

BAB III

LANDASAN TEORI

3. 1. UMUM

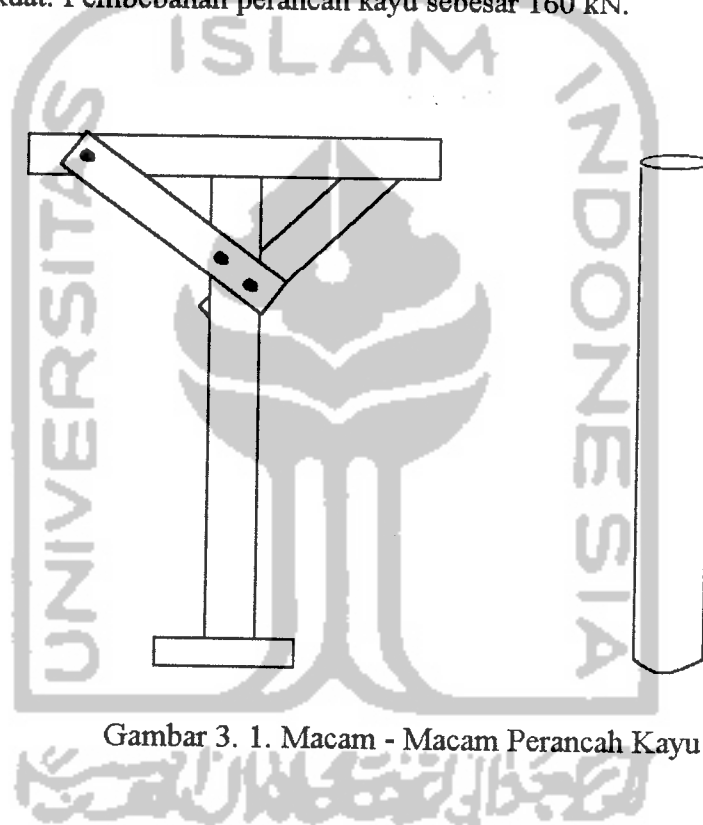
Selama tahun – tahun terakhir ini perancah telah banyak berkembang. Mulai dari perancah konvensional yang menggunakan kayu hingga berbahan baja. Perancah adalah suatu konstruksi penopang dalam arah vertikal yang berfungsi mendukung bekisting pada pekerjaan beton. Beberapa hal yang harus dipenuhi perancah karena penggunaannya yang sementara pada bangunan menurut F. Wigbout, (1992), dari buku Pedoman Tentang Bekisting adalah:

- a. Pada bobot yang ringan harus mampu memindahkan beban yang relatif berat.
- b. Harus tahan terhadap penggunaan yang berlangsung kasar
- c. Suatu penyetelan yang dipasang dengan cara sederhana.
- d. Sedikit mungkin komponen – komponen lepas.
- e. Mudah dikontrol.
- f. Kemungkinan pengulangan.
- g. Adanya jalan lalu lintas

Terdapat bermacam – macam jenis perancah yaitu:

a. Perancah Kayu

Perancah kayu dibuat dari kayu gergajian, kayu bulat, atau kayu yang diperkuat. Saat ini yang masih sering digunakan adalah perancah kayu dari kayu bulat karena harga belinya yang lebih rendah dibandingkan kayu gergajian maupun kayu yang diperkuat. Pembebanan perancah kayu sebesar 160 kN.

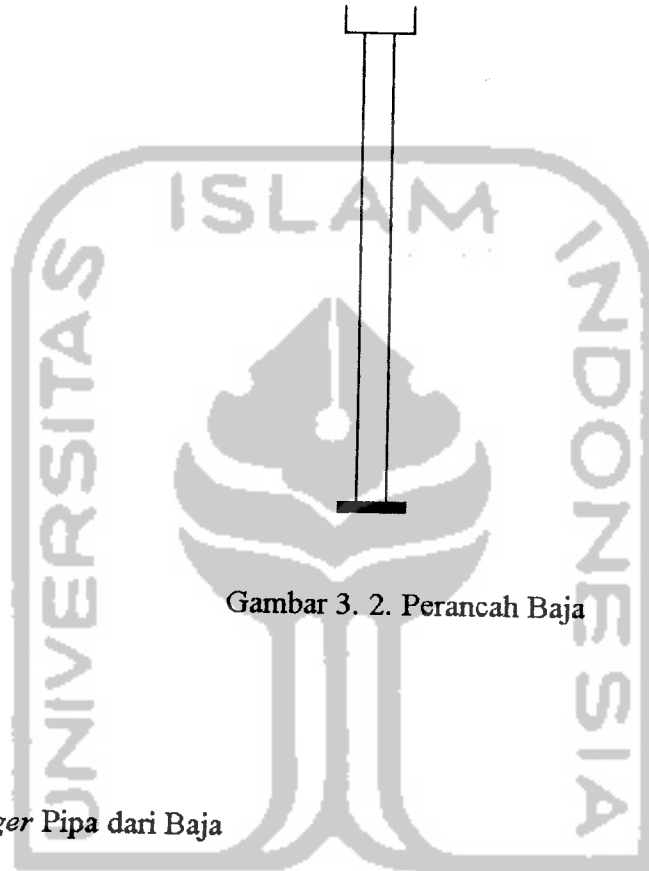


Gambar 3. 1. Macam - Macam Perancah Kayu

b. Perancah Baja

Perancah jenis ini biasanya digunakan dalam bentuk profil pipa bulat dan dikombinasikan dengan balok – balok baja sehingga menjadi satu kesatuan. Untuk

memindahkannya dengan bantuan mesin angkat seperti *tower crane*. Kelemahan dari perancah jenis ini adalah belum adanya sarana penyetel ketinggian.



Gambar 3. 2. Perancah Baja

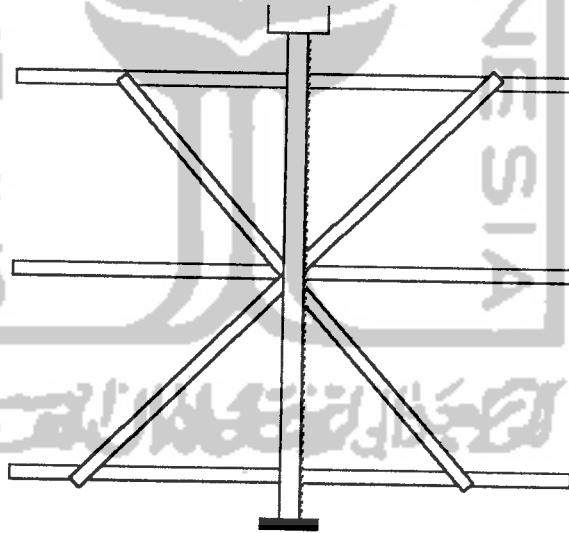
c. *Steiger* Pipa dari Baja

Steiger pipa baja adalah perancah dari profil pipa baja dengan diameter 5 cm dan tebal pipa 3,2 mm dengan panjang antara 1 sampai dengan 6 m. *Steiger* pipa baja dihubungkan satu dengan yang lain dengan bantuan perangkai - perangkai. Perangkai-perangkai tersebut dibagi menurut fungsinya sebagai berikut :

- perangkai silang : untuk menghubungkan pipa-pipa yang saling bersilangan tegak lurus.

- perangkat yang dapat berputar : untuk menghubungkan pipa-pipa yang saling bersilangan tidak tegak lurus.
- perangkat paralel : untuk menghubungkan pipa-pipa yang terletak dalam kepanjangan masing-masing.
- perangkat batang lintang : untuk menghubungkan batang-batang lintang pada gelagar-gelagar.

Mendirikan suatu *steiger* baja memerlukan banyak pengerjaan sehingga biasanya hanya digunakan pada konstruksi beton yang rumit saja. Pembebanan yang diijinkan pada satu tiang bervariasi dari 5 sampai 40 kN.

