



## REDESAIN STRUKTUR GEDUNG KULIAH UMUM FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS DIPONEGORO MENGGUNAKAN KONSTRUKSI BAJA BERDASARKAN SNI 1729-2015 DAN SNI 7972-2013

Gunawan Edi W., Maulin Dwi Septyani P., Sri Tadjono \*), Hardi Wibowo \*)

Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, S.H., Tembalang, Semarang. 50239, Telp: (024)7474770, Fax: (024)7460060

### ABSTRAK

Struktur Gedung Kuliah Umum Fakultas Teknik Universitas Diponegoro ini dirancang menggunakan struktur baja dengan metode perencanaan Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Pedoman utama dalam perencanaan mengacu pada SNI 1729-2015 Baja, SNI 7972-2013 Sambungan Terpraktualifikasi dan SNI 1726-2012 Gempa.

Pemodelan struktur dirancang dengan menggunakan software *Structure Analysis Program* (SAP 2000) dan AutoCad. Pemilihan profil awal dilakukan berdasarkan ukuran profil yang tersedia dipasaran. Kemudian setiap elemen dan profil dihitung berdasarkan gaya-gaya dalam yang harus dipikul. Begitu pula dengan sambungan-sambungan baik sambungan las maupun baut. Digunakan sendi plastis dengan tipe Penampang Balok Tereduksi untuk desain ketahanan terhadap gaya gempa.

Hasil dari perhitungan menunjukkan bahwa struktur Gedung Kuliah Umum dengan menggunakan struktur baja aman secara analitis.

**Kata kunci:** SRPMK, Struktur Baja, Penampang Balok Tereduksi

### ABSTRACT

*The structure of Gedung Kuliah Umum Faculty of Engineering Diponegoro University was designed using steel structure with Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) method. The design of this building based on SNI 1729-2015, SNI 7972-2013 and SNI 1726-2012.*

*Building modeling was created using SAP (Structure Analysis Program) 2000 and AutoCad. Determining its early profile (beam, column, etc.), based on the size are on the market nowadays. And then, every elements and profiles were analyzed based on its internal forces, so with the welded and bolt joint. Reduced Beam Section was used for plastic joint to withstand earthquake load.*

*The result show that structural design of Gedung Kuliah Umum using steel structure analysisly was safe.*

