BAB III
METODE PERENCANAAN

3.1 Data Umum Perencanaan

- Nama Gedung : Gedung Fakultas Kedokteran Gigi UB
- Lokasi Bangunan : Jl. Veteran, Ketawanggede, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145
- Fungsi Bangunan : Gedung Kuliah
- Struktur Utama : Baja komposit
- Jumlah Lantai : 7 lantai
- Panjang Bangunan : 46,80 meter
- Lebar Bangunan : 24,60 meter
- Tinggi antar lantai : Lantai 1 : 5 meter
  Lantai 2-7 : 4 meter
- Total tinggi bangunan : 29 meter
- Mutu Baja (BJ50) : 290 Mpa
- Mutu tulangan (fy) : 240 Mpa
- Mutu beton (fc') : 30 Mpa
- Zona wilayah gempa : KDS D

3.2 Data Khusus Bangunan

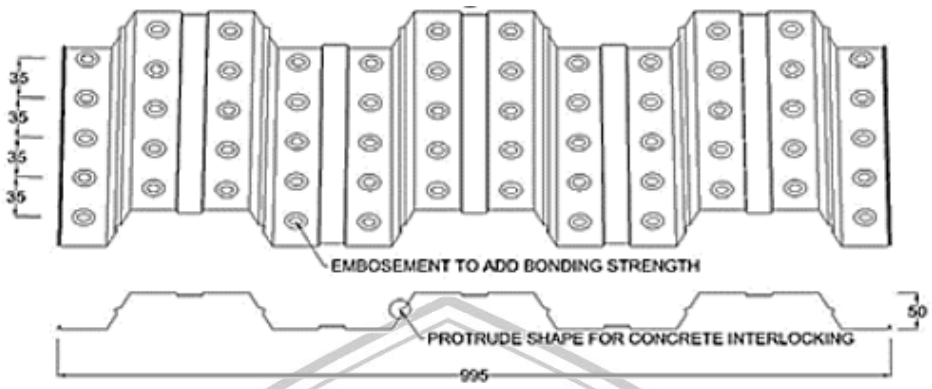
3.2.1 Spesifikasi perencanaan

Spesifikasi yang akan dituangkan dalam perencanaan struktur Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Spesifikiasi Perencanaan

Profil WF *Hot Rolled*	
Mutu profil kolom	BJ 50 (F_y = 290 MPa; F_u = 500 MPa)
Mutu profil balok induk arah z	BJ 41 (F_y = 250 MPa; F_u = 410 MPa)
Mutu profil balok induk arah x	BJ 41 (F_y = 250 MPa; F_u = 410 MPa)
Mutu profil bresing	BJ 41 (F_y = 250 MPa; F_u = 410 MPa)
Mutu profil balok anak arah z	BJ 37 (F_y = 240 MPa; F_u = 370 MPa)
Mutu profil balok anak arah x	BJ 37 (F_y = 240 MPa; F_u = 370 MPa)
Sambungan Struktur	
Mutu baut	ASTM-A 325
Mutu kawat las	E70XX

3.2.2 Spesifikasi *Floor Deck* Pelat Atap dan Lantai



Base Metal *Thickness*-BMT(mm)	Area (AS) mm^2/m	Momen of inertia (Ix) mm^4/m	Mass Kg/m^2
0.65	796.33	391911.92	6.55
0.70	857.59	422063.58	7.03
1.00	1225.13	602999.87	9.91
1.40	1715.18	844939.88	13.76

Sumber : PT.Union Metal

Berat *floor deck* : 7,03kg/m^2 = 70,3 N/m^2 = 0,0703 kN/m^2

Fc : 30 MPa

Tebal *floor deck* : 0,70 mm

Luas *floor deck* (Ag) : 857,59 mm^2

Tegangan leleh *floordeck* (Fy) : 550 Mpa

Modulus elastisitas *floor deck* : 200000 MPa

Tebal Pelat Atap : 120 mm

Tebal Pelat Lantai : 120 mm

Dengan tebal beton 70> **50 mm** (SNI 1729:2020) dan tinggi *floor deck* **50mm**.

d_{eff} = tebal – (h_r/2) = 120 - (50/2) = 95 mm

3.2.3 Spesifikasi Perencanaan Sambungan

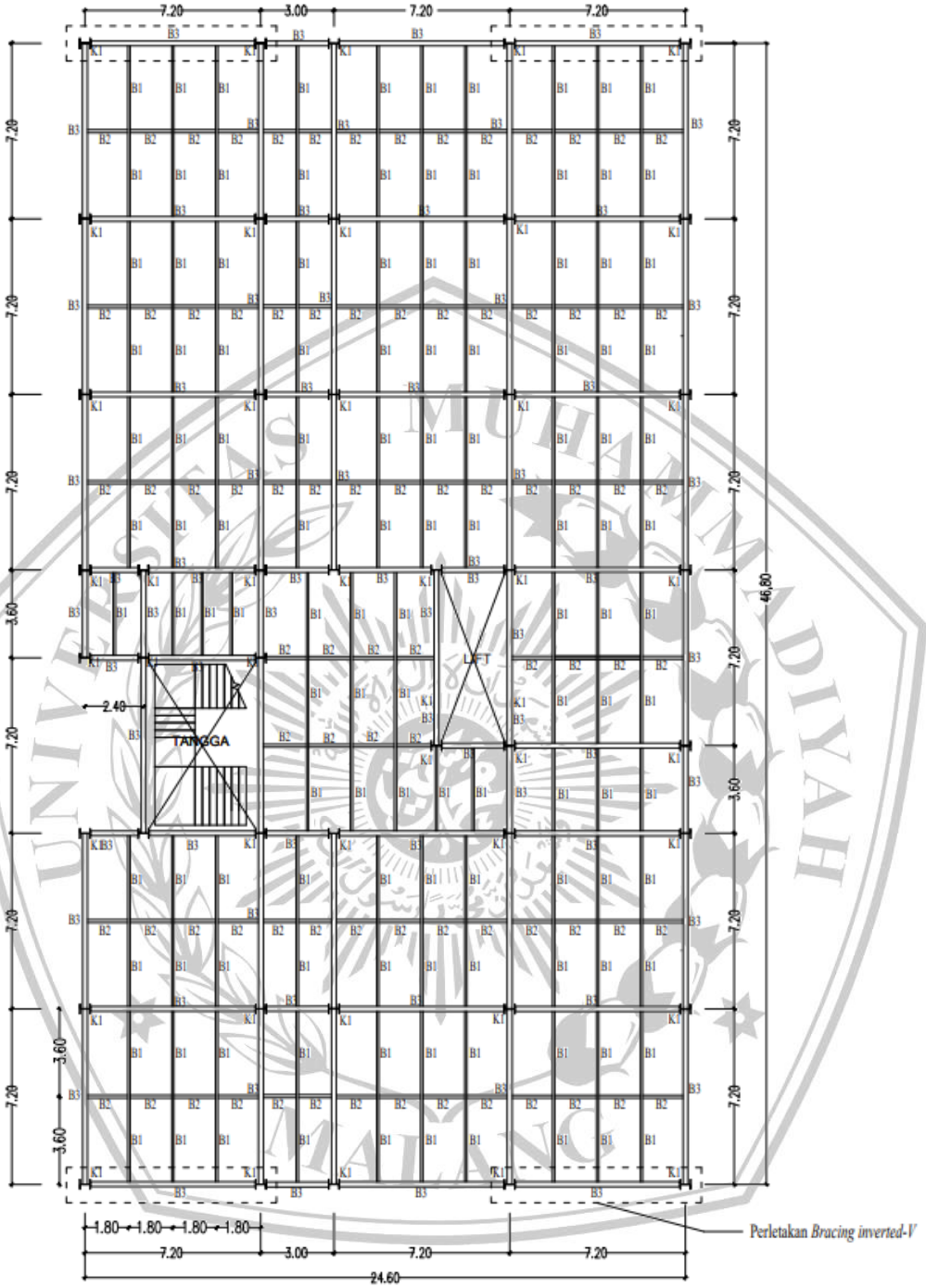
Spesifikasi pada sambungan yang akan dituangkan dalam perencanaan struktur Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya adalah sebagai berikut :