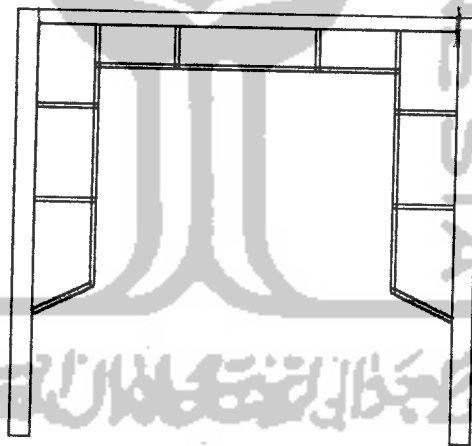


Gambar 3. 3. Steiger Pipa Baja

d. *Steiger* Sistem dari Baja.

Pengembangan dari *steiger* pipa adalah *steiger* system baja atau lebih dikenal dengan istilah *scaffolding* yang mempunyai kelebihan sebagai berikut : tidak begitu banyak memerlukan pengerjaan, tidak memerlukan pekerja-pekerja ahli, sedikit komponen, menara-menara yang dibangun telah memiliki stabilitas sendiri.

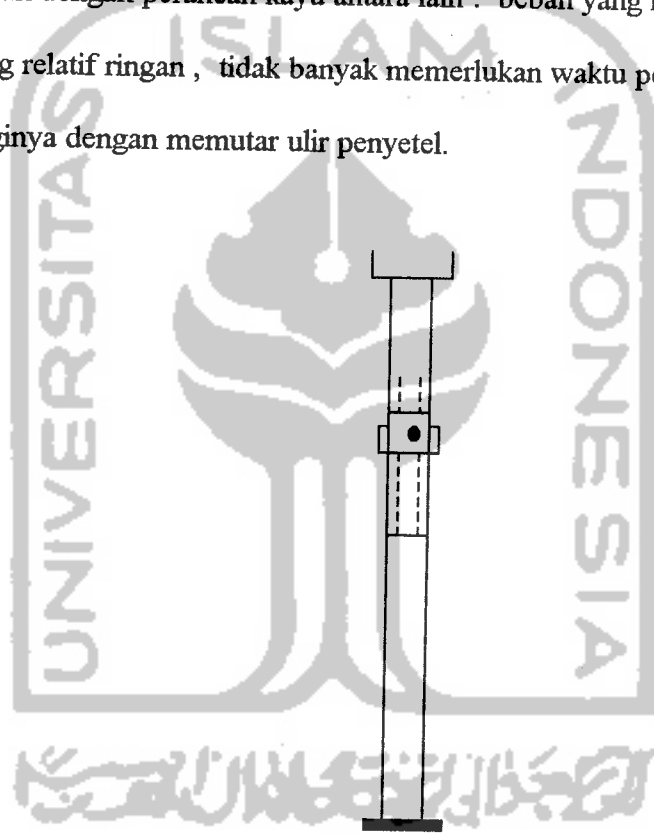
Beban yang diijinkan untuk tiap kuda – kuda atau *frame* adalah 50 sampai 100 kN. Satu unit menara minimal terdiri dari dua buah *frame* yang saling berhubungan. Beberapa buah menara dapat dirangkaikan satu sama lain, sehingga dapat dicapai pembebanan yang lebih besar. Beban yang diijinkan untuk setiap menara adalah 160 sampai 200 kN.



Gambar 3. 4. Scaffolding

e. Perancah Sekrup dari Baja.

Sebuah perkembangan lain dari pipa *steiger* baja adalah perancah sekrup, yang digunakan untuk beban-beban agak ringan misalnya dalam pembangunan rumah-rumah. Perancah sekrup baja merupakan pilihan lain disamping perancah kayu pada pekerjaan berskala kecil. Beberapa kelebihan perancah sekrup baja dibandingkan dengan perancah kayu antara lain : beban yang lebih besar pada bobot sendiri yang relatif ringan , tidak banyak memerlukan waktu pengerjaan, dan dapat diatur tingginya dengan memutar ulir penyetel.



Gambar 3. 5. Perancah Sekrup Baja

f. Perancah Konstruksi.

Perancah konstruksi atau *heavy duty prop* dipergunakan pada beban yang sangat dikonsentrasikan dan beban yang sangat berat. Pemasangannya dirangkaikan satu sama lain dengan bantuan pasak atau baut. Pengaturan ketinggian dilakukan dengan mengatur panjang bagian kepala dan bagian kaki yang dapat disetel. Elemen-elemen standar berpenampang segi tiga atau persegi dengan daya dukung bervariasi dari 140 sampai 350 kN. Hal-hal yang menguntungkan antara lain : beban yang diijinkan bisa sangat tinggi, ketinggian yang bisa disetel, komponen-komponen standar dapat ditukar-tukar.



Gambar 3. 6. Perancah Konstruksi

Pada pembangunan gedung bertingkat di Indonesia *scaffolding* dan perancah kayu merupakan jenis perancah yang menjadi pilihan. Akan tetapi *scaffolding* memberikan efisiensi yang lebih baik sehingga perancah kayu mulai ditinggalkan dan hanya digunakan pada proyek yang berskala kecil.

Perancah kayu dan *scaffolding* memiliki keuntungan dan kerugian.

Keuntungan *scaffolding* adalah :

- a. Tidak banyak memerlukan pengerjaan; bongkar pasang cepat.
- b. Mudah memasangnya sehingga tidak memerlukan tenaga ahli
- c. Menara yang dibangun memiliki stabilitas sendiri sehingga lebih aman.
- d. Sedikit komponen lepasnya.
- e. Penggunaan ulang sebanyak 50 – 100 kali. (Gideon K, 1993).

Sedangkan kerugian *scaffolding* adalah :

- a. Harga beli yang tinggi.
- b. Pabrikasi di tempat yang khusus dan harus ditangani tenaga yang berkualitas.
- c. Kemungkinan berkarat.
- d. Sambungan antar *scaffolding* harus selalu dalam keadaan bersih untuk memudahkan penyetelan.
- e. Terikat oleh ukuran – ukuran tertentu.
- f. Dalam pelaksanaannya di lapangan pemasangan *scaffolding* beserta komponen – komponen lepasnya (*cross brace*) mengakibatkan ruang yang tersedia menjadi sempit, sehingga lalu lintas pekerja untuk melakukan

pemeriksaan, memindahkan material dan lain – lain menjadi terganggu serta menimbulkan kesan semrawut.

- g. Memindahkan *scaffolding* dari lantai bawah ke lantai di atasnya ternyata menimbulkan kesulitan tersendiri karena bentuknya (sebagai gambaran, *scaffolding* tipe MF 1217 yang paling sering digunakan memiliki panjang 1219 mm dan tinggi 1700 mm).

Keuntungan perancah kayu adalah :

- a. Harga relatif murah.
- b. Kekuatan relatif besar pada massa volume yang kecil
- c. Dapat dengan baik menerima getaran, tumbukan, dan perlakuan yang kasar.

Sementara kerugian perancah kayu berkaitan erat dengan sifat kayu sendiri. Beberapa kerugian yang timbul adalah :

- a. Anisotrop (memiliki sifat yang tidak sama dalam satu arah) dan tidak homogen.
- b. Kembang susut yang besar, sangat dipengaruhi oleh cuaca.
- c. Tahan terhadap retakan dan geseran kecil.
- d. Kemungkinan penggunaan ulang yang kecil.
- e. Keterbatasan ukuran.
- f. Bongkar pasang perancah kayu membutuhkan waktu lama.

3. 2. TINJAUAN TERHADAP PEMASANGAN PERANCAH

Dalam pelaksanaannya dilapangan *scaffolding* yang sudah ada sekarang ini memerlukan komponen tambahan (komponen lepas) untuk dapat memenuhi fungsinya.

Komponen lepas tersebut adalah *joint pin* yang berfungsi untuk menyambung beberapa *frame scaffolding* ke arah vertikal. *Cross brace* berfungsi untuk menghubungkan *frame scaffolding* satu dengan lainnya ke arah horisontal. *Base jack* berfungsi sebagai penyetel ketinggian *scaffolding* dan dipasang di bagian bawah. Sedangkan *Head jack* atau *U head* mempunyai fungsi yang sama dengan *base jack* tetapi dipasang di bagian atas *scaffolding*. *Truss Support* adalah suatu pipa yang menghubungkan satu rangkaian *scaffolding* satu dengan lainnya dalam arah horisontal. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3. 7.