**Keyword:** SRPMK, Steel Structure, Reduced Beam Section

---

\*) Penulis Penanggung Jawab

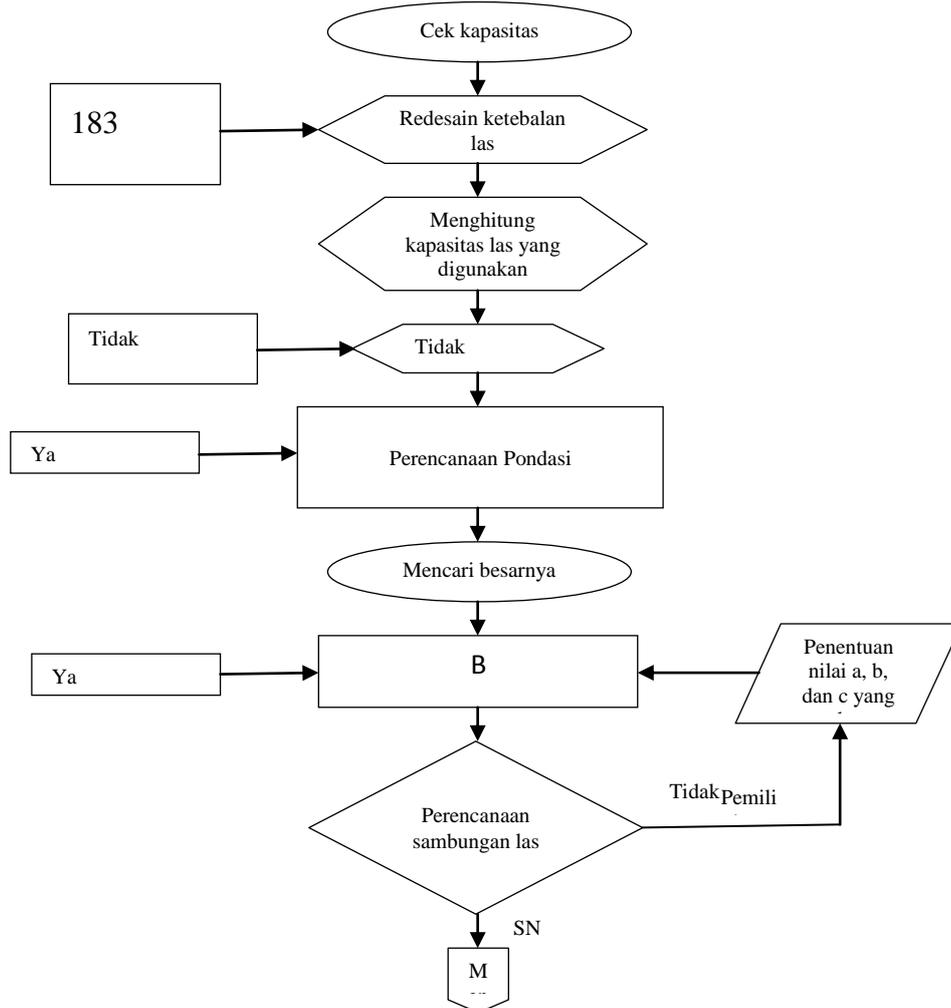
**PENDAHULUAN**

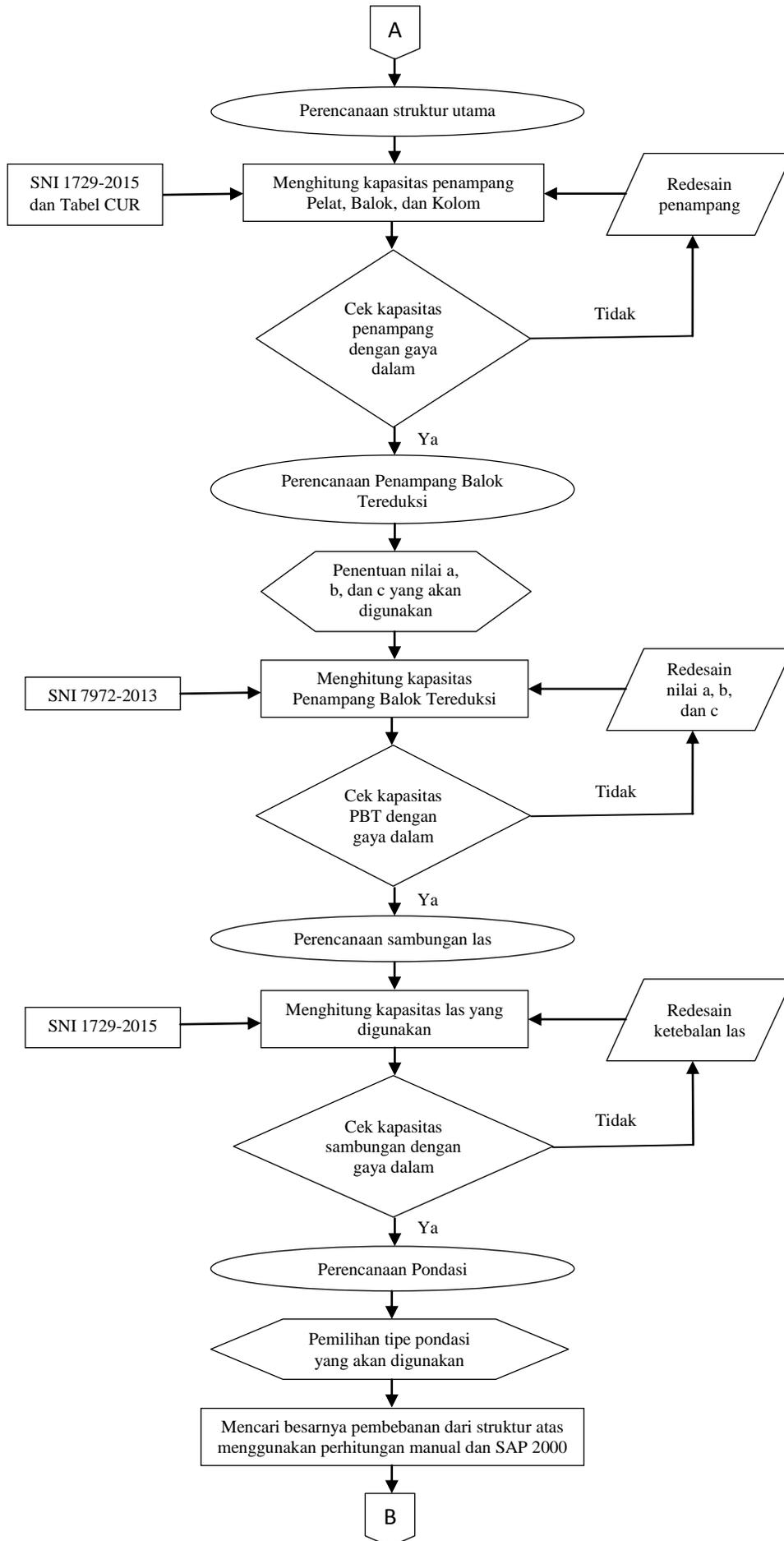
Kondisi lingkungan kampus yang saling terpisah pada Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, merupakan suatu kendala dalam kegiatan gabungan antar jurusan. Untuk menghilangkan kendala tersebut, Fakultas Teknik akan membangun sebuah gedung yang dapat digunakan secara bersama. Gedung baru tersebut akan memberikan banyak manfaat dalam memfasilitasi kegiatan gabungan antar jurusan pada Fakultas Teknik. Disamping sebagai sarana kegiatan, gedung baru tersebut diharapkan sebagai *icon* dari Fakultas Teknik.

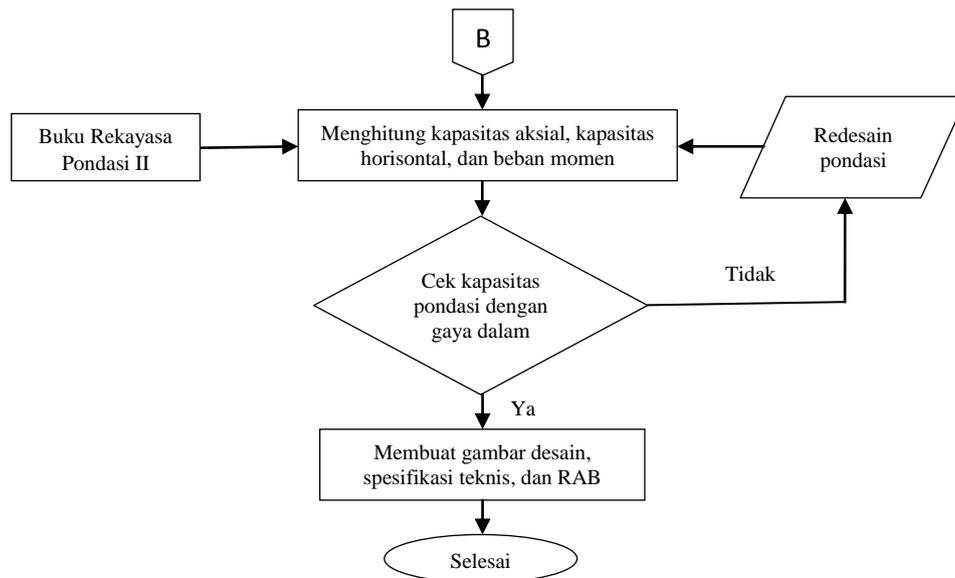
Struktur GKU sendiri menggunakan beton bertulang, penggunaan beton bertulang hampir menyeluruh kecuali pada rangka atap. Sedangkan kami mencoba menerapkan struktur baja pada perencanaan GKU Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Penggunaan struktur baja pada bangunan bertingkat masih jarang dilakukan di Indonesia. Sedangkan struktur baja memiliki beberapa kelebihan dibandingkan struktur beton, yaitu baja lebih daktail dan lebih cepat dalam proses pemasangannya. Perencanaan struktur baja pada GKU yang akan kami lakukan menggunakan peraturan terbaru yang berlaku di Indonesia (SNI) yang diterbitkan oleh BSN.

**METODOLOGI**

Diagram alir Perencanaan Struktur Gedung Kuliah Umum dapat dilihat pada Gambar 1.







Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan Struktur Gedung Kuliah Umum

