beban atau e diluar penampang lintang kolom.

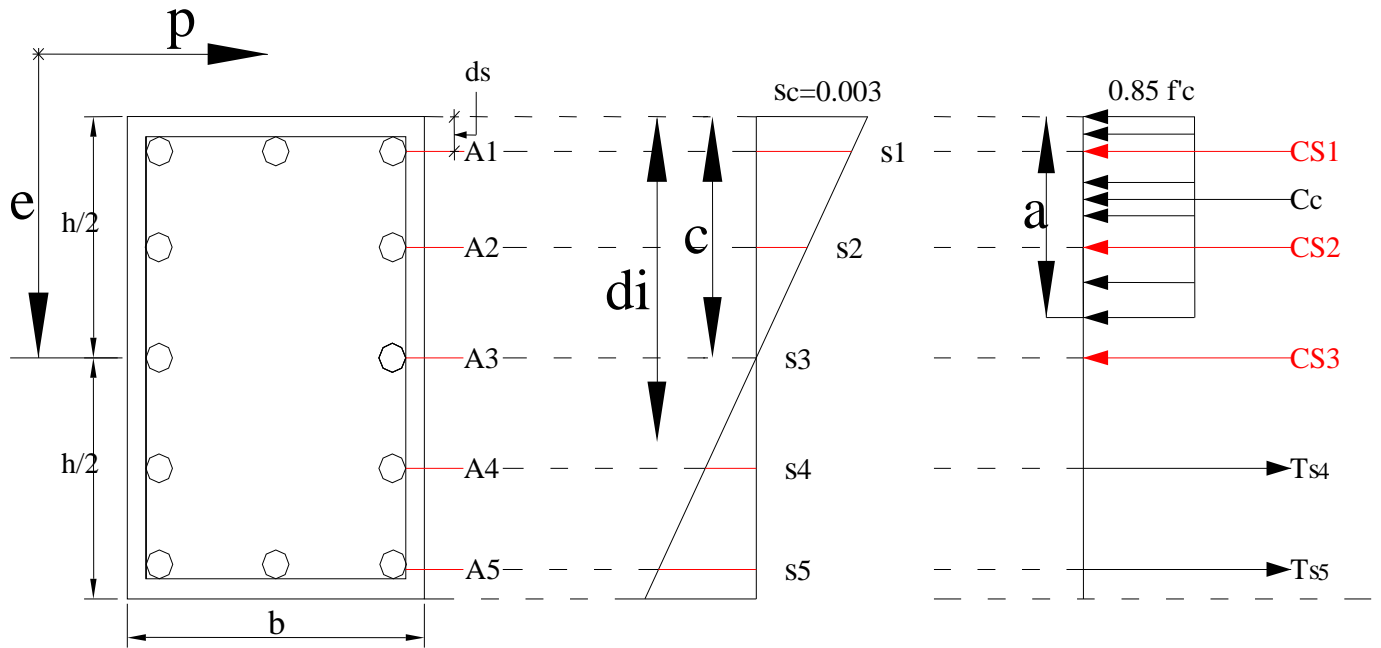


Gambar 2.8.1 Gaya Pengganti

- ❖ Beban aksial (P_u) dan momen (M_u) = $P_u \cdot e$ bekerja serentak / bersama-sama, sehingga $e = M_u / P_u$.
- ❖ Apabila dikehendaki eksentrisitas yang semakin besar, maka beban aksial (P_u) harus berkurang sampai suatu nilai sedemikian rupa sehingga kolom masih tetap mampu memikul kedua beban.
- ❖ Besar atau jumlah pengurangan beban aksial (P_u) yang diperlukan sebanding dengan peningkatan besarnya eksentrisitas.