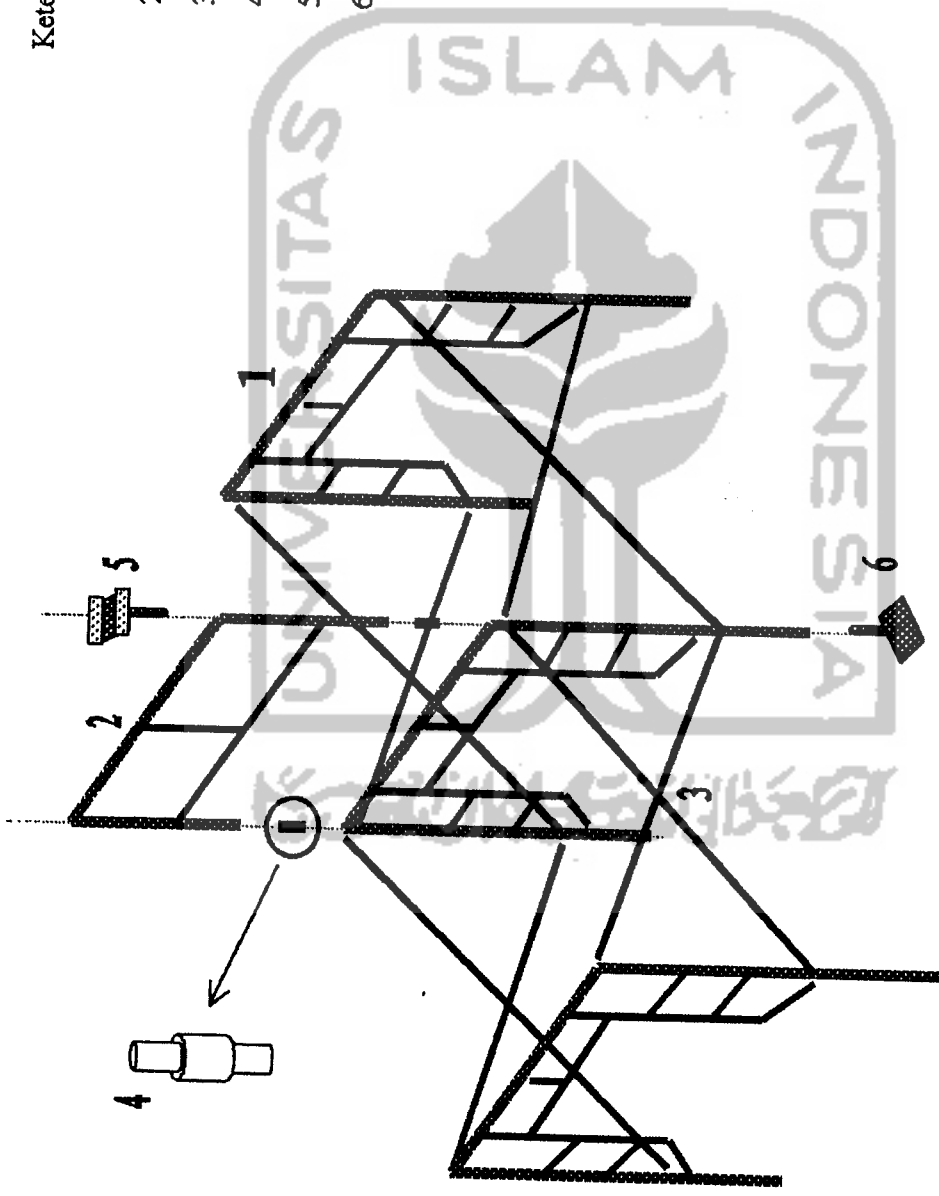
Dengan banyaknya komponen lepas tersebut mengakibatkan resiko kerusakan yang tinggi dan waktu perakitan yang relatif lama.

3. 3. TINJAUAN TERHADAP BEBAN

Dalam perencanaan beban suatu bekisting perlu diperhatikan beberapa faktor. Faktor – faktor ini antara lain beban yang ditopang, penggunaan bekisting yang berulang kali, faktor cuaca, keausan perancah akibat hentakan, getaran, dan pembebanan yang tidak merata. Ada dua jenis beban yang terjadi pada bekisting yaitu beban vertikal dan beban horisontal (Wigbout F, 1992).

Keterangan :

- 1. Main Frame
- 2. Ladder Frame
- 3. Cross Brace
- 4. Joint Pin
- 5. U - Head
- 6. Base Jack



Gambar 3. 7. Pemasangan Scaffolding dan Bagianya - Bagianya

Beban vertikal merupakan beban bekisting yang ditahan oleh konstruksi penopang, sedang beban horisontal merupakan beban yang terjadi akibat beban angin dan pelaksanaan yang tidak sesuai rencana.

3. 3. 1. Beban Vertikal

Beban vertikal ini terdiri dari :

a. Beban Oleh Bekisting

Untuk konstruksi bekisting konvensional (kayu) biasanya mempunyai berat $300 - 450 \text{ N/m}^2$, terdiri dari kayu – papan 150 N/m^2 , balok – balok anak 150 N/m^2 dan penyangga 150 N/m^2 .

b. Beban Oleh Spesi Beton

Untuk spesi beton tanpa tulangan $\gamma = 2400 \text{ kg/m}^3$ diperhitungkan beban seberat 24 kN/m^3 . Sedangkan spesi beton dengan tulangan $\gamma = 2500 \text{ kg/m}^3$ diperhitungkan beban seberat 25 kN/m^3 . Bila dipergunakan jenis beton lain misalnya beton ringan maka perlu dilakukan perhitungan ulang.

c. Beban Kerja

Setelah konstruksi bekisting selesai dipasang, dilaksanakannya berbagai pekerjaan selanjutnya seperti penulangan akan mengakibatkan terjadinya beban tambahan. Beban kerja ini sebesar $1,5 \text{ kN/m}^2$ merata yang terdiri dari dua buah

gerobak dorong diisi spesi masing – masing 400 kg dan beban pekerja. Beban kerja ini harus diperhitungkan pada perhitungan kekuatan bukan kekakuan.

d. Beban Setelah Perkerasan Sebagian

Pada umumnya setelah beton mengeras (lantai masih dalam tahap belum cukup keras), sudah dilakukan persiapan untuk pengecoran berikutnya. Hal ini menyebabkan timbulnya beban – beban tambahan akibat adanya kegiatan pembongkaran, angkutan material, dan pemasangan bekisting berikutnya. Beban ini diperhitungkan 10% lebih berat dari beban rencana.

3. 3. 2. Gaya Horisontal

Gaya horisontal ini diakibatkan oleh :

a. Beban Angin

Angin dapat menimbulkan beban horisontal maupun vertikal.

Vertikal : terjadi pada konstruksi bekisting balok dan pelat yaitu berupa sedotan dan tekanan angin.

Horisontal : berupa gesekan angin, tekanan angin dan sedotan angin. Konstruksi bekisting akan mengalami beban angin yang besar bila berada di daerah pantai.

b. Hal – hal diluar Perkiraan

Pada pelaksanaan pekerjaan konstruksi bekisting sering timbul hal – hal sebagai berikut :

- kesalahan penyetulan sehingga konstruksi bekisting tidak berdiri tegak lurus.
- Perancah yang mendapat beban eksentris
- Penyusutan yang tidak merata.

Untuk semua pengaruh tersebut dapat ditambahkan beban sebesar 2% dari beban vertikalnya.