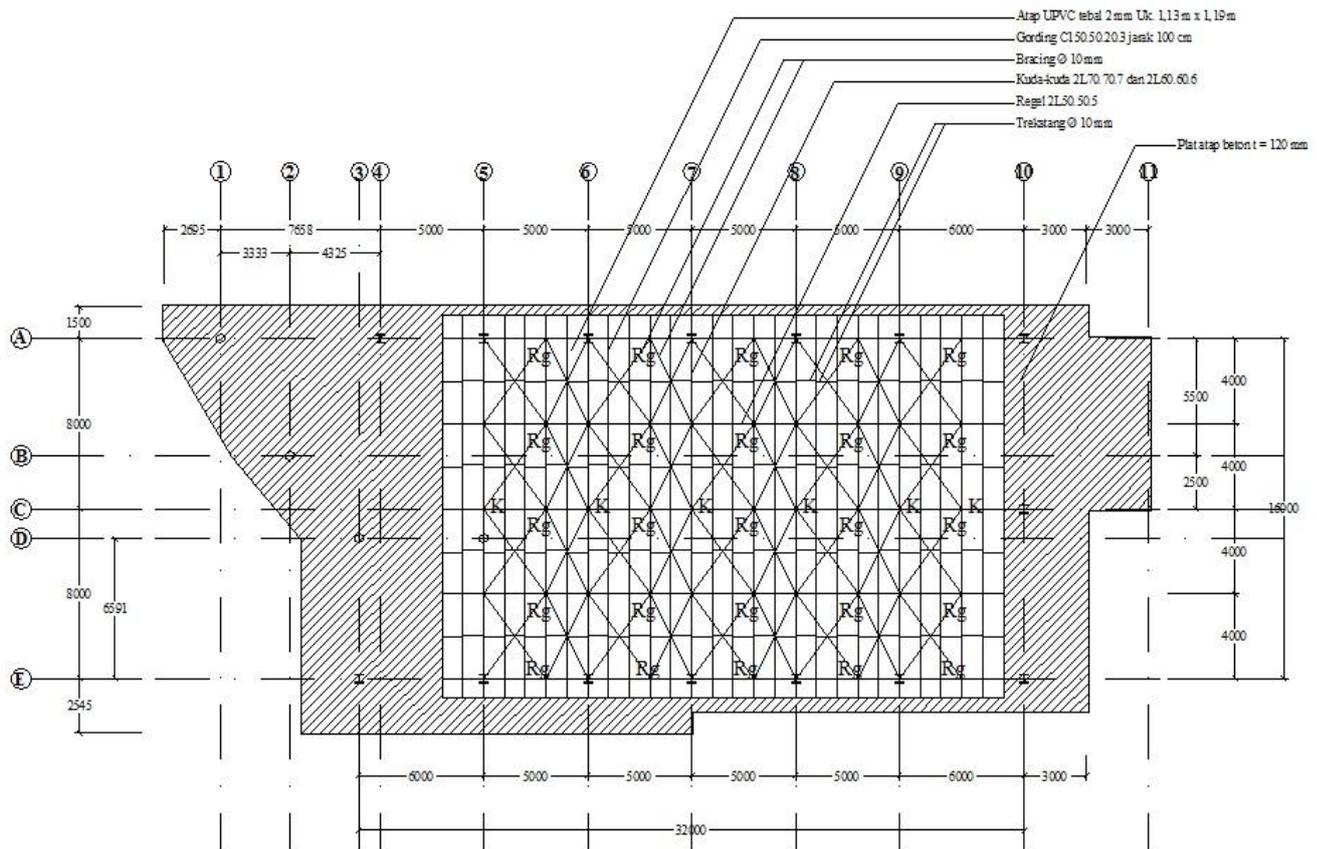
## PERENCANAAN STRUKTUR

### Perencanaan Struktur Atap

Struktur harus dirancang sedemikian rupa hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor. Peraturan pembebanan untuk struktur atap menggunakan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) tahun 1983<sup>6</sup>. Beban mati ( $D$ ) besarnya tergantung dari ukuran profil dan massa jenis bahan material yang digunakan. Beban hidup ( $L$ ) merupakan beban pekerja yang besarnya 100 kg. Beban hujan ( $R_a$ ) besarnya tergantung dari sudut kemiringan atap dan ditentukan dari persamaan  $40-0,8\alpha < 20 \text{ kg/m}^2$ , dimana  $\alpha$  adalah sudut kemiringan atap. Sedangkan beban angin ( $W$ ) tergantung dari lokasi bangunan dan sudut kemiringan atap, beban angin ditentukan dengan persamaan  $c(0,02.\alpha-0,4)$ , dengan  $c$  adalah koefisien yang besarnya minimum diambil 25  $\text{kg/m}^2$  dan juga tergantung dari lokasi bangunan. Kombinasi pembebanan yang digunakan dalam perencanaan atap adalah sebagai berikut:

1.  $1,4D$
2.  $1,2D + 1,6L + 0,5(R_a)$
3.  $1,2D + 1,6(R_a) + (L/0,5W)$
4.  $1,2D + 1,0W + L + 0,5(R_a)$
5.  $0,9D + 1,0W$

Dari semua kombinasi yang telah digunakan, diambil gaya dalam terbesar yang akan digunakan untuk perencanaan. Setiap profil dan elemen dalam struktur atap akan dianalisa terhadap kombinasi pembebanan yang telah ditentukan, lalu kapasitasnya dibandingkan dengan gaya dalam terbesar. Apabila kurang, maka perlu didesain ulang. Untuk kuda-kuda menggunakan 2 jenis profil, yaitu 2L70.70.7 untuk batang horisontal sedangkan 2L60.60.6 digunakan pada batang digonal dan batang vertikal kuda-kuda. Regel menggunakan profil 2L50.50.5 pada setiap batangnya.



Gambar 2. Rencana Atap

Desain struktur atap menggunakan jarak antar gording 1 m, jarak antara regel atau kuda-kuda sekunder 4 m, dan jarak antara kuda-kuda utama 5 m. Untuk elemen atap lainnya terdapat trekstang dan ikatan angin. Trekstang berfungsi sebagai pengaku antar gording sedangkan ikatan angin atau *bracing* digunakan sebagai pengaku antar kuda-kuda. Trekstang dan *bracing* menggunakan besi ulir diameter 10 mm.

Profil di kontrol dengan  $R_u \leq \phi \cdot R_n$ . Gaya beban  $R_u$  nilainya harus lebih kecil dari kapasitas  $R_n$  dikalikan dengan faktor reduksi  $\phi$ .

Tabel 1. Rekapitulasi kontrol rencana atap

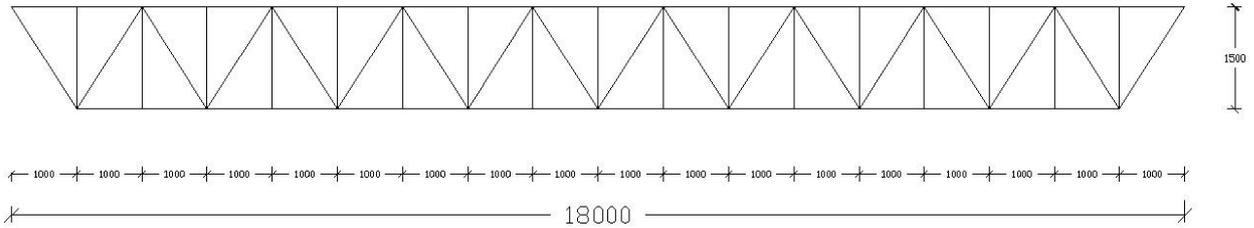
Profil	$M_{ux}$ kgm	$\phi M_{nx}$ kgm	$M_{uy}$ kgm	$\phi M_{ny}$ Kgm	$P_u$ kg	$\phi P_n$ kg	Stress Ratio
Gording 150.50.20.3	206,863	835,751	78,581	247,386	-	-	0,628
Trekstang Ø10 mm	-	-	-	-	89,511	1695,600	0,053
Ikatan angin Ø10 mm	-	-	-	-	368,980	1130,400	0,326

Keterangan:

- $M_{ux}, M_{uy}$  = Kekuatan lentur perlu dalam arah sumbu x atau sumbu y
- $M_{nx}, M_{ny}$  = Kekuatan lentur nominal dalam arah sumbu x atau sumbu y
- $P_u$  = Kekuatan aksial perlu
- $P_n$  = Kekuatan aksial nominal
- $\phi$  = Faktor ketahanan