2.9. PENAMPANG DENGAN TULANGAN TERDISTRIBUSI

Bila eksentrisitas beban mempunyai harga kecil sehingga gaya aksial tekan menjadi penentu, dan juga bila dikehendaki suatu kolom beton dengan penampang lintang yang lebih kecil, maka umumnya distribusi tulangan lebih baik dibuat merata di sekeliling sisi penampang. Untuk distribusi tulangan semacam ini, baja tulangan yang terletak dibagian tengah penampang akan menerima tegangan yang lebih kecil dibandingkan tulangan lainnya. Ketika kapaitas ultimet kolom tersebut telah dicapai, tegangan pada baja tulangan tengah belum tentu mencapai tegangan lelehnya, sedangkan tulangan yang berada ditepi kemungkinan besar sudah leleh.



Gambar 2.9.1

Penampang dengan tulangan terdistribusi merata pada keempat sisinya.

Analisis, ataupun diagram interaksi, untuk penampang dengan tulangan terdistribusi dapat dilakukan seperti sebelumnya, juga dengan memperhatikan keserasian regangan. Misal: penampang dengan lima lapis tulangan dengan gaya aksial tekan bekerja pada salah satu sumbu utama. Jarak masing-masing tulangan terhadap serat yang tertekan d_i dapat ditentukan sebagai berikut:

Untuk lapis pertama A_{s1} : $d_1 = d_c$

Kedua A_{s2} : $d_2 = d_c + \frac{(h-2dc)}{4}$

Ketiga A_{s3} : $d_3 = d_c + \frac{2(h-2dc)}{4}$

Keempat A_{s4} : $d_4 = d_c + \frac{3(h-2dc)}{4}$

Kelima A_{s5} : $d_5 = d_c + \frac{4(h-2dc)}{4}$

Dengan melihat bentuk persamaan tersebut, dapat dibuat suatu rumus umum untuk jarak tulangan d_i sebagai :

$$d_i = d_c + \frac{(i-1)(h-2dc)}{(N-1)} \quad (2.10.1)$$

dengan i = nomor lapis tulangan

N = banyaknya garis tulangan

Besarnya regangan yang terjadi pada lapis tulangan ke- i , dapat ditetapkan melalui perbandingan segitiga, dengan regangan maksimum pada beton adalah 0,003. Demikian untuk tulangan ke- i ,

$$\epsilon_{si} = 0,003 \frac{(c-d_i)}{c} \quad (2.10.2)$$

Sebagaimana sebelumnya, c adalah jarak sumbu netral terhadap serat terluar. Dengan memperhatikan persamaan tersebut, dapat diketahui bahwa harga ϵ_{si} akan negative untuk regangan tarik ataupun positif untuk regangan tekan.

Selanjutnya tegangan pada lapis tulangan ke- i dapat dirumuskan menjadi :

$$F_{si} = 0,003 (c - d_i) / c \cdot \epsilon_s \quad (2.10.3)$$

$$\epsilon_{si} \geq \frac{f_y}{E_s}, \text{ maka } f_{si} = f_y \quad (2.10.4)$$

$$\frac{f_y}{E_s} > \nu_{si} > \frac{f_y}{E_s}, \text{ maka } f_{si} = \nu_{si} \cdot E_i \quad (2.10.5)$$

$$\epsilon_{si} \leq - \frac{f_y}{E_s}, \text{ maka } f_{si} = f_y \quad (2.10.6)$$

Gaya pada tulangan ke- I , menjadi :

$$P_i = f_{si} A_{si} \quad (2.10.7)$$

Dapat disusun persamaan keseimbangan :

$$P_n - C_c - \sum f_{si} A_{si} = 0 \quad (2.10.8)$$

$$P_n = 0,85 f_c' ab + \sum f_{si} A_{si} \quad (2.10.9)$$

Momen terhadap pusat plastisnya adalah :

$$P_n^e = C_c (\frac{1}{2} h - \frac{1}{2} a) + \sum_{i=1}^n f_{si} A_{si} (\frac{1}{2} h - d_i)$$

Perlu diperhatikan bahwa bila :

$$d_i < a, \text{ maka harga } f_{si} = f_{si} - 0,85 f_c'$$

$$d_i > a, \text{ maka harga } f_{si} = f_{si}$$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. OBJEK PENELITIAN

Dalam pengerjaan skripsi ini, yang digunakan sebagai objek penelitian yang dibahas adalah berupa struktur kolom beton bertulang berdasarkan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada bangunan Rumah Sakit 3 lantai di jalan Rakyat Medan. Dari beberapa struktur kolom yang ada, dipilih kolom yang dipandang bisa mewakili kolom-kolom yang lain.