3. 4. TINJAUAN KEKUATAN PERANCAH

Perancah pada dasarnya merupakan batang tekan yang menahan gaya tekan aksial akibat beban yang timbul dalam pelaksanaan pekerjaan beton. Faktor yang paling berpengaruh terhadap kuat tekan suatu batang adalah kelangsingannya, makin langsing suatu batang maka makin kecil kuat tekannya. Kelangsingan adalah perbandingan panjang tekuk (L_k) dengan jari - jari kelembaman (r). (dari Padosbajayo, (1991), Bahan Kuliah Struktur Baja 1).

Apabila beban yang didukung oleh batang relatif kecil maka dapat digunakan batang tunggal. Tetapi untuk beban yang besar sehingga batang tunggal tidak dapat digunakan maka batang tersusun (profil gabungan) adalah solusinya. Profil gabungan adalah gabungan dari dua profil tunggal atau lebih yang dihubungkan satu sama lain dengan batang atau pelat penghubung sehingga membentuk satu kesatuan.

Model perancah yang akan diteliti ini diharapkan mampu menahan beban yang besar, sehingga dibutuhkan suatu batang yang memiliki kelangsingan besar. Untuk memenuhi tuntutan tersebut maka digunakan profil gabungan. Profil yang dipilih adalah tulangan beton dengan pertimbangan berat permeter yang lebih ringan

mampu menahan beban yang lebih besar. Disamping itu kemudahan dalam perancangan dan kemudahan dalam mendapatkannya merupakan nilai tambah tersendiri.

3. 5. TINJAUAN TERHADAP BIAYA

Faktor – faktor yang mempengaruhi biaya suatu perancah adalah harga bahan dasar dan biaya pembuatannya. Harga bahan dasar mengacu kepada Daftar Harga Bahan Dasar dan Upah Kerja Kab. Sleman Bulan November 2000. Kedua faktor tersebut dijumlahkan akan didapat biaya pemakaian Perancah Mini Tower.

3. 6. PEMBUATAN MODEL

3. 6. 1 Bentuk Perancah Mini Tower.

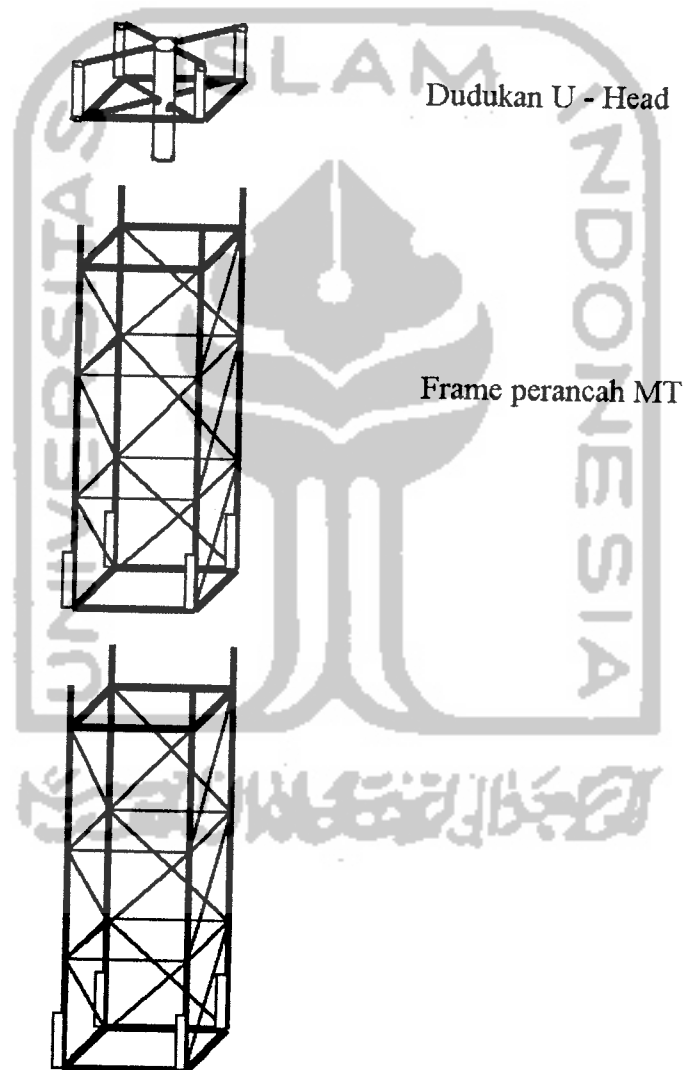
Untuk memenuhi kriteria perancah yang lebih baik dari segi kekuatannya, lebih mudah dalam pemasangannya, dan lebih efisien dari segi biayanya maka dipilih bentuk seperti pada gambar 3. 8. dan 3. 9. Ukuran panjang, lebar, dan tinggi akan ditentukan kemudian berdasarkan perhitungan kekuatan dan kelangsingan.

3. 6. 2 Cara Pasang Perancah Mini Tower.

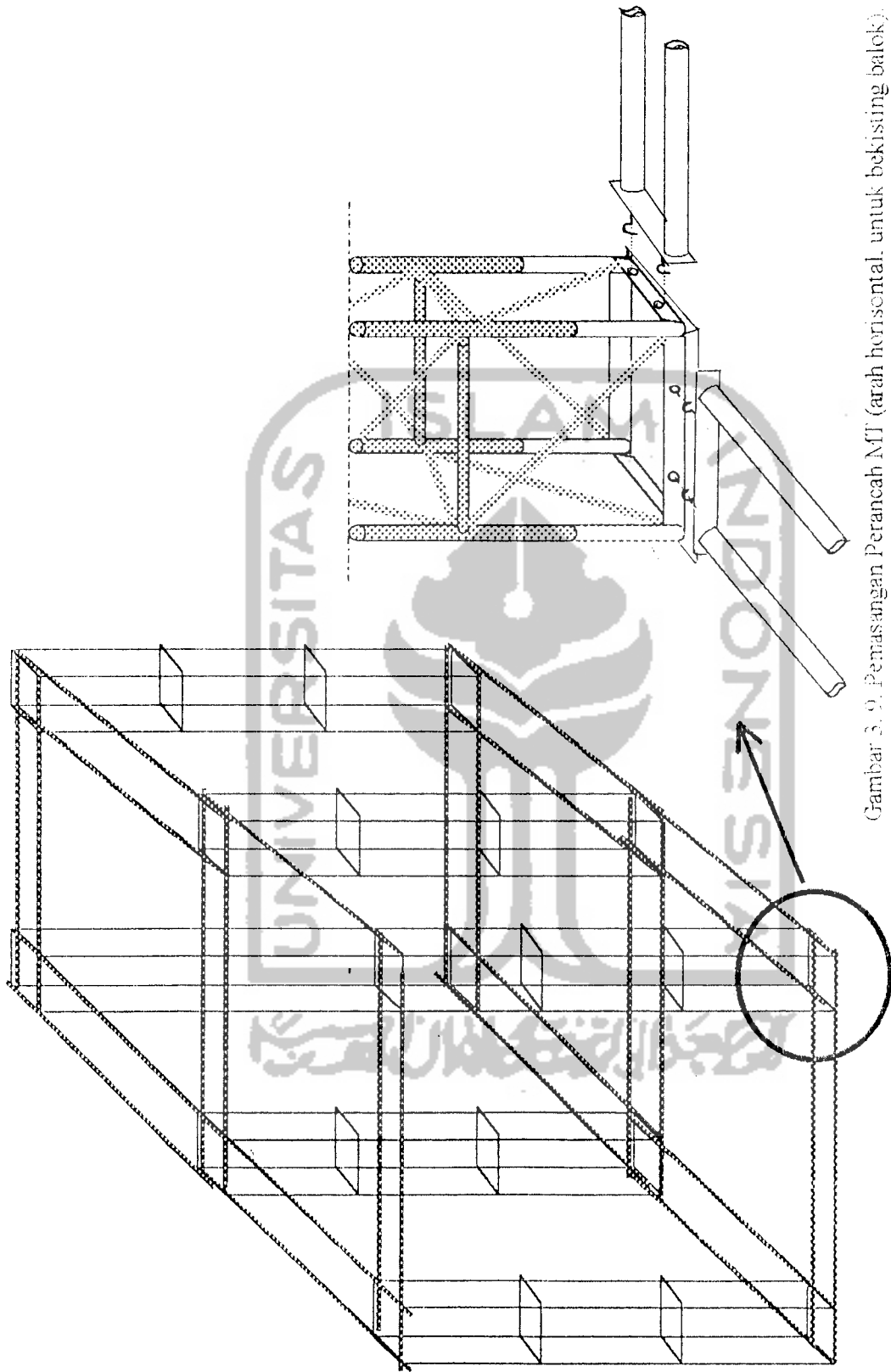
Perancah Mini Tower yang terdiri dari beberapa bagian yang disambung arah vertikal sesuai dengan ketinggian bekisting yang direncanakan kemudian dibaut.