No.	Data Pelat Sambungan	
1	Profil	Siku 2L
2	Mutu	A36
3	Kuat leleh minimum (F_y)	290 MPa
4	Kuat tarik minimum (F_u)	500 MPa
No.	**Data Baut**	
1	Diameter	M20,M32
2	Mutu	ASTM-A325
3	Kuat tarik minimum (F_u)	830 MPa
4	Kuat tarik nominal (F_{nt})	640 MPa
5	Kuat geser nominal (F_{nv})	372 MPa (geser pada ulir drat) 457 MPa (geser pada grip polos)
No.	**Data Angkur**	
1	Diameter	1 $^1/_8$ in (32 mm)
2	Luas kotor (A_g)	641,29 mm^2
3	Luas efektif (A_{se})	492,26 mm^2
4	Mutu	A36
5	Kuat leleh minimum (F_y)	290 MPa
6	Kuat tarik minimum (F_u)	400 MPa

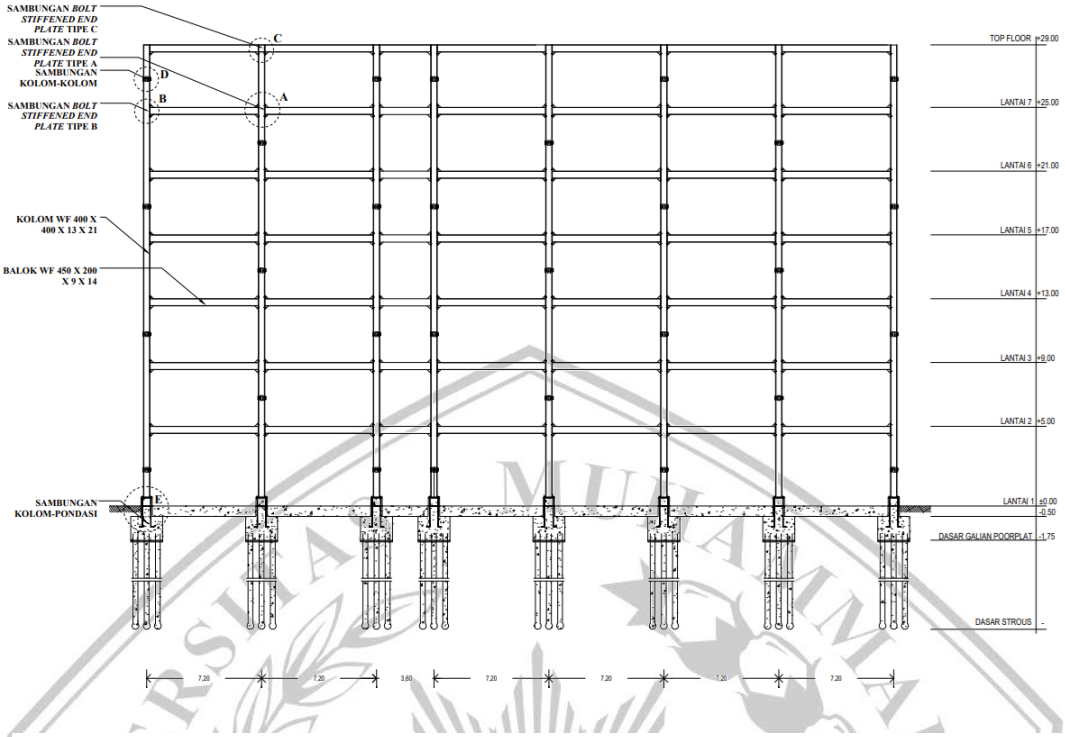
3.3 Peraturan-Peraturan yang dipakai Sebagai Acuan Perencanaan

1. Menerapkan (SNI 1727:2020) terhadap beban minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur lainnya,
2. Menerapkan (SNI 1729:2020) terhadap Spesifikasi Bangunan Gedung Baja Struktural
3. Menerapkan (SNI 1726:2019) terhadap Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung
4. Menerapkan ketentuan seismik untuk bangunan gedung baja struktural (SNI 7860:2020)
5. Sambungan terprakulasi untuk rangka momen khusus dan menengah baja pada aplikasi seismik (SNI 7972:2020)
6. Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung (SNI 2847:2019)