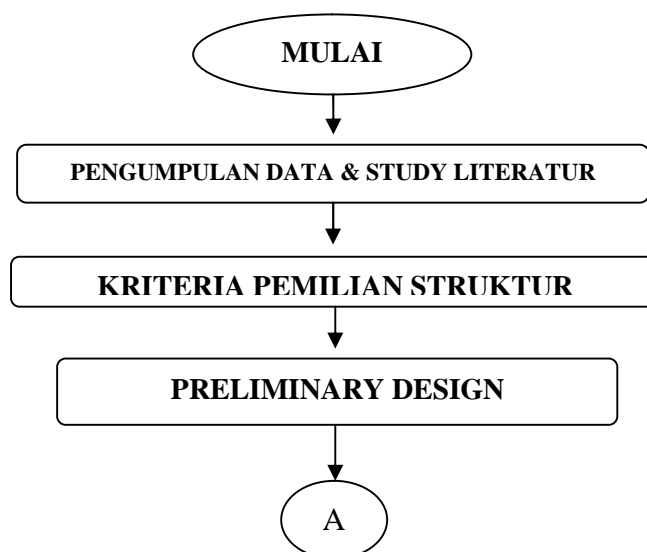
Hitungan gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur portal berlantai 3 digunakan evaluasi kolom 2 dimensi dengan menggunakan dasar perencanaan kolom beton bertulang menurut SNI 03 2847 – 2002.