Bagian teratas perancah MT adalah U-head untuk menyesuaikan ketinggian. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3. 8.

Penyambungan arah horisontal menggunakan brace yang dapat diatur panjangnya. Panjang brace atau panjang antar perancah MT dihitung berdasarkan pembebanan oleh bekisting dan beban. Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3. 9.



Gambar 3.8. Penyambungan Arah Vertikal Perancah MT



Gambar 3.9. Pemasangan Perancah MT (arah horizontal, untuk bekisting balok).

3. 6. 3 Langkah Perhitungan Kekuatan.

Berdasarkan jarak antar perancah MT didapatkan beban yang harus ditahan oleh satu perancah. Untuk menghitung kekuatan satu perancah digunakan perhitungan struktur yang diambil dari buku Bahan Kuliah Struktur Baja I Padosbajayo. Urutan perhitungannya adalah sebagai berikut :

a. Perhitungan Kuat Tekan Perancah

Setelah ditentukan bentuk perancah maka untuk mengetahui kekuatannya dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(KL)^2} \times \frac{1}{1 + (\pi^2 \cdot E \cdot I / L^2 \cdot L_1 \cdot a^2 \cdot E) \times ((Ld^3 / Ad) + (A^3 / Ab))} \dots\dots\dots(3.1)$$

keterangan :

A = luas penampang batang tersusun

Ad = luas penampang 1 batang diagonal

Ab = luas penampang 2 batang melintang

Ld = Panjang batang diagonal

L₁ = Panjang elemen batang yang dibatasi ujung batang penghubung

.a = Jarak sumbu elemen batang tersusun

E = 2.10⁵ mpa = 20 T/mm²

I = momen inersia batang tersusun

K = Nilai desain untuk kolom dengan syarat ujung kolom.

b. Menghitung Kelangsingan Batang Tersusun

Sumbu x dan sumbu y merupakan sumbu bebas bahan, maka :

$$\lambda_{iy} = \lambda_{ix}$$

$$\lambda_{iy} = (\lambda_y^2 + m/2 \lambda_1^2)^{1/2} \dots\dots\dots(3.2)$$

dengan :

$$\lambda_y = L_{ky} / r_y \dots\dots\dots(3.3)$$

$$r_y = (I_y / Atot.)^{1/2} ; \quad I_y = 4. I_y^0 + 4.A.(a)^2 ; \quad Atot. = 4 . A$$

$$\lambda_1 = \pi \left[\frac{A \cdot Ld^3}{Z \cdot A_d \cdot L_1 \cdot a^2} + \frac{A \cdot a}{2 \cdot A_b \cdot L_1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan :

λ_{iy} = kelangsingan ideal sumbu y

λ_y = kelangsingan batang tersusun arah tegak lurus sumbu y

λ_1 = kelangsingan batang tersusun yang dibatasi pengaku

m. = faktor jumlah batang tunggal yang membentuk batang tersusun.

L_{ky} = panjang tekuk batang pada arah tegak lurus sumbu y – y

r_y = jari – jari kelembamam batang tersusun terhadap sumbu y – y

R_{min} = Jari – jari kelembamam minimum dari batang tunggal.

I_y = momen inersia terhadap sumbu y

I_y^0 = momen inersia terhadap sumbu y pada batang tunggal

A = luas penampang batang tunggal

Atot. = luas penampang batang tersusun

a = jarak antara sumbu

Z = konstanta yang tergantung dari susunan penghubung = 2.

c. Cek stabilitas elemen batang tersusun

$$\lambda_1 \leq 50$$

$$\lambda_{iy} \geq 1,2 \cdot \lambda_1$$

3. 7. PERHITUNGAN KEKUATAN MODEL PERANCAH MINI TOWER

3. 7. 1. Pembebanan

Untuk memudahkan dalam perhitungan pembebanan maka akan ditinjau Proyek Pembangunan Kampus Terpadu UII Unit 7 Blok C lantai 1. Sebagai langkah awal diambil Plat PC 1 (lihat gambar lampiran). Pembebanan oleh plat PC sebagai berikut :

- Beban hidup (ql) = beban kerja = 150 kg / m².
- Beban mati (qd) = berat beton = tebal plat x γ
 $= 0,12 \times 2500 = 300 \text{ kg / m}^2$
 $= \text{berat bekisting} = 40 \text{ kg/m}^2$
 $qd = 340 \text{ kg/m}^2$

- jadi beban ultimit =

$$qu = 1,2 (qd) + 1,6 (ql)$$

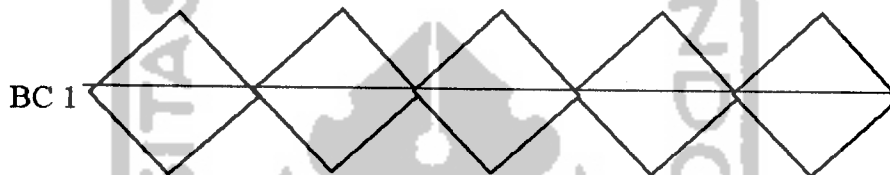
$$= 1,2 \cdot 340 + 1,6 \cdot 150$$

$$= 648 \text{ kg / m}^2 = 6,48 \text{ kN / m}^2.$$

Selanjutnya ditinjau balok BC 1 (lihat gambar lampiran) yang merupakan balok dengan dimensi terbesar sebagai acuan untuk menentukan besar pembebanan.

Pembebanan oleh balok BC 1 sebagai berikut :

- $q \text{ balok} = (0,4 \times 0,8) \times 2400 = 768 \text{ kg / m}^2$
 $= 7,68 \text{ kN / m}^2$.
- Distribusi beban dengan metode amplop



Gambar 3. 10. Distribusi beban

$$\begin{aligned} M_1 = M_2 &= 0,0417 \cdot q_u \cdot Lx^3 \\ &= 0,0417 \cdot 6,48 \cdot (3)^3 \\ &= 7,3 \text{ kNm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M \text{ total} &= 2 \times 7,3 \\ &= 14,6 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$q \text{ ekuivalen} = \frac{8 \cdot M \text{ total}}{L^2} = \frac{8 \times 14,6}{(3)^2} = 12,98 \text{ kN/m}$$