Perencanaan desain kuda-kuda harus diperhitungkan kekuatan tarik desain dan kekuatan tekan desain. Kekuatan tarik desain harus nilai terendah yang diperoleh dari keadaan batas dari leleh tarik pada penampang bruto, keruntuhan tarik pada penampang netto dan geser

blok. Kekuatan tekan desain harus nilai terendah dari tekuk lentur, tekuk torsi, dan tekuk torsi lentur. Dimana profil di kontrol dengan  $R_u \leq \phi \cdot R_n$



Gambar 3. Rencana Kuda-Kuda

Tabel 2. Rekapitulasi kontrol rencana kuda-kuda

Profil	Tarik			Tekan		
	$R_u$ kg	$\phi R_n$ kg	Stress Ratio	$R_u$ Kg	$\phi R_n$ kg	Stress Ratio
2L50.50.5	991,900	11435,109	0,087	1831,230	11671,277	0,157
2L60.60.6	5037,190	15387,131	0,327	5140,400	17476,671	0,294
2L70.70.7	14186,270	18610,200	0,762	14492,100	17179,247	0,844

Keterangan:

$R_u$  = Kekuatan tarik/tekan perlu menggunakan kombinasi beban

$R_n$  = Kekuatan tarik/tekan nominal

### Perencanaan Struktur Utama

Pembebanan pada struktur utama terdiri dari beban mati, beban hidup, dan beban gempa (E). Beban mati dihitung secara otomatis pada SAP 2000. Beban mati tergantung dari massa jenis material yang digunakan. Sedangkan besarnya beban hidup untuk fasilitas pendidikan (ruang kuliah)<sup>6</sup> adalah  $250 \text{ kg/m}^2$ . Untuk beban gempa ditentukan dari percepatan respon spektrum, waktu getar bangunan, dan massa bangunan. Respon spektrum didapat berdasarkan perhitungan dengan SNI 1726-2012<sup>2</sup>, waktu getar dan massa bangunan didapat dengan bantuan SAP2000. Sedangkan kombinasi beban yang digunakan pada perencanaan struktur utama adalah sebagai berikut:

1. 1,4D
2. 1,2D + 1,6L
3. 1,2D + 1,0E + L
4. 0,9D + 1,0E

Berdasarkan SNI 1726-2012<sup>2</sup> gedung yang dirancang termasuk dalam kategori resiko IV, memiliki nilai  $I_e$  sebesar 1,5, dan termasuk dalam kategori situs tanah sedang (SD).

Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah:

- Kontrol partisipasi massa

Tabel 3. Partisipasi massa

OutputCase Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless
Modal	1	1.91185	0.73700	0.021	1.5E-05	0.737	0.021
Modal	2	1.72119	0.10000	0.174	4.2E-07	0.837	0.195
Modal	3	1.59006	0.00003	0.613	1.4E-06	0.837	0.808
Modal	4	0.59939	0.10000	0.002	2.3E-05	0.938	0.810

Modal	5	0.51696	0.00486	0.052	1.5E-06	0.943	0.861
Modal	6	0.48904	0.00014	0.064	2.5E-06	0.943	0.925
Modal	7	0.32399	0.03400	4E-04	2.2E-05	0.977	0.926
Modal	8	0.27613	0.00070	0.002	0.00105	0.977	0.928
Modal	9	0.26781	0.00176	0.024	0.00027	0.979	0.952
Modal	10	0.24552	0.00122	0.015	0.00018	0.980	0.968
Modal	11	0.22590	0.00480	0.002	1E-05	0.985	0.970
Modal	12	0.20446	0.01100	0.001	0.0014	0.996	0.971
Modal	13	0.17128	0.00082	0.017	6.8E-05	0.997	0.987
Modal	14	0.15977	0.00308	0.002	0.00035	1.000	0.989
Modal	15	0.12567	2.5E-06	0.010	4.4E-05	1.000	1.000

Pada SNI 1726-2012 pasal 7.9.1<sup>2</sup> menyatakan bahwa, analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa aktual dalam masing-masing arah horisontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model. Dari tabel dapat dilihat bahwa pada mode ke 6 struktur sudah mencapai partisipasi massa > 90%.

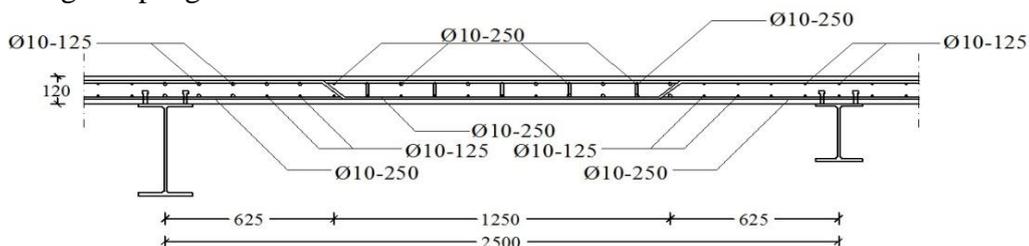
- Kontrol nilai respon spektrum

Tabel 4. Base shear respons spektrum

OutputCase Text	StepType Text	GlobalFX kg	GlobalFY Kg	V <sub>statik</sub> kg
Earth Quake X	Max	185637,500	69903,600	185593,678
Eart Quake Y	Max	57679,970	185896,200	185593,678

Pada SNI 1726-2012 pasal 7.9.4.1<sup>2</sup> menyatakan bahwa gaya geser dinamis harus lebih besar dari 85% gaya geser statik. Bila kurang harus dikalikan dengan suatu faktor skala. Dari tabel terlihat bahwa gaya geser dinamis arah X dan Y (Global Fx dan Global Fy) pada masing-masing arah gempa telah melampaui 85% gaya geser statik ekuivalen.

Perencanaan pelat pada GKU menggunakan mutu beton  $F'c = 24$  MPa dan mutu tulangan  $Fy = 240$  MPa. Dikarenakan banyaknya ukuran pelat yang berbeda, tipe pelat pada perencanaan GKU dibagi menjadi 2 tipe berdasarkan luasan, yaitu tipe I untuk pelat dengan luas lebih dari  $10\text{ m}^2$  dan tipe II untuk pelat dengan luas kurang dari  $10\text{ m}^2$ . Tahap-tahap perencanaan pelat lantai dimulai dengan menentukan syarat-syarat batas dan bentang pelat lantai. Syarat batas dan bentang tujuannya untuk menentukan apakah pelat termasuk sistem *one-way slab* atau *two way slab*. Kemudian ketebalan pelat lantai akan tergantung dari koefisien  $\alpha$ . Dimana koefisien  $\alpha$  merupakan nilai perbandingan antara kekakuan balok penahan dengan pelatnya<sup>1</sup>. Ketebalan pelat yang didapat dari hasil perhitungan adalah 120 mm. Perhitungan momen akibat beban ultimate menggunakan metode koefisien momen berdasarkan tabel 4.2.b pada buku Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang<sup>8</sup>. Terdapat 4 perhitungan untuk penulangan pelat yaitu tulangan pada tumpuan arah X dan Y serta tulangan lapangan arah X dan Y.