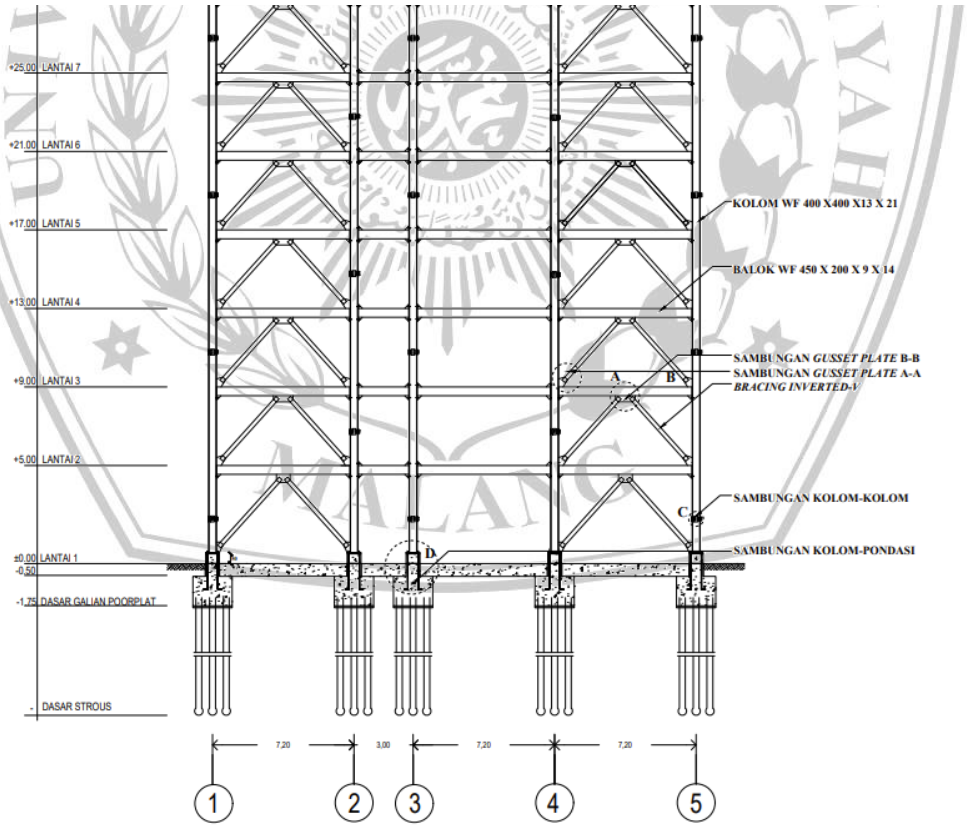
3.4 Denah Balok dan kolom



Gambar 3. 1 Gambar Denah Rencana Balok dan Kolom Lantai 2 s/d lantai 7

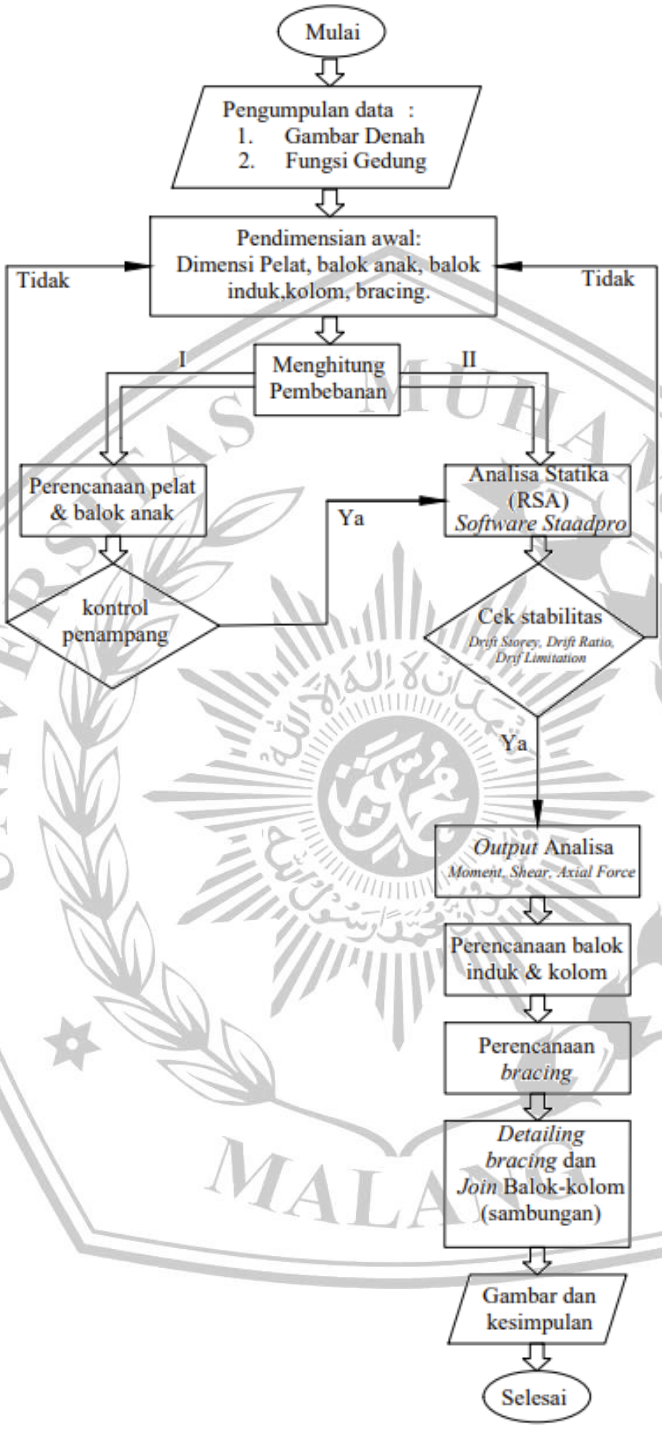


Gambar 3. 2 Potongan A-A



Gambar 3. 3 Potongan B-B

3.5 Diagram alir perencanaan



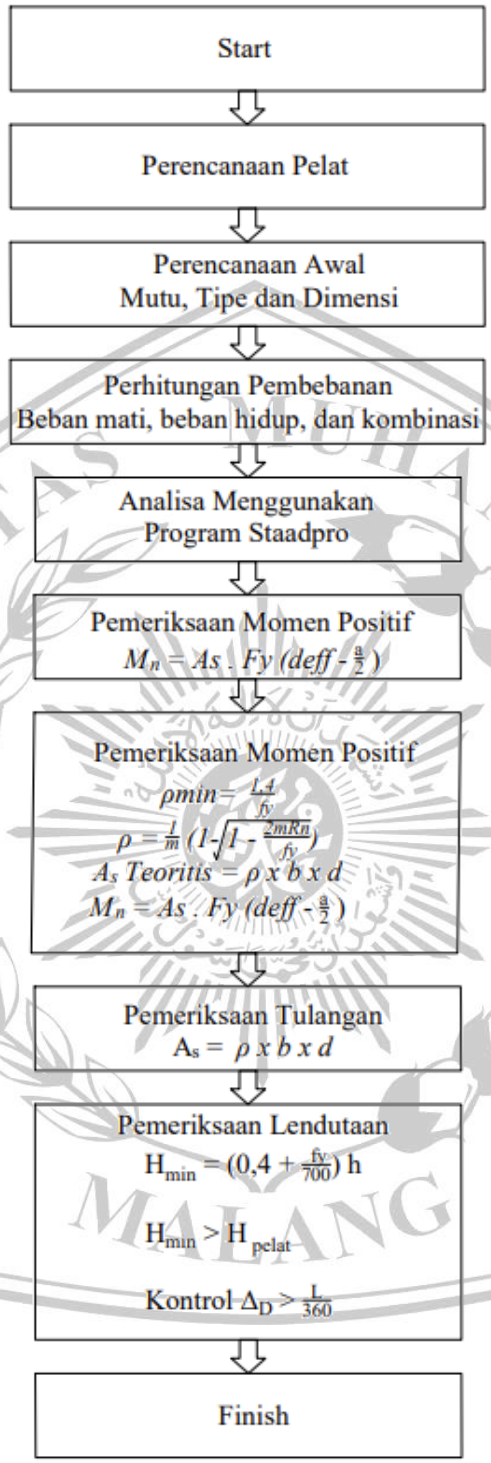
Gambar 3. 4 Diagram Alir Perencanaan

Prosedur perencanaan ulang Gedung Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya akan dijelaskan pada gambar berikut :