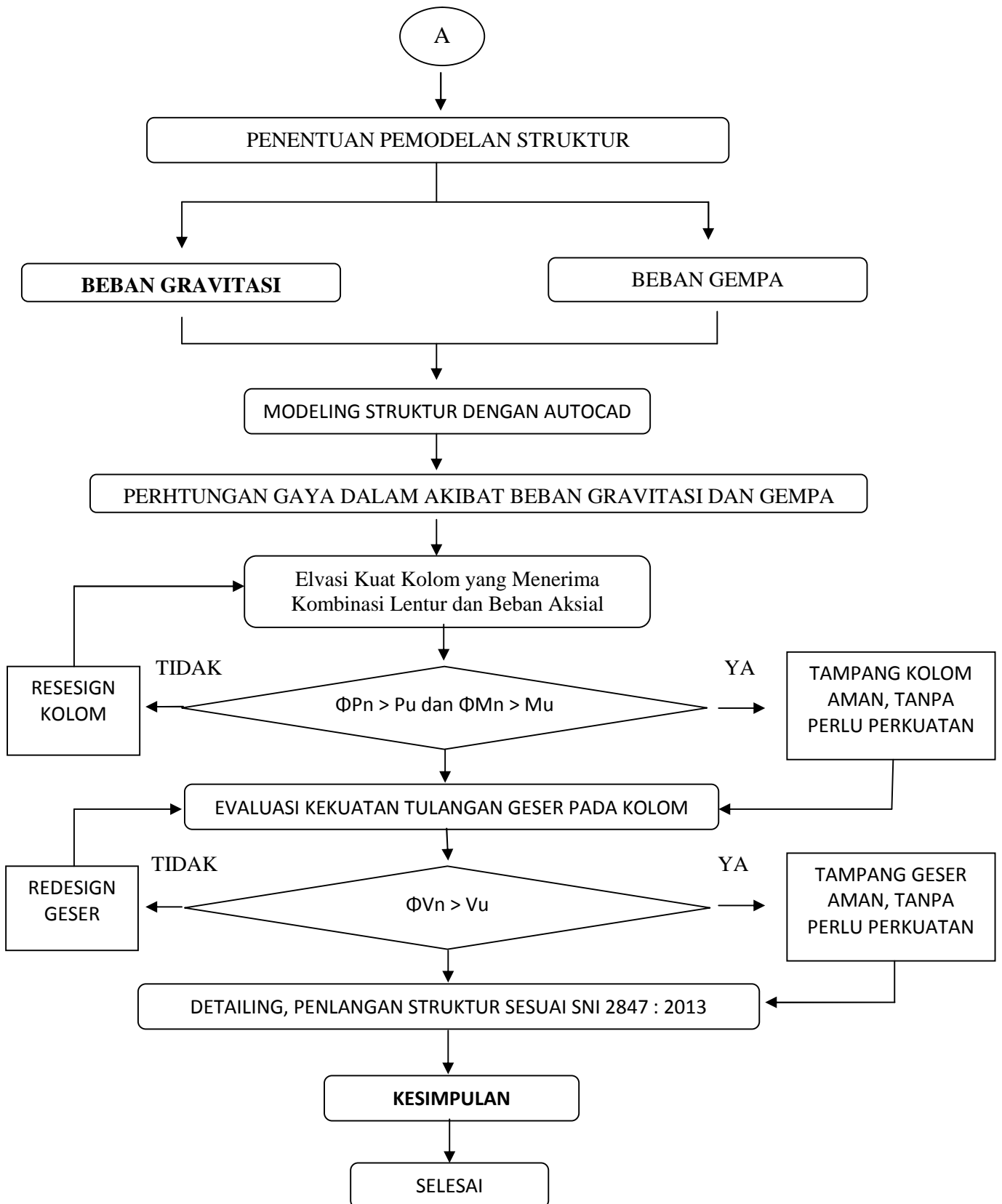
3.2. LOKASI

Lokasi dalam skripsi ini adalah Rumah Sakit yang berada di jalan rakyat-Medan, dengan tinggi bangunan berlantai 3.

3.3. JENIS METODE DAN RANCANGAN PENELITIAN

Metode yang digunakan pada skripsi ini adalah metode analisis yaitu kajian secara analisis terhadap kekuatan detailing struktur kolom berdasarkan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada bangunan Rumah Sakit 4 lantai di jalan Rakyat Medan berdasarkan peraturan yang berlaku. Setelah itu mengevaluasinya apakah penerapan di lapangan sesuai dengan peraturan yang berlaku yaitu (SNI 1726:2012) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Gedung dan (SNI 2847:2013) Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Secara garis besar rancangan penelitian dapat dilihat pada flow chart pada Gambar 3.1 dibawah ini :





Gambar 3.1
Diagram Alir Penelitian

3.4. PENJELASAN DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Diagram alir di atas dapat dijelaskan metodologi yang dipakai dalam penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.4.1. Pengumpulan Data

- 1). Pengumpulan data primer yang sudah ada dari perusahaan yang berkaitan dengan pembangunan hotel yang berada di jalan Rakyat-Medan berupa:
 - a) Gambar-gambar pekerjaan proyek pembangunan Rumah Sakit yang berada di jalan Rakyat-Medan diantaranya yaitu gambar asitektur dan gambar struktur.
 - b) Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS) Rumah Sakit yang berada di di jalan Rakyat-Medan.

- 2). Sudi Litelatur Kajian ini diambil dari publikasi hasil penelitian para pakar di dunia teknik sipil, peraturan-peraturan yang berlaku, dan buku-buku pelajaran terutama yang berhubungan dengan tema penelitian ini. Adapun litelatur yang digunakan dalam perancangan penelitian ini diantaranya adalah sebagai berikut :
 - a) Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2012)
 - b) Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)
 - c) Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG 1983)
 - d) Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang.

3.4.2. Kriteria Pemilihan Struktur

Gedung akan dirancang kembali dengan metode Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPMK).