Gambar 4. Penulangan pelat lantai

Perencanaan balok menggunakan mutu baja BJ55 yang memiliki nilai  $F_y$  sebesar 410 Mpa dan menggunakan penampang profil IWF. Balok dibagi menjadi balok anak dan balok induk. Balok anak adalah balok yang pada tiap ujungnya tertumpu pada balok lain. Sedangkan balok induk adalah balok yang salah satu atau kedua sisinya tertumpu langsung pada kolom. Balok induk yang digunakan dalam perencanaan terdiri dari 3 ukuran, yaitu IWF 400.200, 300.150, dan 250.175. Sedangkan balok anak hanya menggunakan IWF 250.175. Kuat kapasitas balok ditinjau terhadap lentur, geser dan kombinasi lentur dan geser. Penampang di kontrol dengan stress ratio  $< 1$ .

$$\frac{M_u}{M_n} + \frac{V_u}{V_n} \leq 1 \tag{1}$$

Tabel 5. Rekapitulasi gaya luar dan stress ratio balok

Profil	$M_n$ (kgm)	$M_u$ (kgm)	$V_n$ (kg)	$V_u$ (kg)	Stress Ratio
IWF 400.200	52724,032	31090,050	78720,000	15061,860	0,868
IWF 300.150	29871,411	18395,420	66420,000	10463,130	0,859
IWF 250.175	21925,652	10135,810	42016,800	5282,990	0,653
IWF 250.175	21925,652	6354,860	42016,800	4706,770	0,447

Keterangan:

$V_u$  = Kekuatan geser terfaktor pada penampang

$V_n$  = Kekuatan geser nominal

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa setiap penampang balok memiliki stress ratio kurang dari 1, sehingga penampang balok yang direncanakan aman untuk digunakan.

Perencanaan kolom menggunakan mutu baja BJ55 yang memiliki nilai  $F_y$  sebesar 410 MPa dan kolom direncanakan menggunakan profil IWF 400.400 dan PSB bundar Ø500. Penggunaan kolom bulat dikhususkan untuk daerah joint balok yang memiliki titik temu lebih dari 4 atau dengan sudut pertemuan yang tidak saling tegak lurus. Sehingga memudahkan dalam mendesain sambungan balok-kolom dan juga proses pelaksanaan di lapangan. Kolom ditinjau terhadap tekan, lentur, dan kombinasi tekan dan lentur. Penampang di kontrol dengan stress ratio  $< 1$ .

$$\text{Untuk } \frac{P_u}{P_n} \geq 0,2, \text{ maka } \frac{P_u}{P_n} + \frac{8}{9} \frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \leq 1,0 \tag{2}$$

$$\text{Untuk } \frac{P_u}{P_n} < 0,2, \text{ maka } \frac{P_u}{2P_n} + \frac{M_{ux}}{M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ny}} \leq 1,0 \tag{3}$$

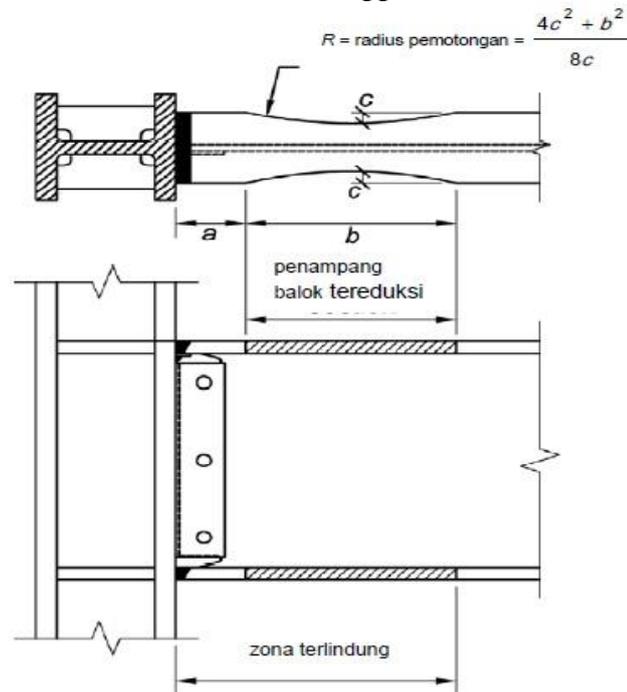
Tabel 7. Rekapitulasi gaya luar dan stress ratio kolom

Profil	$M_{ux}$ kgm	$\phi M_{nx}$ kgm	$M_{uy}$ Kgm	$\phi M_{ny}$ Kgm	$P_u$ kg	$\phi P_n$ Kg	Stress Ratio
IWF 400.400	16218,79	182801,79	24150,22	85805,34	246972,51	695009,91	0,68
PSB Bundar Ø500	10336,92	260477,10	49315,14	260477,10	210647,39	680783,03	0,51

Dari tabel diatas, baik kolom dengan profil IWF 400.400 atau PSB Bundar Ø500 memiliki stress ratio kurang dari 1, sehingga kedua profil tersebut aman digunakan.

**Perencanaan Penampang Balok Tereduksi**

Berdasarkan SNI 7972-2013 Pasal 5.1<sup>3</sup> dalam suatu sambungan momen penampang balok tereduksi (PBT), bagian dari sayap balok secara selektif dipangkas di daerah dekat sambungan balok ke kolom. Pelelehan dan pembentukan sendi dimaksudkan terjadi terutama di penampang balok tereduksi. Terdapat 3 besaran yang perlu diperhatikan dalam desain balok PBT, yaitu a, b, dan c. Besaran a merupakan jarak dari muka kolom ke sisi tereduksi terdekat. Besaran a dimaksudkan untuk memberi jarak agar sendi plastis tidak merusak kolom. Besarnya nilai a ditentukan dengan  $0,5 b_{bf} \leq a \leq 0,75 b_{bf}$ . Untuk besaran b adalah panjang sisi balok yang tereduksi. Nilainya ditentukan dengan persamaan  $0,65d \leq b \leq 0,85d$ . Sedangkan besaran c adalah kedalaman reduksi dihitung dari sisi terluar balok hingga sisi terdalam balok yang direduksi. Nilai c dibatasi sebagai berikut  $0,1 b_{bf} \leq c \leq 0,25 b_{bf}$ .  $B_{bf}$  sendiri adalah lebar balok dan d adalah tinggi balok.