1. Mulai
2. Pengumpulan data dimulai dengan proses pengumpulan informasi perancangan yang diperlukan meliputi:
    - Data umum bangunan,
    - Fungsi gedung,
    - Denah dan sistem struktur bangunan,
    - Wilayah gempa dimana bangunan berada,
    - Data pembebanan,
    - Mutu bahan yang digunakan,
    - Metode Analisa yang dipakai untuk medesain struktur, dan
    - Standar dan referensi yang digunakan dalam perencanaan.
3. Setelah pengumpulan data dapat diterima langkah selanjutnya adalah Pendemensian Awal berupa pembebanan, desain pelat, balok anak, Pendimensian struktur menggunakan struktur komposit dengan metode *trial and error*.
4. Kemudian dilanjutkan dengan membuat Permodelan Struktur, yaitu memodelkan bangunan gedung menggunakan bantuan *software Staadpro*.
5. Setelah membuat permodelannya barulah menganalisa Pembebanan, analisa pembebanan yang dilakukan adalah sebagai berikut:
    - Beban Sendiri terdiri dari input berat jenis material dan input ukuran penampang,
    - Beban Hidup Merata dan Beban Mati di input dalam permodelan sebagai beban merata pada pelat
    - Beban Gempa diperoleh dari perhitungan berat sendiri struktur lalu dilanjutkan dengan berbagai langkah menurut SNI 1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung,
    - Selanjutnya menginput beban kombinasi.
6. Langkah selanjutnya adalah Cek Stabilitas antara lain *Drift Storey, Drift Ratio, Drif Limitation.*

7. Jika Cek stabilitas sudah memenuhi maka dapat dilanjutkan ke langkah selanjutnya, namun jika hasilnya tidak memenuhi maka harus ada *trial and error* kembali pada langkah pendemensian awal dan pembebanan. Hasil yang harus didapatkan yaitu demensi penampang profil yang mampu untuk memikul gaya yang dihasilkan struktur, dan juga harus sesuai SNI yang berlaku.
8. Setelah hasil dari analisa sudah memenuhi syarat maka dapat dilakukan *Output* dari gaya momen, geser, dan aksial (gaya dalam pada struktur).
9. Barulah di langkah ini di lakukan perhitungan perencanaan balok induk, dan kolom serta *bracing* secara manual dengan bantuan *software Microsoft excel*.
10. Kemudian di lanjutkan dengan perencanaan *detailing*.
11. Setelah perencanaan *detailing* dilanjukan dengan kontrol penampang
12. Apabila kontrol pada perencanaan *detailing* dapat diterima maka dapat bisa lanjut ke tahap selanjutnya, namun apa bila hasilnya tidak memenuhi maka harus ada *trial and error* kembali pada langkah pendemensian awal.
13. Setelah hasil dari kontrol penampang pada perencanaan detailing sudah memenuhi syarat maka langkah selanjutnya adalah perencanaan sambungan.
14. Langkah terakhir adalah penyajian laporan hasil penelitian berisikan gambar dan kesimpulan, untuk gambar digunakan menyesuaikan aturan serta langkah-langkah menggambar struktur bangunan dengan bantuan aplikasi *AutoCAD*

3.6.1 Diagram Alir Perencanaan Pelat Komposit



Gambar 3. 5 Diagram Alir Perencaan Pelat

1. Perencanaan Awal Menentukan desain awal berupa mutu, tipe dan dimensi pada pelat. Dengan tebal beton **70 mm** > 50 mm (SNI 1729-2019) dan tinggi *floor deck* **50 mm**.
2. Perhitungan pembebanan Melakukan perhitungan pembebanan struktur yang meliputi beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban kombinasi.
3. Analisa Statistik Analisis struktur gedung Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya (FKG UB) menggunkan bantuan *software STAAD Pro V22*. Guna mendapatkan momen tumpuan dan lapangan terbesar.
4. Pemeriksaan Momen positif pada pelat Setelah didapatkan momen lapangan dari analisis *STAAD.Pro*, maka dilakukan kontrol: ØMn > Mu
5. Pemeriksaan momen negatif pada pelat Melakukan perhitungan perencanaan pelat lantai dan atap sesuai dengan peraturan terbaru.

Rasio tulangan pelat

$\rho min = \frac{1,4}{fy}$

Rasio tulangan perlu

$\rho = \frac{1}{m}\ (1 - \sqrt{1 - \frac{2m\ .\ Rn}{fy}}$

Setelah didapatkan *ratio* tulangan perlu dan *ratio* tulangan pelat, maka di ambil yang terbesar diantara keduanya

Luas tulangan perlu

As perlu = ρ x b x d

Setelah didapatkan As perlu, maka dapat ditentukan As tulangan utama yang digunakan.

Kontrol :

$Mn = As.\ Fy\ (deff - \frac{a}{2})$

Setelah didapatkan nilai momennya, maka dilanjutkan dengan kontrol dengan perbandingan momen tumpuan.

6. Pemeriksaan Tulangan Susut Pada Pelat

As = ρ x b x d

Setalah didaptkan nilai As, maka dapat ditentukan tulangan susut yang akan digunakan.