Dari beberapa struktur kolom yang ada, dipilih kolom yang dipandang 57 bisa mewakili kolom-kolom yang lain. Kriteria pemilihan struktur kolom yang akan dievaluasi, dengan memilih dimensi kolom yang paling besar dan panjang, banyaknya tulangan yang terpasang pada kolomyang dipilih, dan mutu baja atau beton yang paling tinggi. Kemudian kolom yang dipilih akan dievaluasi kekuatannya sesuai dengan SNI 1726:2012 dan SNI 2847:2013.Data perancangan bangunan yang akan dievaluasi :

- | | |
|--------------------------------|---------------------|
| 1) Type bangunan | : Rumah Sakit |
| 2) Lokasi bangunan | : jl. Rakyat. Medan |
| 3) Jenis tanah | : Lunak |
| 4) Sistem Rangka Pemikul Momen | : Khusus |

5) Tinggi bangunan	: 16.600 m
6) Jumlah lantai	: 3 lantai
7) Struktur bangunan	: Beton bertulang
8) Mutu beton (f_c') balok, pelat	: 25 MPa
9) Mutu beton (f_c') kolom	: 30 MPa
10) Mutu baja (f_y)	: BJ TD 400 MPa BJ TP 240 MPa

3.4.3. Preliminary Design

Dalam Desain awal (Preliminary Design) struktur dihitung besar koefisien momen dan geser. Dimensi awal kolom dan kekuatan geser yang disediakan oleh tulangan geser kemudian penyaluran tulangan lentur disesuaikan dengan menggunakan SNI 2847 : 2013.

3.4.4. Penentuan Permodelan Struktur

3.4.4.1. Beban Gravitasi

A) Beban Mati

(a). Berat sendiri beton bertulang	: 24	kN/m^3
(b). Dinding pasangan ½ bata	: 2,5	kN/m^3
(c). Finishing lantai (tegel)	: 22	kN/m^3
(d). Langit-langit + penggantung	: 0,20	kN/m^3
(e). Mechanical, electrical	: 0,25	kg/m^3

B) Beban Hidup

(a). Lantai atap	: 1,0	kg/m^3
(b). Lantai Rumah Sakit	: 2,5	kN/m^3
(c). Balkon dan Tangga	: 3,0	kN/m^3

3.4.4.2. Beban Gempa

Besar faktor beban yang diberikan untuk masing-masing beban yang bekerja pada suatu penampang struktur akan berbeda-beda, tergantung dari jenis kombinasi beban yang bersangkutan. Menurut pasal 11.2 SNI 03-2847-2002, agar supaya struktur dan komponen struktur memenuhi syarat kekuatan dan layak pakai terhadap bermacam-macam kombinasi beban, maka harus dipenuhi ketentuan dari kombinasi-kombinasi beban berfaktor. Jika pengaruh beban gempa E diperhitungkan, maka diambil yang besar dari dua macam rumus berikut :

$$U = 1,2 D + 1,0 L \pm 1,0 E \quad \text{atau}$$

$$U = 0,9 D + 1,0 E$$

3.4.5. Modeling Struktur dengan Metode AUTOCAD

Supaya perencanaan struktur dilapangan dapat dihitung maka dilakukan pemodelan stuktur bangunan Rumah Sakit Mahindrus jalan Rakyat Medan dengan menggunakan aplikasi Autocad. Perencanaan kolom existing dan kolom yang diperkuat digambarkan supaya dapat diperlihatkan detail-detail tulangan dan ukuran kolom.