Gambar 5. Dimensi PBT

Tabel 6. Rekapitulasi gaya penampang balok tereduksi

Profil	a (mm)	b (mm)	c (mm)	$M_{pe}$ (kgm)	$V_n$ (kg)	$M_f$ (kgm)	$V_u$ (kg)
IWF 400.200	110	270	45	79086,048	78720,000	67794,200	31863,411
IWF 300.150	80	200	35	44807,117	66420,000	37800,466	23042,190
IWF 250.175	95	170	40	32888,478	42016,800	29584,413	32465,050

Keterangan:

$M_{pe}$  = Momen plastis kolom berdasarkan tegangan leleh ekspektasi

$M_f$  = Momen orde kedua yang diperlukan akibat kombinasi beban

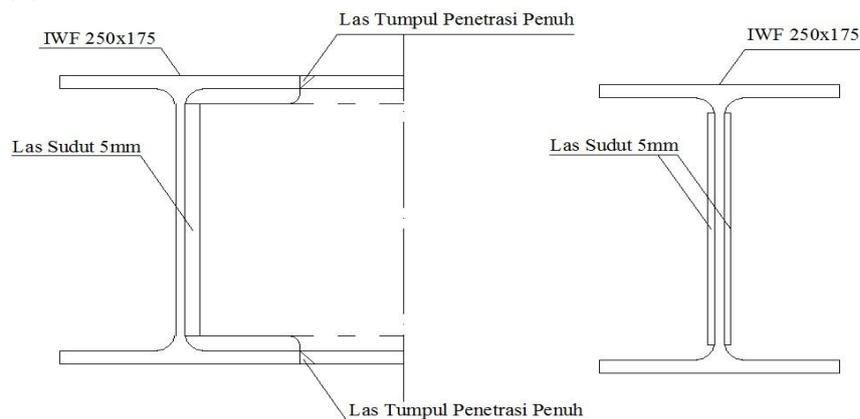
Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa setiap desain PBT pada masing-masing balok mampu menahan gaya geser maupun beban momen. Sehingga desain PBT yang direncanakan aman untuk digunakan.

## Perencanaan Sambungan

Perencanaan sambungan pada GKU menggunakan sambungan tipe las, dengan mutu las (A36 < ¾ Inch), Tegangan leleh ( $F_y$ ) = 490 MPa. Tipe las yang digunakan adalah las sudut (*edge welds*) dan las tumpul (*groove welds*). Berdasarkan SNI 1729-2015<sup>4</sup>, ketebalan las ditentukan berdasarkan ketebalan pelat yang hendak disambung. Pada Gedung Kuliah Umum digunakan 5mm untuk ketebalan las sudut maupun las tumpul. Kuat sambungan di kontrol dengan  $R_u \leq \phi \cdot R_n$

### 1. Sambungan balok anak dengan balok anak

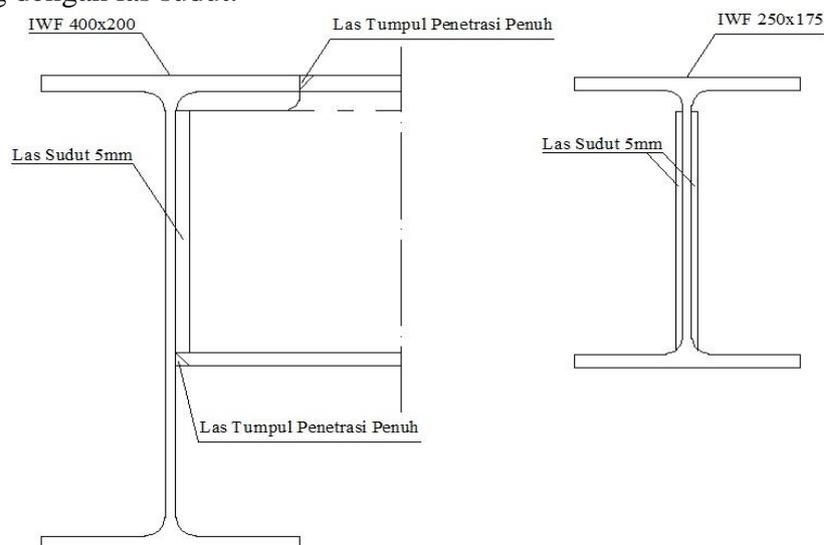
Sambungan balok-balok dengan tinggi yang sama. Maka masing masing sayap balok akan bertemu dan disambung dengan las tumpul. Sedangkan badan balok disambung dengan las sudut.



Gambar 7. Sambungan balok anak dengan balok anak

### 2. Sambungan balok anak dengan balok induk

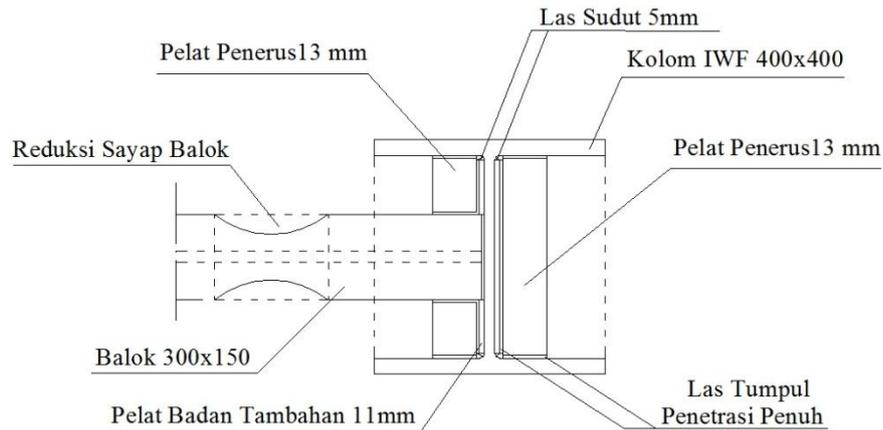
Sambungan balok-balok dengan ketinggian yang berbeda. Sayap bagian atas balok anak dilas tumpul dengan sayap balok induk. Sedangkan pada bagian sayap bawah balok anak disambung dengan las tumpul pada badan balok induk. Untuk badan balok anak disambung dengan las sudut.



Gambar 8. Sambungan balok anak dengan balok induk

### 3. Sambungan balok dengan kolom

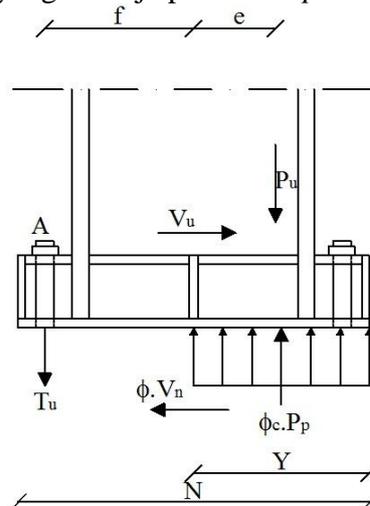
Untuk sambungan balok-kolom, baik badan maupun sayap disambung dengan las tumpul.



Gambar 9. Sambungan balok dengan kolom

*Base plate* merupakan pelat baja yang berperan sebagai penghubung antara struktur atas dan struktur bawah yang berfungsi untuk menyalurkan beban dari kolom menuju struktur di bawahnya. Perencanaan dimensi *base plate* melibatkan gaya vertikal, momen dan geser, oleh karena itu diperlukan perhitungan dimensi *base plate* untuk menahan gaya-gaya tersebut. Perencanaan *base plate* meliputi dua langkah utama yaitu dengan menentukan ukuran *base plate* dan menentukan ketebalan *base plate*.