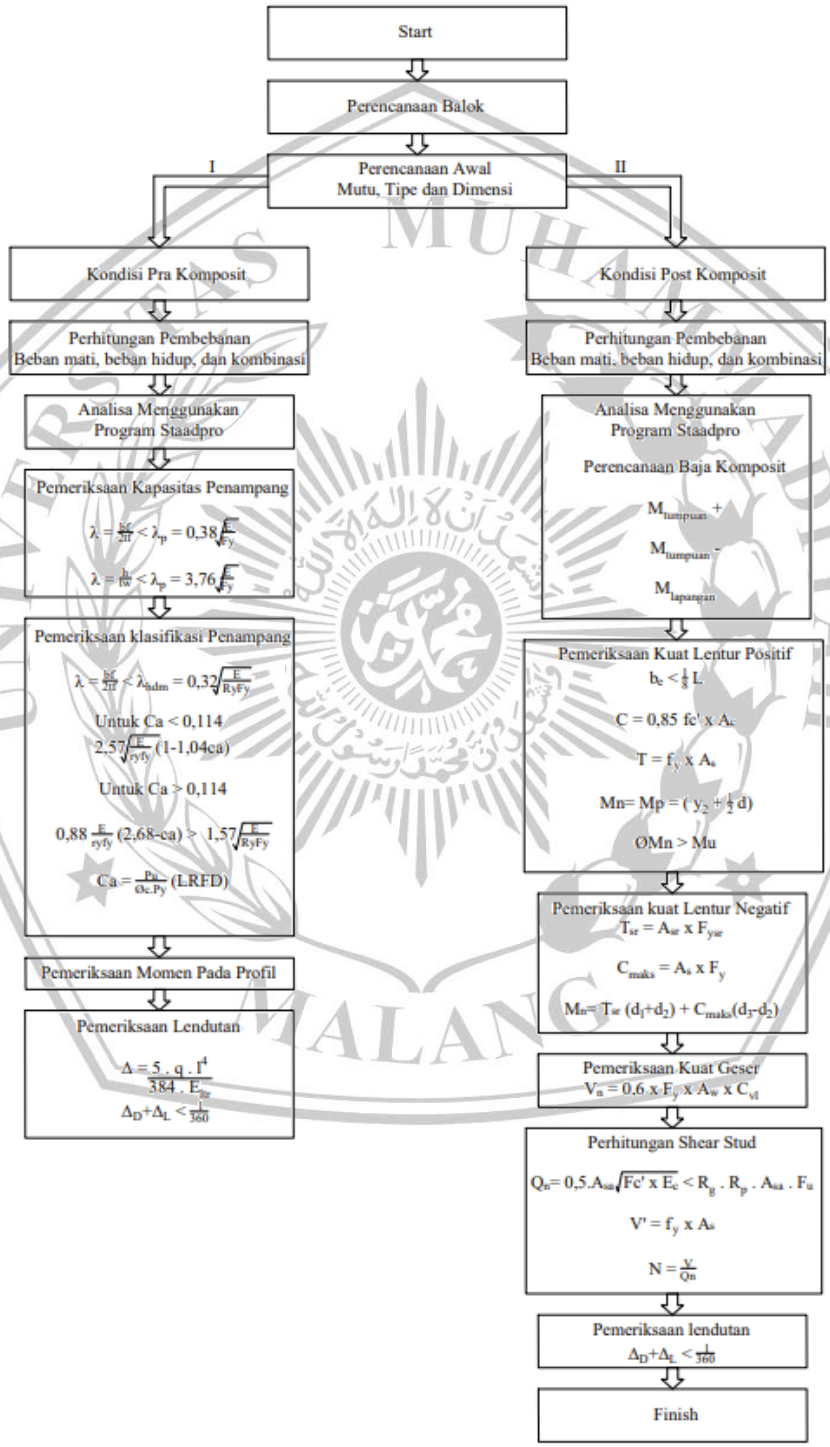
7. Pemeriksaan Lendutan

$H_{min} = (0{,}4 + \frac{fy}{700})\ x\ h$

Perlu dilakukan pemeriksaan landutan jika $H_{min} > h_{pelat}$

Dengan kontrol $\Delta_D \leq L/240$

3.6.2 Diagram Alir Perencanaan Balok



Gambar 3. 6 Diagram Alir Perencaan Balok

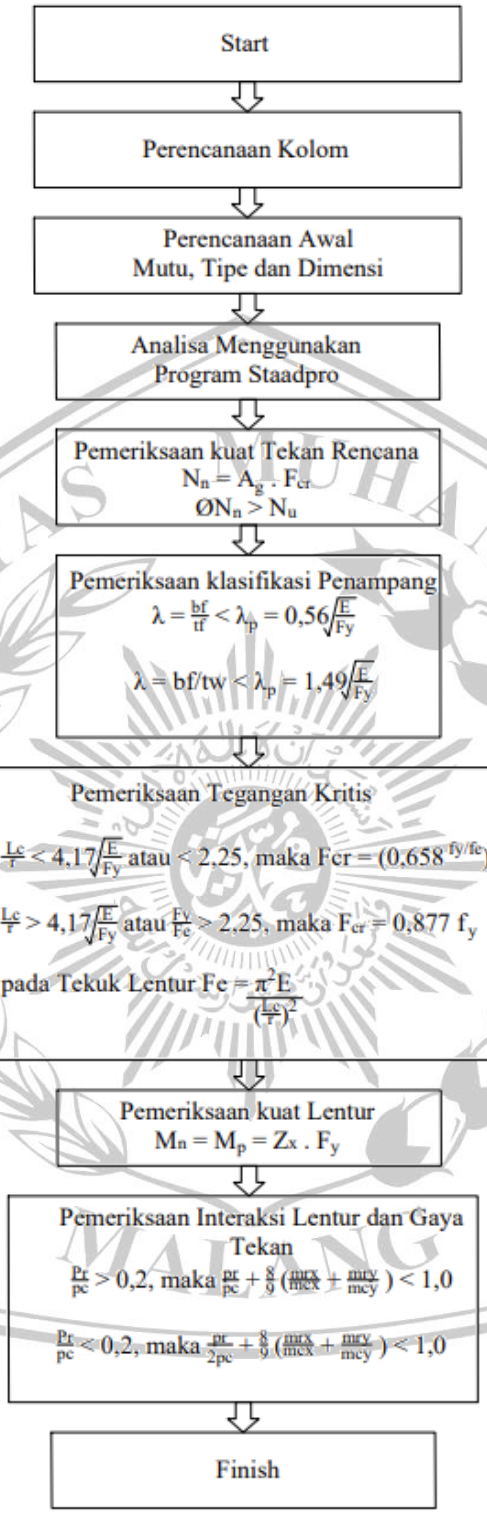
1. Perencanaan Awal Balok menentukan dimensi dan mutu dari profil yang akan digunakan.
2. Kondisi Pra Komposit Kondisi pelat beton belum mengeras dan beban guna bangunan belum bekerja. Beban yang diinput adalah beban pelat beton berat sendiri profil dan beban yang pekerja saat pengecoran beton.
3. Perhitungan Pembebanan Melakukan perhitungan pembebanan struktur yang meliputi beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban kombinasi.
4. Analisa Statsistika Analisis struktur gedung Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya (FKG UB) menggunakan bantuan *software STAAD Pro V22*. Guna mendapatkan momen dan geser terbesar pada balok anak dan balok induk.
5. Pemeriksaan Kapasitas Penampang Melakukan pemeriksaan kapasitas penampang terhadap tekuk pada balok anak dan balok induk dengan syarat $\lambda \leq \lambda p$.
6. Pemeriksaan klasifikasi Penampang daktilitas tinggi penampang (*highly ductile member*).
7. Melalukan pemeriksaan momen pada profil dengan nilai T < C untuk mengetahui bahwa garis netral plastis jatuh pada pelat beton. Setelah itu untuk memastikannya dilakukan perhitungan tinggi balok tegangan pada pelat beton. Maka dapat dilanjutkan dengan kontrol ØMn > Mu.
8. Pemeriksaan Lenduan Setelah dilakukan perhitungan inersia pada balok anak maupun balok induk, makan dapat dilakukan dengan kontrol $\Delta D + \Delta L \leq L/240$.
9. Kondisi Post Komposit Kondisi pelat beton telah mengeras dan beban hidup telah bekerja. Bena yang diinput adalah beban instalasi, plafond, dan aksesoris lainnya serta beban guna lainnya.
10. Perhitungan Pembebanan Melakukan perhitungan pembebanan struktur yang meliputi beban mati, beban hidup, beban gempa dan beban kombinasi.
11. Analisa Statsistika Analisis struktur gedung Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Brawijaya (FKG UB) menggunkan bantuan *software STAAD Pro V22*. Guna mendapatkan momen dan geser terbesar pada balok anak dan balok induk.
12. Pemeriksaan Kuat Lentur Positif Dilakukan pemeriksaan diantara 3 kondisi

yaitu T ≤ C, T > C, dan T > C.