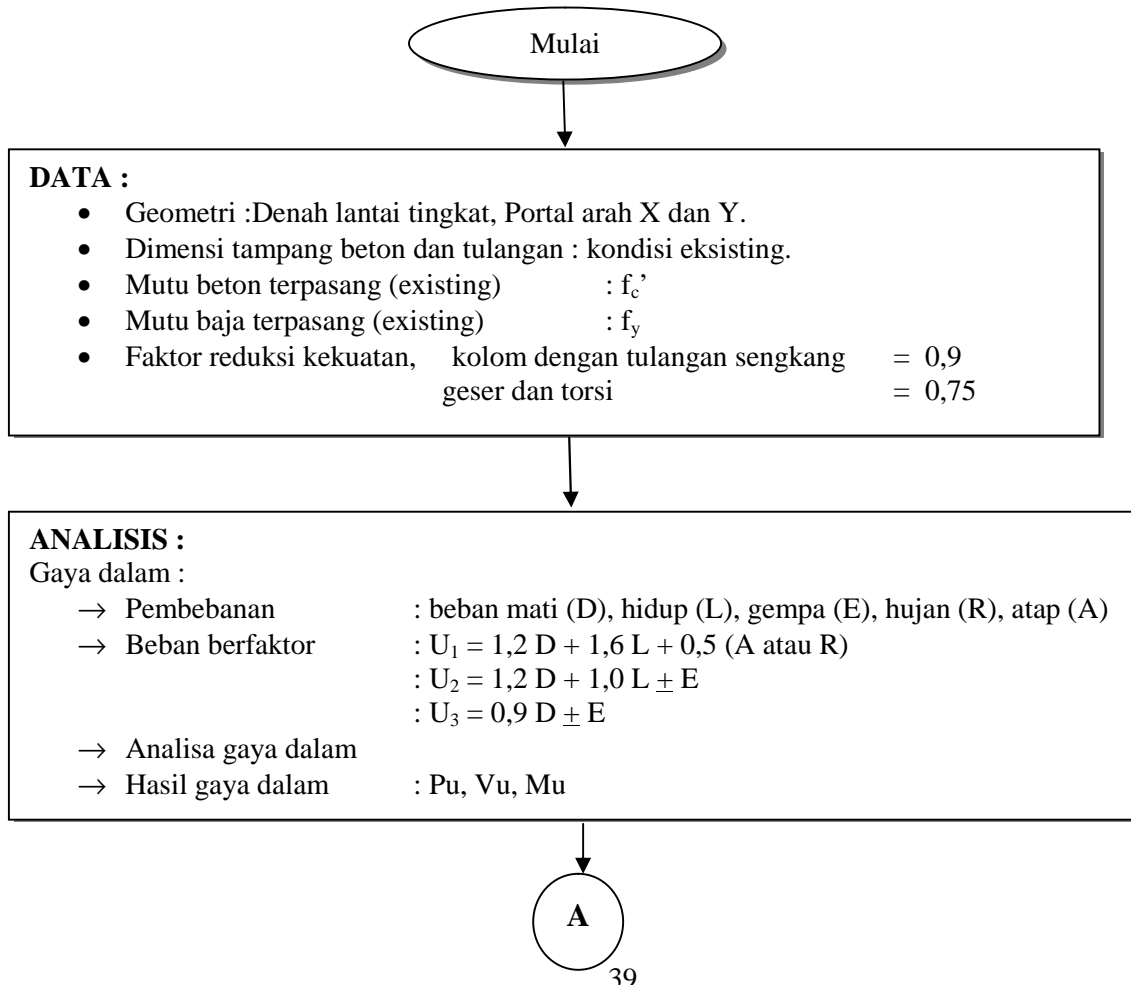
3.4.6. Perhitungan Gaya Dalam Akibat Beban Gravitasi dan Gempa