*Base plate* yang digunakan dalam perencanaan menggunakan ukuran panjang 600 mm, lebar 600 mm, tebal *base plate* 16 mm (2 lapis), tebal *stiffener* 12 mm, dengan kuat leleh ( $F_y$ ) 410 MPa dan kuat tekan beton untuk kolom pedestalnya ( $F'_c$ ) 20 MPa. Setelah menentukan ukuran awal, lalu *base plate* dihitung kuat tekan terhadap beton pedestal dan dibandingkan dengan beban aksial dari kolom, atau ditentukan dengan persamaan  $P_u \leq \phi_c \cdot P_p$ . Dimana  $P_u$  adalah beban aksial dari kolom yang harus ditahan dan  $\phi_c \cdot P_p$  adalah kuat tekan yang dihasilkan oleh kolom pedestal *base plate*. Selain harus menahan gaya aksial, *base plate* juga harus mampu memikul gaya geser dan momen lentur. Jika nilai eksentrisitas ( $e$ ) diantara  $\frac{N}{6}$  dan  $\frac{N}{2}$ , maka angkur harus didesain agar dapat menahan gaya *uplift* serta gaya geser yang terjadi. Gaya-gaya yang bekerja pada *base plate* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Gaya-gaya yang terjadi pada *base plate*

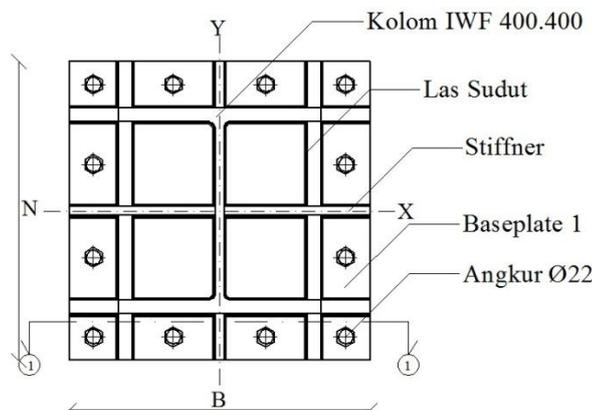
Tabel 8. Rekapitulasi perhitungan *base plate*

Kolom	$T_u$ Kg	$V_{ub}$ kg	$\phi V_n$ kg	$\phi T_n$ Kg	n	$T_{ub}$ kg	l mm
IWF 400.400	75975,149	597,223	13087,913	21830,850	4	18993,787	700
PSB Bundar Ø500	130883,576	527,303	13087,913	21830,850	6	21813,929	700

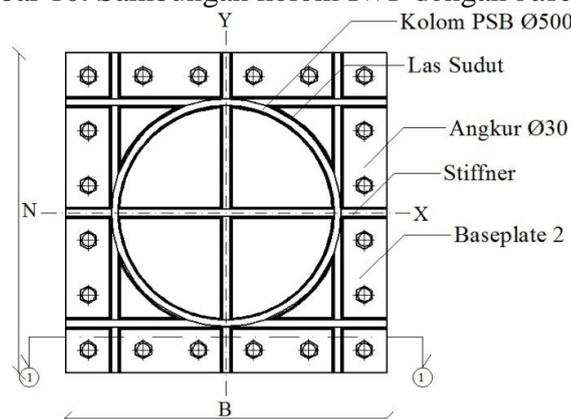
Keterangan:

- $T_{ub}$  = Gaya tarik terfaktor pada angkur
- $T_n$  = Kuat tarik nominal angkur
- $V_{ub}$  = Gaya geser terfaktor pada angkur
- n = Jumlah angkur yang digunakan
- l = Panjang penyaluran angkur

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa setiap desain *base plate* pada masing-masing tipe kolom mampu menahan gaya tarik maupun gaya geser. Sehingga desain *base plate* yang direncanakan aman untuk digunakan.



Gambar 10. Sambungan kolom IWF dengan *base plate*



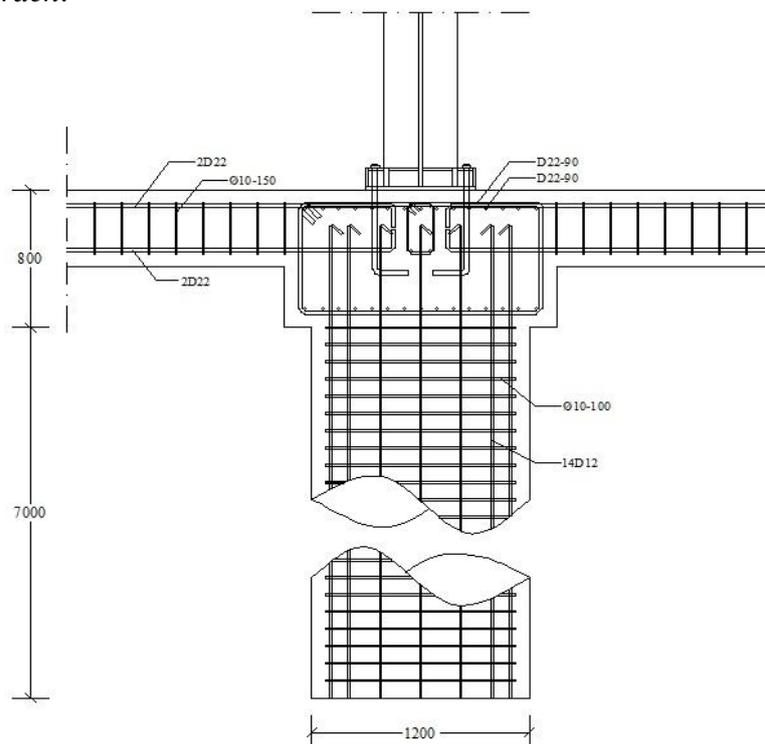
Gambar 11. Sambungan kolom PSB Bundar dengan *base plate*

### Perencanaan Desain Struktur Bawah

Perencanaan pondasi pada GKU menggunakan pondasi sumuran. Pondasi sumuran cocok untuk tanah yang memiliki kedalaman tanah keras relatif dangkal, selain itu metode pelaksanaan pondasi sumuran memiliki getaran yang kecil, sehingga aman untuk bangunan *existing* di sekitar lokasi proyek. Pondasi sumuran yang direncanakan menggunakan

ukuran diameter 1200 mm dengan kedalaman 7000 mm. Kuat tekan beton ( $F_c'$ ) 20 MPa dan tulangan menggunakan 14D12 untuk tulangan utama dan Ø10-100 untuk tulangan sengkang.