13. Pemeriksaan Kuat Lentur Negatif Dilakukan perbandingan antara tahanan tarik nominal (Tsr) dan gaya tekan maksimum (Cmaks).
14. Perhitungan Kuat Geser Setelah sebelumnya didapat geser terbesar dari *software STAAD.Pro*, maka selajutnya dilakukan kontrol kuat geser ØVn ≥ Vu.
15. Perhitungan *Shear-Stud* Setelah menentukan perhitungan kuat geser *shear stud* yang dipakai, dilanjutkan dengan gaya geser perlu, V' dihitung dari kuat lentur maksimum balok, khususnya nilai terkecil resultan desak beton atau tarik profil baja. Dari hitungan kuat lentur balok komposit tersebut, dapat diperoleh jumlah *shear stud*.
16. Pemeriksaan Lendutan Setelah dilakukan perhitungan inersia pada balok anak maupun balok induk, maka dapat dilakukan dengan kontrol ΔD + ΔL ≤ L/240.

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

3.6.3 Diagram Alir Perencaan Kolom



Gambar 3. 7 Diagram Alir Perencaan Kolom

1. Perencanaan Awal Kolom menentukan dimensi dan mutu dari profil yang akan digunakan.
2. Pemeriksaan Kuat Tekan Rencana Setelah melakukan analisa kolom, di lanjutkan dengan melakukan perhitungan kuat tekan rencana. Dimana dibutuhkannya diagram nomogram untuk menentukan rangka bergoyang atau tidaknya. Setelah itu dilakukan kontrol arah melintang dan memanjang $ØPn \geq Pu$.
3. Pemeriksaan Kapasitas Penampang Melakukan pemeriksaan kapasitas penampang terhadap tekuk pada kolom dengan syarat $\lambda \leq \lambda_p$.
4. Perhitungan Tegangan Kritis Melakukan analisa untuk perbandingan 2 syarat

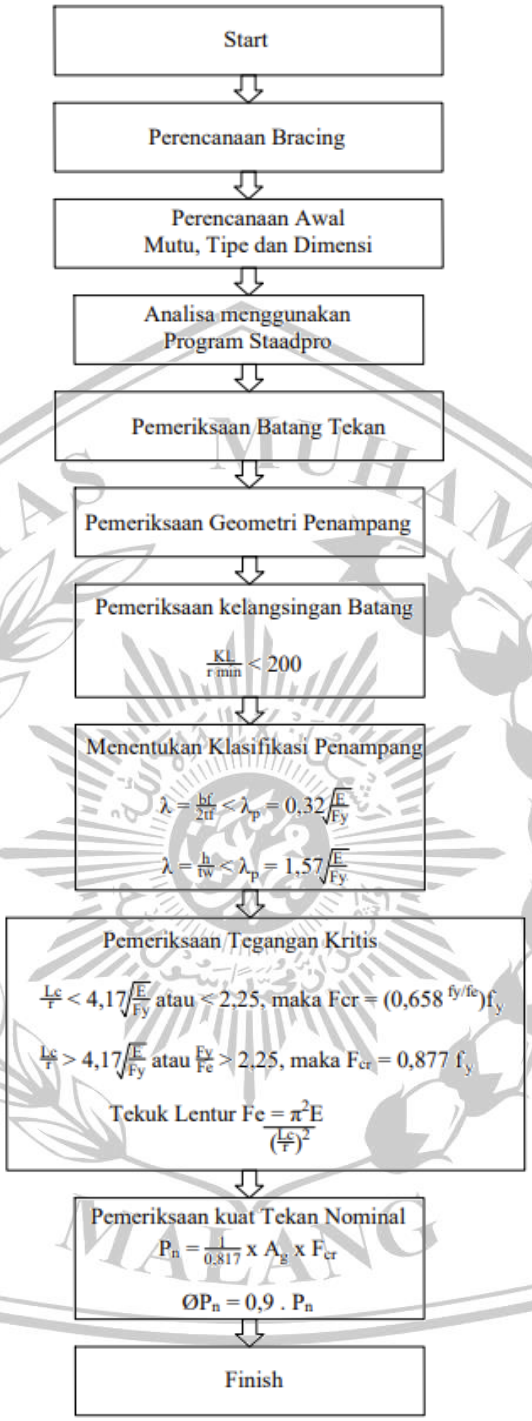
   $\frac{Lc}{r} \leq 4{,}71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ atau $\frac{Fy}{Fe} \leq 2{,}25$ tekuk *inelastic* $F_{cr} = (0{,}658^{\frac{Fy}{Fe}}).F_y$.

   $\frac{Lc}{r} \leq 4{,}71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ atau $\frac{Fy}{Fe} > 2{,}25$ tekuk *elastis* $F_{cr} = 0{,}877.F_e$.
5. Pemeriksaan Kuat Tekan tekuk lentur, dilakukan kontrol $ØP_n \geq P_u$.
6. Pemeriksaan Kuat Lentur Melakukan kontrol kekuatan lentur arah Z dan arah X.

   Maka, $M_n = M_p = Z_x \times F_y$

   $ØM_n \geq M_u$

3.6.4 Diagram Alir Perencanaan Bracing



Gambar 3. 8 Diagram Alir Perencaan *Bracing*

1. Perencanaan awal bracing menentukan dimensi dan mutu dari profil yang akan digunakan.
2. Pemeriksaan Batang Tekan.
3. Pemeriksaan Geometri Penampang.
4. Pemeriksaan Kelangsingan Batang Tekan KL / $r_{min} \leq 200$.

   K = peninjauan nilai K

   L = Bentang bracing yang ditinjau
5. Pemeriksaan Kapasitas Penampang Melakukan pemeriksaan kapasitas penampang terhadap tekuk pada bracing dengan syarat $\lambda \leq \lambda p$.

   Flens:

   $$\boldsymbol{\lambda} = \frac{bf}{2tf} \leq \lambda p = 0{,}32\sqrt{\frac{E}{Fy}}$$

   Web :

   $$\boldsymbol{\lambda} = \frac{h}{tw} \leq \lambda p = 1{,}57\sqrt{\frac{E}{Fy}}$$
6. Perhitungan Tegangan Kritis Melakukan analisa untuk perbandingan 2 syarat.