$$*q \text{ total} = q \text{ ek.} + q \text{ balok}$$

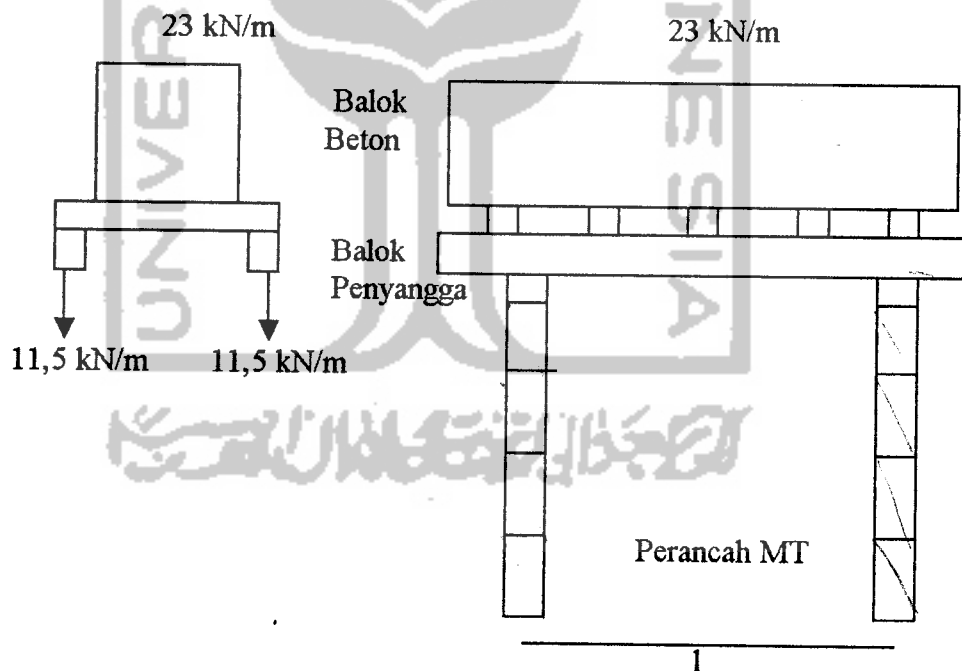
$$= 12,98 + 7,68 = 20,66 \text{ kN/m}$$

Setelah pekerjaan pengecoran beton selesai dan beton sudah keras sebagian biasanya dilakukan persiapan untuk pelaksanaan pekerjaan selanjutnya. Misalnya penentuan as kolom, perawatan beton dll. Hal ini menyebabkan penambahan beban yang harus ditahan, berdasarkan buku Bekisting (Kotak Cetak) dari F.Wigbout (1992) perlu ditambahkan beban seberat 10% dari beban rencana.

Beban yang harus ditahan oleh balok penyangga

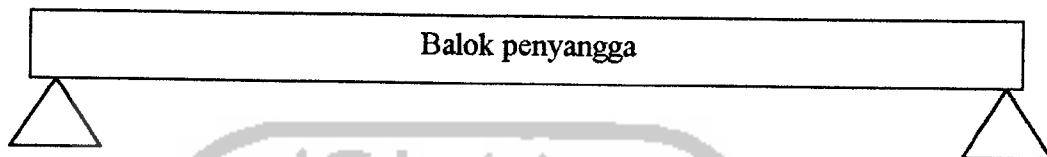
$$.q \text{ total} + (q \text{ total} \times 10\%)$$

$$20,66 + (20,66 \times 10\%) = 22,726 \text{ kN/m} \approx 23 \text{ kN/m.}$$



Gambar 3. 11. Letak balok penyangga dan beban yang akan ditahannya

Untuk menentukan jarak antar perancah MT atau panjang balok penyangga (= l) maka dimisalkan sebagai balok kayu diatas dua tumpuan.



Gambar 3. 12. Balok kayu penyangga di atas 2 tumpuan

Data pada proyek kampus terpadu UII unit 7 pekerjaan bekisting menggunakan kayu jenis Meranti (lampiran 5). Selanjutnya dari perhitungan pembebanan diatas akan diperhitungkan jarak antar perancah (l)

Balok penyangga kayu Meranti dengan dimensi 8/12, dihitung lendutannya :

$$\begin{aligned} \text{Lendutan max} = f_{\text{max}} &= \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{EI} - \frac{1}{10} \cdot \frac{ql^2 \cdot l^2}{16EI} \\ &= 0,00677 \cdot \frac{ql^4}{EI} \end{aligned}$$

$$E = 100.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$I = 1/12 \cdot b \cdot h^3$$

$$= 1/12 \times 8 \times (12)^3$$

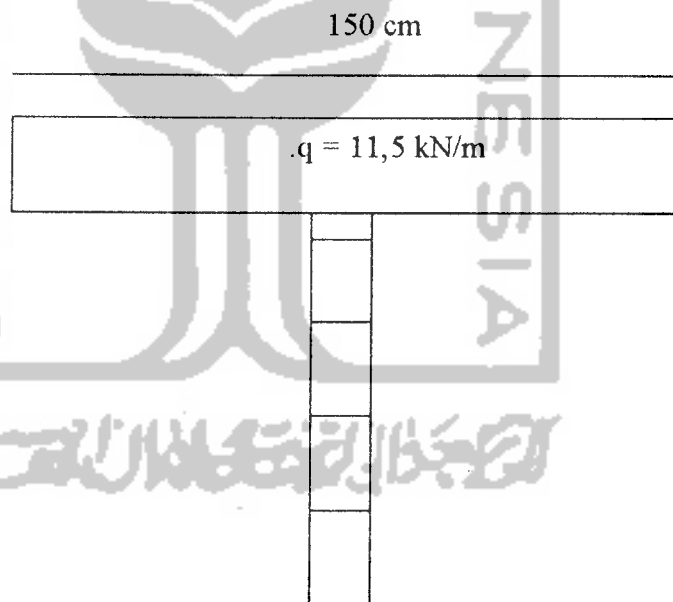
$$q = 11,5 \text{ kN/m} = 11,5 \text{ kg/cm}$$

Cek lendutan : $f_{max} \leq 1/400 \cdot l$

Tabel 3. 1. Lendutan akibat beban 11,5 kN/m dengan jarak antar perancah

No.	l (cm)	f _{max} (cm)	1/400 · l	Keterangan
1	75	0,02138	0,1875	Aman
2	100	0,06758	0,25	Aman
3	125	0,16499	0,3125	Aman
4	150	0,3421	0,375	Aman
5	175	0,6338	0,4375	Tidak aman

Dari hitungan diatas diambil $l = 1,5$ m (jarak maksimum) yang mengakibatkan satu perancah MT menahan beban seberat = $1,5 \text{ m} \times 11,5 \text{ kN/m}$
 $= 17,25 \text{ kN/m}$



Gambar 3. 13. Beban yang ditahan oleh Perancah MT

3. 7. 2. Perhitungan Beban Kritis (P_{kr}) dan Kelangsingan (λ) Perancah MT.

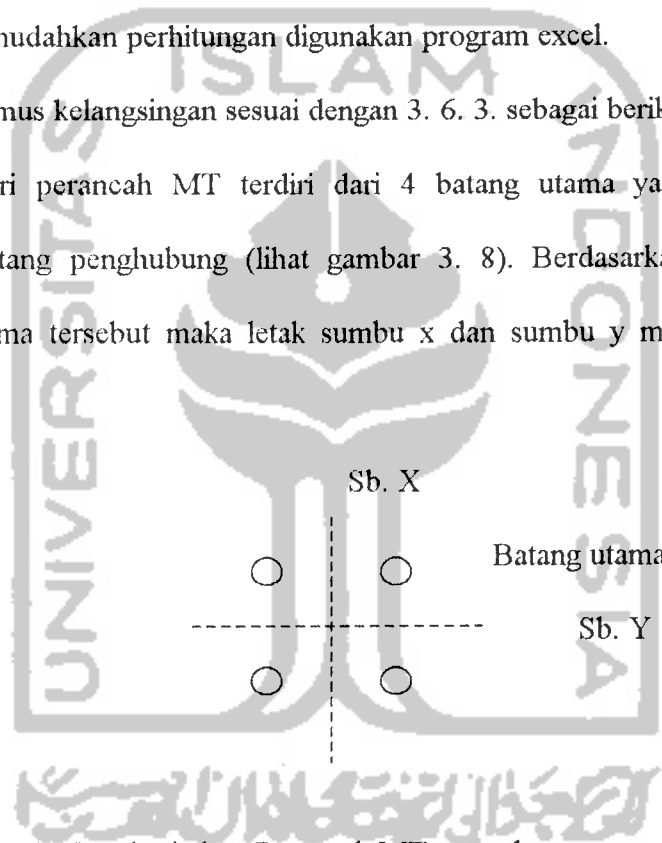
Untuk mendapatkan efisiensi penggunaan baja tulangan maka dilakukan cara coba-coba dengan kombinasi diameter tulangan (max diameter 14 mm jenis polos).

Selanjutnya dilakukan perhitungan kelangsingan Perancah MT untuk mendapatkan variasi diameter baja tulangan yang paling efektif dan memenuhi syarat.