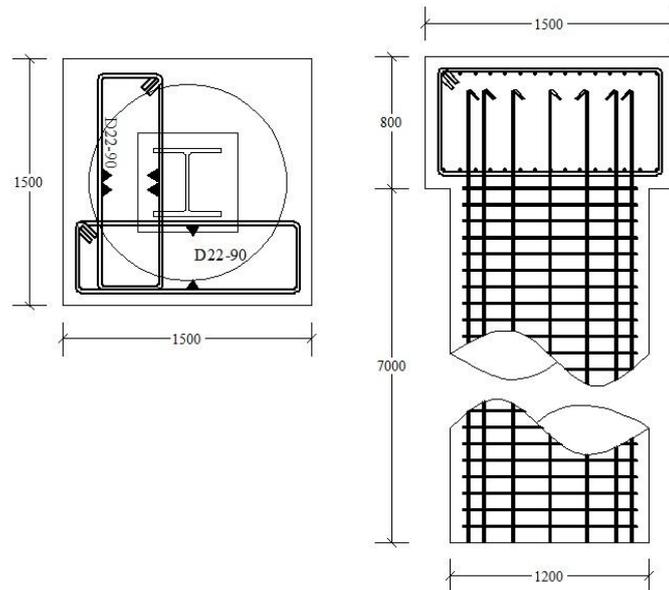
Pondasi sumuran harus memiliki daya dukung aksial dan horizontal. Daya dukung aksial dihitung dengan metode N-SPT Mayerhoff. Daya dukung aksial terdiri dari 2 komponen yaitu tahanan ujung dan tahanan gesek. Untuk tahanan ujung tiang ( $f_b$ ) dengan memperhatikan faktor kedalaman (tiang dalam lanau tidak plastis), Mayerhoff (1976) menyarankan  $0,4 \times N_{60} \times (L/D) \times \sigma_r \leq 3 \times N_{60} \times \sigma_r$ . Sedangkan untuk menghitung tahanan gesek satuan ( $f_s$ ) untuk tiang perpindahan kecil pada tanah tidak kohesif, Mayerhoff (1976) menyarankan  $(\sigma_r \times N_{60})/100$ . Dengan  $N_{60}$  adalah N-SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh prosedur lapangan dan N-SPT yang dikoreksi terhadap pengaruh prosedur lapangan dan tekanan *overburden*.



Gambar 12. Detail Pondasi Sumuran

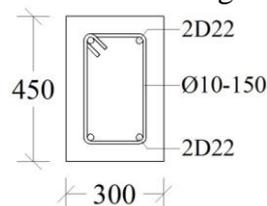
Perhitungan daya dukung horizontal pada pondasi sumuran menggunakan metode Broms. Dalam buku Analisis dan Perancangan Fondasi II<sup>7</sup>, metode perhitungan untuk mencari daya dukung horisontal atau tahanan lateral pondasi dibedakan menjadi 2, yaitu pada tanah kohesif ( $\phi = 0$ ) dan pada tanah granuler ( $c = 0$ ). Untuk tanah kohesif tahanan lateral lebih bergantung pada besarnya nilai  $c$  pada tanah tersebut, sedangkan untuk tanah granuler besarnya tahanan lateral tergantung pada kuat koefisien tanah pasif dan massa jenis tanah.

Untuk perencanaan *pile cap* terdiri dari 2 analisa, yaitu kekuatan *pile cap* terhadap momen pondasi dan terhadap gaya geser akibat aksial kolom. *Pile cap* menggunakan ukuran tinggi 800 mm, lebar 1500 mm, kuat tekan beton ( $F_c'$ ) 20 MPa, kuat tarik tulangan ( $F_y$ ) 240 MPa.



Gambar 13. Detail *Pile Cap*

*Tie beam* berfungsi untuk menjaga posisi pondasi agar selalu tetap dan menyeragamkan penurunan pondasi yang terjadi. *Tie beam* menahan gaya tekan aksial tarik maupun tekan. *Tie beam* menggunakan ukuran tinggi 450 mm, lebar 300 mm, kuat tekan beton ( $F_c'$ ) 20 MPa, menggunakan tulangan utama 4D22 dan tulangan sengkang  $\varnothing 10-150$ .



Gambar 14. Detail penampang *tie beam*

## RENCANA ANGGARAN BIAYA

Berikut rekapitulasi rencana anggaran biaya pada pekerjaan Gedung Kuliah Umum Fakultas Teknik Universitas Diponegoro tersaji pada Tabel 9. Perhitungan didasarkan pada Harga Satuan Pekerjaan Bahan dan Upah Pekerjaan Konstruksi Kota Semarang<sup>5</sup>.

Tabel 9. Rekapitulasi rencana anggaran biaya

NO	PEKERJAAN	REKAPITULASI BIAYA
I	PEKERJAAN PERSIAPAN	Rp 214.456.380,00
II	PEKERJAAN TANAH	Rp 21.448.963,20
III	PEKERJAAN BEKISTING	Rp 1.650.688.507,08
IV	PEKERJAAN BESI DAN ALUMINIUM	Rp 7.669.519.020,79
V	PEKERJAAN PENUTUP ATAP	Rp 38.831.400,00
VI	PEKERJAAN PEMBETONAN	Rp 780.148.757,85
	JUMLAH	Rp 10.375.093.028,92
	PAJAK (PPN 10%)	Rp 1.037.509.302,89
	JUMLAH	Rp 11.412.602.331,81
	TOTAL DIBULATKAN	Rp 11.412.610.000,00

## PENUTUP

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa yang dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan dan saran sebagai berikut:

- Berdasarkan SNI 1726-2012 (Tabel 9)<sup>2</sup>, Gedung Kuliah Umum Universitas Diponegoro termasuk dalam kategori desain seismik tipe D dengan ketinggian lebih dari 10 m, maka harus menggunakan desain Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)
- Jenis SRPMK yang digunakan adalah PBT
- Perhitungan kapasitas balok juga harus memperhatikan desain kapasitas dari PBT
- Gaya geser dasar dan partisipasi massa harus memenuhi persyaratan SNI 1726-2012<sup>2</sup>, agar mendapatkan beban gempa yang mencukupi
- Pemilihan profil dan elemen sebaiknya menggunakan ukuran yang ada di pasaran, sehingga penyediaan material lebih mudah tersedia
- Anggaran biaya yang telah direncanakan untuk Gedung Kuliah Umum Universitas Diponegoro adalah sebesar Rp 11.412.610.000,00
- Gambar rencana dibuat berdasarkan analisa perhitungan

## DAFTAR PUSTAKA

- Asroni, Ali. 2010. *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. (SNI 03-1726-2012). BSN, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Sambungan Terprakualifikasi Untuk Rangka Momen Khusus dan Menengah Baja Pada aplikasi Seismik*. (SNI 03-7972-2013). BSN, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. *Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. (SNI 03-1729-2015). BSN, Bandung.
- Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang Provinsi Jawa Tengah. 2017. *Harga Satuan Pekerjaan Bahan dan Upah Pekerja Konstruksi Kota Semarang*. Author, Semarang.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983*. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan, Jakarta.
- Hardiyatmo, Hary Christady. 2010. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Kusuma, Gideon dan W. C. Vis. 1993. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang*. Erlangga, Jakarta.