   $\frac{Lc}{r} \leq 4{,}71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ atau $\frac{Fy}{Fe} \leq 2{,}25$ tekuk *inelastic*

   $F_{cr} = (0{,}658^{\frac{Fy}{Fe}}).Fy$

   $\frac{Lc}{r} \leq 4{,}71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ atau $\frac{Fy}{Fe} > 2{,}25$ tekuk *elastis*

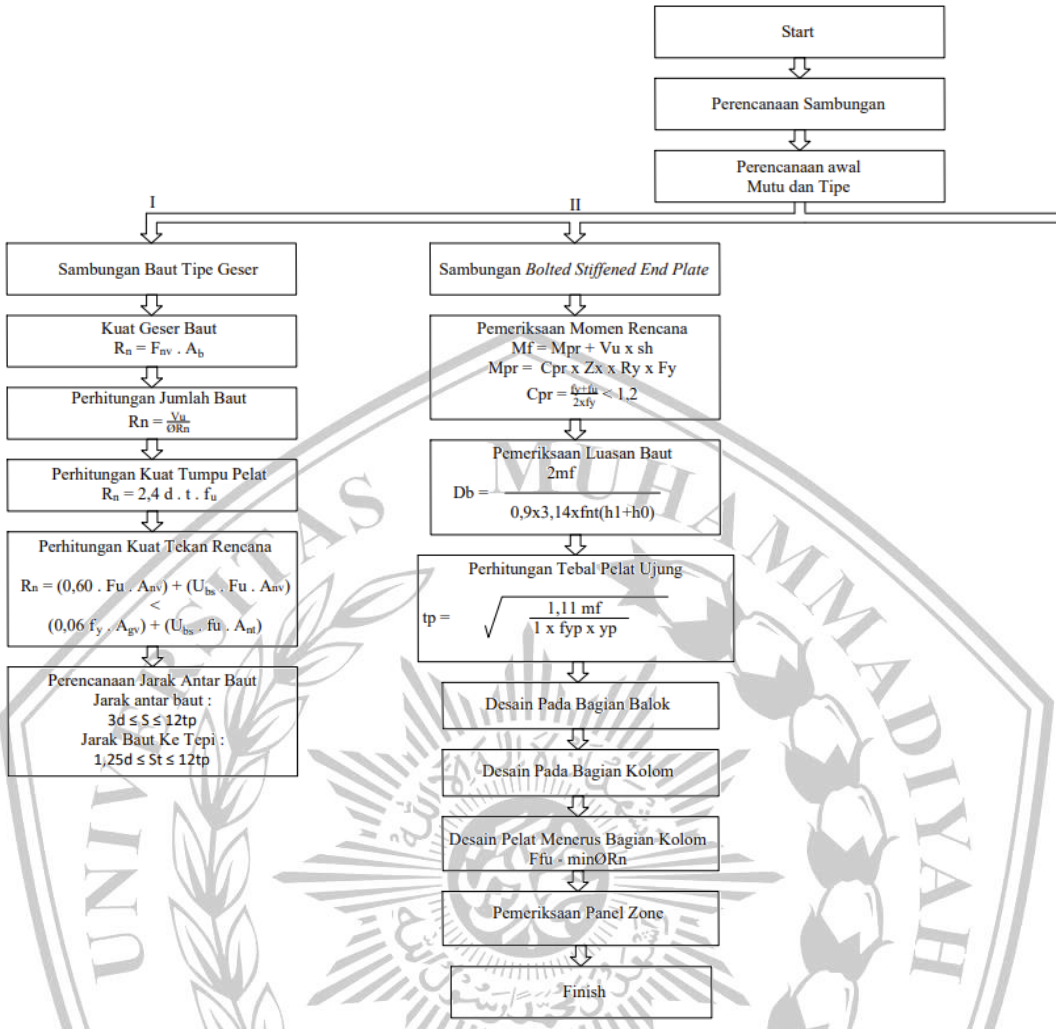
   $F_{cr} = 0{,}877.Fe$

Setelah itu melakukan perbandingan untuk menentukan tekuk lentur

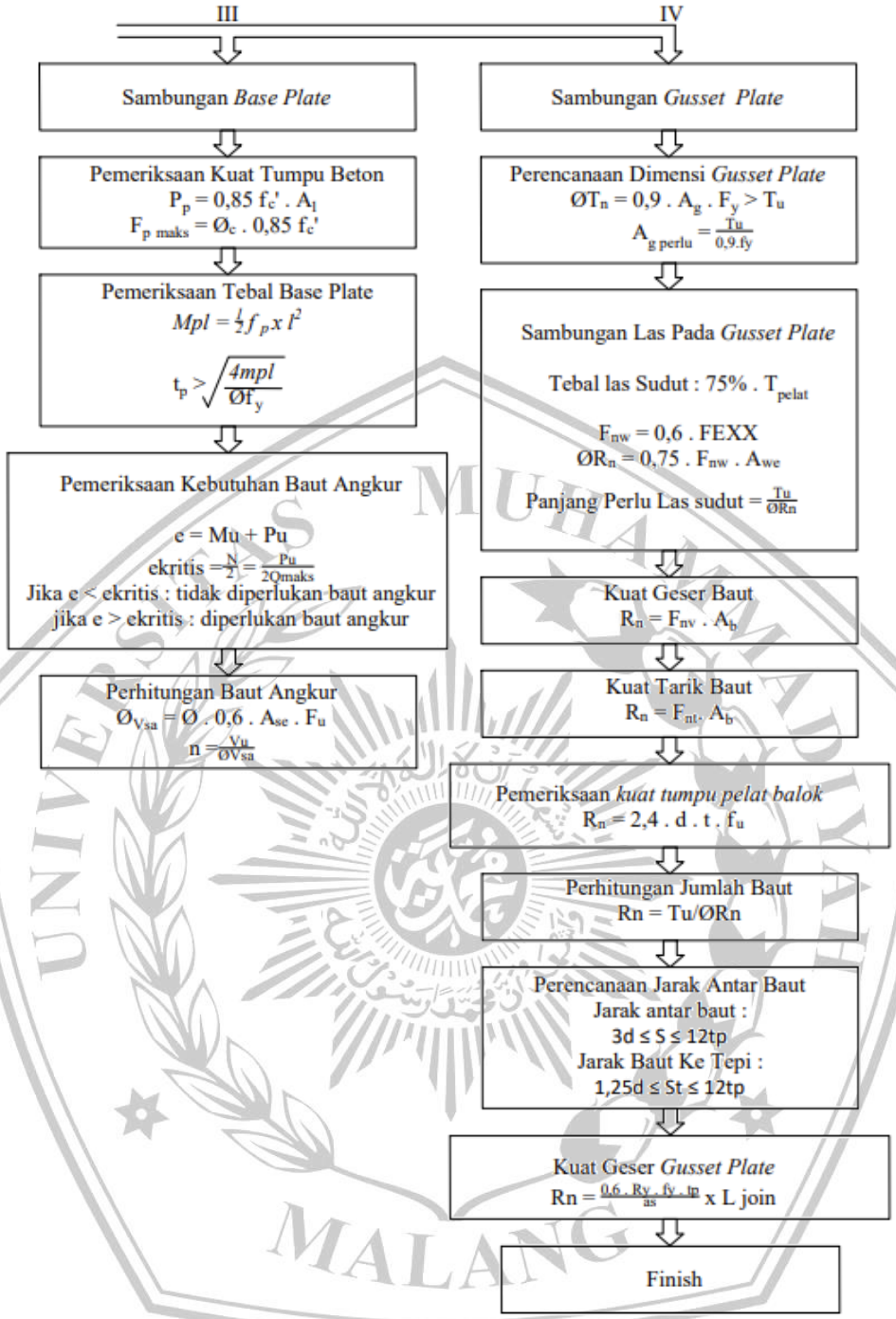
$Fe = \frac{\pi^2 E}{(\frac{Lc}{r})^2}$

7. Pemeriksaan Kuat Tekan dilakukan kontrol ØPn ≥ Pu.

3.6.5 Diagram Alir Perencanaan Sambungan



Gambar 3. 9 Digram Alir Perencanaan Sambungan I dan II



Gambar 3. 10 Diagram Alir Perencaan Sambungan III dan IV

Perencanaan Sambungan

1. Sambungan Baut Tipe Geser.
2. Sambungan baut tipe geser harus menggunakan baut dengan mutu yang tinggi, sebab ini akan berpengaruh pada kekuatan dan kekakuan sebuah sambungan.
3. Perhitungan Kuat Geser Baut Setelah melakukan kondisi leleh dan kondisi fraktur, barulah dapat dilanjutkan melukan perhitungan tinjau kuat geser baut (satu bidang geser).
4. Perhitungan Jumlah Baut Setalah mendapat jumlah baut yang digunakan, dapat dilanjutkan kekuatan rencana geser baut total.
5. Perhitungan Kuat Tumpu Pelat Dilakukan analisis perbandingan.
   $R_n = 1{,}2\ l_c\ t_p\ f_u^p \leq 2{,}4\ d_b\ t_p\ f_u^p$
6. Setalah didaptkan perbandingan terhadap 1 baut, maka dilakukan perhitungan kuat rencana tumpu pelat keseluruhan sambungan.
7. Pemeriksaan Kuat Tekan Rencana Data yang diperlukan untuk melakukan pemeriksaan ini yaitu Luas penampang yang diperlukan untuk perhitungan blok geser. Setelah melakukan perhitungan perbandingan, dipilih Rn terkecil antara Rn kiri dan Rn kanan.
8. Jarak Antar Baut dilanjutkan dengan perhitungan untuk jarak tepi baut 1,25d ≤ St ≤ 12tp atau 150 mm dan untuk jarak antar baut 3d ≤ S ≤ 12tp atau 305 mm.
9. Sambungan *Bolt Stiffened End Plate*
10. Sambungan yang harus di desain sedemikian rupa sehingga perlu pemeriksaan desain pada bagian balok dan kolom saat terjadi leleh.
11. Pemeriksaan Momen Rencana Setelah itu dilakukan perhitungan perbandingan dengan momen rencana.
    $Mf = Mpr + Vu \times Sh$
    $Mpr = Cpr \times Zx \times Ry \times Fy$
    $C_{pr} = \frac{fy+fu}{2\ x\ fy} < 1{,}2$
12. Pemeriksaan Luasan Baut Setalah momen rencana aman, maka dilanjutkan dengan perhitugan luasan baut guna mencegah kegagalan geser.
13. Perhitungan Tebal Pelat Ujung Minimum Berdasarkan Lentur Setelah itu

dilakukan perhitungan tebal pelat ujung berdasarkan lentur untuk menentukan tebal pelat ujung minimum.