Untuk memudahkan perhitungan digunakan program excel.

Rumus kelangsingan sesuai dengan 3. 6. 3. sebagai berikut :

Bentuk dari perancah MT terdiri dari 4 batang utama yang saling dihubungkan dengan batang penghubung (lihat gambar 3. 8). Berdasarkan dari posisi keempat batang utama tersebut maka letak sumbu x dan sumbu y merupakan sumbu bebas bahan.



Gambar 3. 14. Sumbu bahan Perancah MT tampak atas

Karena sumbu X dan sumbu Y adalah sumbu bebas bahan maka :

$$\lambda_{iy} = \lambda_{ix}$$

$$\lambda_{iy} = (\lambda_y^2 + m/2 \cdot \lambda_1^2)^{1/2}$$

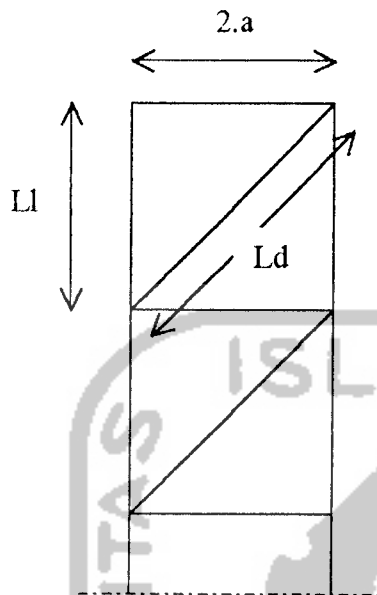
dengan :

$$\lambda_y = L_{ky} / r_y \quad \text{dan}$$

$$\lambda_1 = \pi \left[\frac{A \cdot Ld^3}{Z \cdot A_d \cdot L_1 \cdot a^2} + \frac{A \cdot a}{2 \cdot A_b \cdot L_1} \right]^{1/2}$$

keterangan :

- λ_{iy} = kelangsingan ideal sumbu y
- λ_y = kelangsingan batang tersusun arah tegak lurus sumbu y
- λ_1 = kelangsingan batang tersusun yang dibatasi pengaku
- $.m$ = factor jumlah batang utama yang membentuk batang tersusun = 2
- L_{ky} = panjang tekuk batang pada arah tegak lurus sumbu y
- $.r_y$ = jari – jari kelembaman batang tersusun terhadap sumbu y - y
- A = luas penampang batang tersusun
- A_d = luas penampang 1 batang diagonal
- A_b = luas penampang 2 batang melintang (penghubung)
- L_d = panjang batang diagonal
- L_1 = panjang batang utama yang dibatasi ujung batang penghubung
- $.a$ = jarak antara sumbu batang utama ke sumbu Y



Gambar 3. 15. Frame Perancah Mini Tower

Tulangan baja yang digunakan adalah :

- A Dipakai $\varnothing 12$ mm dan $\varnothing 14$ mm
- Ad Dipakai $\varnothing 14$, $\varnothing 12$, $\varnothing 10$, $\varnothing 8$, dan $\varnothing 6$ mm.
- Ab Dipakai $\varnothing 14$, $\varnothing 12$, $\varnothing 10$, $\varnothing 8$, dan $\varnothing 6$ mm.
- L_1 225, 300, dan 450 mm
- .a Panjangnya 150 mm

Sedangkan tinggi (L) perancah MT dalam perencanaan ini ditentukan 2700 mm yang terdiri dari 3 frame MT, sehingga panjang masing – masing frame MT adalah 900 mm. Perhitungan dengan rumus kelangsingan diatas diprogram pada tabel excel sebagai berikut :

Tabel 3. 2. Iterasi Diameter Tulangan Untuk Perancah Mimi Tower

Lky=L.1	a	4xA	l bbtg	Ad	2.Ab	Li	Ld	l tot	Xy	XI<50	Xiy	1.2xXi	Xiy-1,2Xi
2700	150	452	1016.64	154	308	225	375	10174066.56	17.9964	9.219926	20.22072	11.06391	9.1568091
2700	150	452	1016.64	154	226	225	375	10174066.56	17.9964	10.59955	20.8859	12.71945	8.1664468
2700	150	452	1016.64	154	158	225	375	10174066.56	17.9964	12.51208	21.91855	15.0145	6.9040496
2700	150	452	1016.64	154	100	225	375	10174066.56	17.9964	15.54856	23.78294	18.65827	5.1246696
2700	150	452	1016.64	154	56	225	375	10174066.56	17.9964	20.59444	27.34961	24.71333	2.6362863
2700	150	452	1016.64	154	40	225	375	10174066.56	17.9964	24.28837	30.22905	29.14604	1.0830067
2700	150	452	1016.64	113	308	225	375	10174066.56	17.9964	9.407815	20.30708	11.28938	9.0177016
2700	150	452	1016.64	113	226	225	375	10174066.56	17.9964	10.76338	20.96952	12.91605	8.0534674
2700	150	452	1016.64	113	158	225	375	10174066.56	17.9964	12.65117	21.99824	15.1814	6.8168371
2700	150	452	1016.64	113	100	225	375	10174066.56	17.9964	15.6607	23.8564	18.79284	5.0635638
2700	150	452	1016.64	113	56	225	375	10174066.56	17.9964	20.67924	27.41352	24.81508	2.5984408
2700	150	452	1016.64	113	40	225	375	10174066.56	17.9964	24.36031	30.28688	29.23237	1.0545099
2700	150	452	1016.64	79	308	225	375	10174066.56	17.9964	9.703856	20.44591	11.64463	8.8012852
2700	150	452	1016.64	79	226	225	375	10174066.56	17.9964	11.02307	21.104	13.22769	7.8763084
2700	150	452	1016.64	79	158	225	375	10174066.56	17.9964	12.87284	22.12646	15.4474	6.6790603
2700	150	452	1016.64	79	100	225	375	10174066.56	17.9964	15.84031	23.97469	19.00837	4.966322
2700	150	452	1016.64	79	56	225	375	10174066.56	17.9964	20.81559	27.51652	24.9787	2.5378211
2700	150	452	1016.64	79	40	225	375	10174066.56	17.9964	24.47616	30.38014	29.37139	1.0087472
2700	150	452	1016.64	50	308	225	375	10174066.56	17.9964	10.25042	20.71091	12.3005	8.4104015
2700	150	452	1016.64	50	226	225	375	10174066.56	17.9964	11.50715	21.36083	13.80858	7.5522507
2700	150	452	1016.64	50	158	225	375	10174066.56	17.9964	13.2897	22.37156	15.94764	6.4239162
2700	150	452	1016.64	50	100	225	375	10174066.56	17.9964	16.1809	24.20108	19.41709	4.7839923
2700	150	452	1016.64	50	56	225	375	10174066.56	17.9964	21.07593	27.71399	25.29112	2.4228743
2700	150	452	1016.64	50	40	225	375	10174066.56	17.9964	24.69795	30.55911	29.63754	0.9215699
2700	150	452	1016.64	28	308	225	375	10174066.56	17.9964	11.33203	21.267	13.59844	7.6685671
2700	150	452	1016.64	28	226	225	375	10174066.56	17.9964	12.48031	21.90043	14.97638	6.9240518
2700	150	452	1016.64	28	158	225	375	10174066.56	17.9964	14.14072	22.88734	16.96887	5.918478
2700	150	452	1016.64	28	100	225	375	10174066.56	17.9964	16.88684	24.67865	20.26421	4.4144426
2700	150	452	1016.64	28	56	225	375	10174066.56	17.9964	21.62264	28.132	25.94717	2.184824
2700	150	452	1016.64	28	40	225	375	10174066.56	17.9964	25.1661	30.9387	30.19932	0.7393789
2700	150	452	1016.64	20	308	225	375	10174066.56	17.9964	12.2326	21.76022	14.67912	7.081096
2700	150	452	1016.64	20	226	225	375	10174066.56	17.9964	13.30338	22.37969	15.96405	6.4156339
2700	150	452	1016.64	20	158	225	375	10174066.56	17.9964	14.87218	23.34635	17.84661	5.4997402
2700	150	452	1016.64	20	100	225	375	10174066.56	17.9964	17.50392	25.10493	21.0047	4.1002321
2700	150	452	1016.64	20	56	225	375	10174066.56	17.9964	22.10792	28.50668	26.52951	1.9771709
2700	150	452	1016.64	20	40	225	375	10174066.56	17.9964	25.58426	31.27978	30.70111	0.5786728