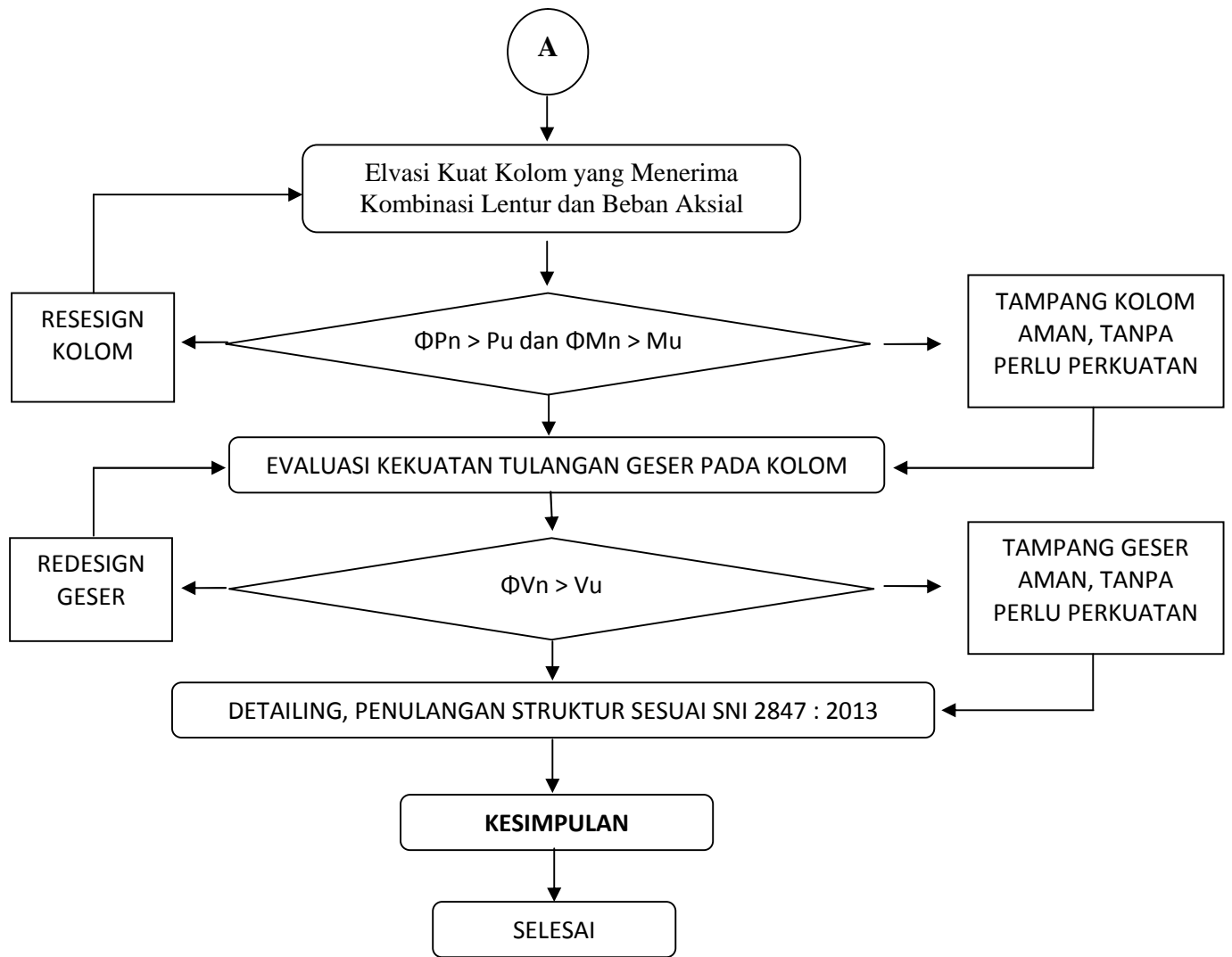
Perhitungan gaya dalam pada struktur evaluasi detailing kolom akibat beban gravitasi dan gempa adalah :

1. Gaya Aksial (P_u)
2. Geser (V_u)
3. Momen Lentur (M_u)

3.4.7. Evaluasi dan Kontrol

Melakukan evaluasi dan kontrol hasil dari rancangan dan hitungan struktur baik kolom yang menerima kombinasi lentur dan beban aksial maupun gaya geser. Apakah desain yang ada sudah cukup mampu memikul beban yang ada. Adapun prosedur evaluasi dapat dilihat pada flow chart Gambar 3.3berikut ini :





Gambar 3.3. Diagram Alir Desain Prosedur Evaluasi