14. Perhitungan Kebutuhan Pengaku Pada Panel Zone Setelah itu dilanjutkan dengan menentukan kebutuhan pengaku panel zone dengan syarat harus terpenuhi. Tetapi jika persamaanya tidak terpenuhi, maka tebal pelat pengaku dapat dihitung dengan persamaan.

    $t2 \geq \frac{d2+w2}{90}$

15. Sambungan *Base Plate*
16. Cara menghubungkan pelat landasan ke kolom baja yaitu dengan cara dilas. Diperlukan juga baut angkur yang berjumlah minimal 2 buah untuk mengantisipasi apabila terjadi momen tak teduga yang kemungkinan akan tejadi selama masa konstruksi.
17. Perhitungan Kuat Tumpu Beton Dalam perencanaan kuat tumpu didasarkan pada kuat tumpu nominal dan rasio tahanan. Nilai kuat tumpu nominal tergantung pada luasan beton tumpuan yang tersedia.
18. Pemeriksaan Tebal *Base Plate* Apabila *base plate* bertumpu pada permukaan beton (pondasi) maka dimensi pelat landasan harus diperhitungkan sesuai ketentuan.
19. Pemeriksaan Kebutuhan Baut Angkur Setalah itu dilakukan analisis perbandingan untuk mencari tahu digunakan atau tidaknya baut angkur. Jika $e \leq e_{kritis}$ maka tidak dipelukan baut angkur. Jika $e > e_{kritis}$ diperlukan baut angkur.
20. Perhitungan Baut Angkur Langkah terakhir yaitu perhitungan untuk menentukan kebutuhan baut angkur.
21. Sambungan *Gusset Plate*.
22. Pemeriksaan Sambungan *Gusset Plate* pada bagian baut dan pelat sambung
23. Pemeriksaan gaya tarik maksimum yang dihasilkan bracing untuk digunakan sebagai nilai yang ditahan oleh sambungan.
24. Pendimensian pelat buhul.

    $Ø\ T_n = 0{,}9\ .\ Ag\ .\ Fy \geq Tu$

    $Ag_{\ Perlu} = \frac{Tu}{0{,}9\ .\ fy}$

25. Pemeriksaan sambungan Las pada pelat buhul.

Tebal pelat buhul yang digunakan

Tebal las minimum

Tebal las sudut = 75% . t_{pelat}

F_{nw} = 0,6 . FEXX

øR_n = 0,75 . F_{nw} . A_{we}

26. Panjang Perlu Las Sudutz:

$$\frac{Tu}{øRn}$$

27. Tinjau Kuat Geser Baut:

$R_n = F_{nv} . A_b$

28. Tinjau Kuat Tarik Baut:

$R_n = F_{nt} . A_b$

29. Tinjau Kuat Tumpu Pelat Balok (Profil WF):

R_n = 2,4 . d . t . F_u

30. Menentukan jumlah baut yang diperlukan dalam sambungan:

$$n = \frac{Tu}{ØRn}$$

31. Tinjau Kuat Geser Pelat Buhul:

$$Rn = \frac{0,6 . ry . fy . tp}{as} \text{x L join}$$

32. Dalam pemasangan baut harus diperhatikan jarak antara baut satu dengan yang lainnya. Hal ini agar baut dapat memikul beban sesuai dengan kekuatnnya dan mempermudah saat pemasangan.

33. Untuk jarak tepi baut $1,25_d \leq St \leq 12_{tp}$ atau 150 mm

34. Untuk jarak antar baut $3d \leq S \leq 12_{tp}$ atau 305 mm