2700	150	616	1888.217	154	226	225	375	13867552.87	17.9951	12.37395	21.83891	14.84874	6.9901741
2700	150	616	1888.217	154	158	225	375	13867552.87	17.9951	14.60665	23.1771	17.52798	5.649115
2700	150	616	1888.217	154	100	225	375	13867552.87	17.9951	18.15145	25.5597	21.78173	3.7779703
2700	150	616	1888.217	154	56	225	375	13867552.87	17.9951	24.04203	30.03069	28.85043	1.180262
2700	150	616	1888.217	154	40	225	375	13867552.87	17.9951	28.35433	33.58261	34.0252	-0.442589
2700	150	616	1888.217	113	308	225	375	13867552.87	17.9951	10.98272	21.08183	13.17926	7.9025689
2700	150	616	1888.217	113	226	225	375	13867552.87	17.9951	12.56521	21.94785	15.07825	6.8695967
2700	150	616	1888.217	113	158	225	375	13867552.87	17.9951	14.76902	23.27977	17.72283	5.5569389
2700	150	616	1888.217	113	100	225	375	13867552.87	17.9951	18.28236	25.65284	21.93884	3.7140069
2700	150	616	1888.217	113	56	225	375	13867552.87	17.9951	24.14102	30.11001	28.96922	1.1407804
2700	150	616	1888.217	113	40	225	375	13867552.87	17.9951	28.43832	33.65355	34.12598	-0.472432
2700	150	616	1888.217	79	308	225	375	13867552.87	17.9951	11.32832	21.26392	13.59398	7.6699386
2700	150	616	1888.217	79	226	225	375	13867552.87	17.9951	12.86838	22.12281	15.44205	6.6807557
2700	150	616	1888.217	79	158	225	375	13867552.87	17.9951	15.0278	23.44479	18.03336	5.411433
2700	150	616	1888.217	79	100	225	375	13867552.87	17.9951	18.49204	25.80269	22.19045	3.6122481
2700	150	616	1888.217	79	56	225	375	13867552.87	17.9951	24.3002	30.23778	29.16024	1.07754
2700	150	616	1888.217	79	40	225	375	13867552.87	17.9951	28.57357	33.76792	34.28828	-0.520363
2700	150	616	1888.217	50	308	225	375	13867552.87	17.9951	11.96638	21.61059	14.35966	7.2509381
2700	150	616	1888.217	50	226	225	375	13867552.87	17.9951	13.43349	22.45623	16.12019	6.3360415
2700	150	616	1888.217	50	158	225	375	13867552.87	17.9951	15.51445	23.75967	18.61734	5.1423243
2700	150	616	1888.217	50	100	225	375	13867552.87	17.9951	18.88965	26.08913	22.66758	3.4215438
2700	150	616	1888.217	50	56	225	375	13867552.87	17.9951	24.60413	30.48256	29.52495	0.9576103
2700	150	616	1888.217	50	40	225	375	13867552.87	17.9951	28.83248	33.98729	34.59898	-0.611694
2700	150	616	1888.217	28	308	225	375	13867552.87	17.9951	13.22906	22.33453	15.87487	6.4596684
2700	150	616	1888.217	28	226	225	375	13867552.87	17.9951	14.56957	23.15374	17.48348	5.6702634
2700	150	616	1888.217	28	158	225	375	13867552.87	17.9951	16.50793	24.41998	19.80952	4.6104596
2700	150	616	1888.217	28	100	225	375	13867552.87	17.9951	19.71377	26.69187	23.65652	3.0353542
2700	150	616	1888.217	28	56	225	375	13867552.87	17.9951	25.24236	31	30.29083	0.7091731
2700	150	616	1888.217	28	40	225	375	13867552.87	17.9951	29.379	34.45213	35.2548	-0.802672
2700	150	616	1888.217	20	308	225	375	13867552.87	17.9951	14.28038	22.97287	17.13646	5.8364119
2700	150	616	1888.217	20	226	225	375	13867552.87	17.9951	15.53041	23.77009	18.6365	5.133596
2700	150	616	1888.217	20	158	225	375	13867552.87	17.9951	17.36184	25.00514	20.8342	4.170934
2700	150	616	1888.217	20	100	225	375	13867552.87	17.9951	20.43414	27.22825	24.52097	2.7072825
2700	150	616	1888.217	20	56	225	375	13867552.87	17.9951	25.80888	31.46302	30.97065	0.4923682
2700	150	616	1888.217	20	40	225	375	13867552.87	17.9951	29.86716	34.86934	35.84059	-0.971254
2700	150	452	1016.64	154	308	300	424.3	10174066.56	17.9964	9.438499	20.32131	11.3262	8.995114
2700	150	452	1016.64	154	226	300	424.3	10174066.56	17.9964	10.89877	21.03934	13.07853	7.9608097
2700	150	452	1016.64	154	158	300	424.3	10174066.56	17.9964	12.91478	22.15089	15.49774	6.6531562

2700	150	452	1016.64	154	100	300	424.3	10174066.56	17.9964	16.10387	24.14964	19.32464	4.8249973
2700	150	452	1016.64	154	56	300	424.3	10174066.56	17.9964	21.38722	27.95145	25.66466	2.2867891
2700	150	452	1016.64	154	40	300	424.3	10174066.56	17.9964	25.24845	31.00572	30.29815	0.7075791
2700	150	452	1016.64	113	308	300	424.3	10174066.56	17.9964	9.576546	20.3858	11.49185	8.8939424
2700	150	452	1016.64	113	226	300	424.3	10174066.56	17.9964	11.01854	21.10163	13.22225	7.8793799
2700	150	452	1016.64	113	158	300	424.3	10174066.56	17.9964	13.01601	22.21007	15.61921	6.5908536
2700	150	452	1016.64	113	100	300	424.3	10174066.56	17.9964	16.18516	24.20393	19.4222	4.7817293
2700	150	452	1016.64	113	56	300	424.3	10174066.56	17.9964	21.4485	27.99837	25.7382	2.2601698
2700	150	452	1016.64	113	40	300	424.3	10174066.56	17.9964	25.30038	31.04803	30.36046	0.6875655
2700	150	452	1016.64	79	308	300	424.3	10174066.56	17.9964	9.795591	20.48961	11.75471	8.7349006
2700	150	452	1016.64	79	226	300	424.3	10174066.56	17.9964	11.20944	21.20194	13.45133	7.7506049
2700	150	452	1016.64	79	158	300	424.3	10174066.56	17.9964	13.17801	22.30539	15.81361	6.4917799
2700	150	452	1016.64	79	100	300	424.3	10174066.56	17.9964	16.31573	24.29143	19.57887	4.7125558
2700	150	452	1016.64	79	56	300	424.3	10174066.56	17.9964	21.54719	28.07404	25.85663	2.2174149
2700	150	452	1016.64	79	40	300	424.3	10174066.56	17.9964	25.38411	31.11629	30.46093	0.6553605
2700	150	452	1016.64	50	308	300	424.3	10174066.56	17.9964	10.20457	20.68825	12.24549	8.4427649
2700	150	452	1016.64	50	226	300	424.3	10174066.56	17.9964	11.56855	21.39397	13.88226	7.5117079
2700	150	452	1016.64	50	158	300	424.3	10174066.56	17.9964	13.48479	22.488	16.18175	6.3062249
2700	150	452	1016.64	50	100	300	424.3	10174066.56	17.9964	16.5645	24.45921	19.8774	4.5818148
2700	150	452	1016.64	50	56	300	424.3	10174066.56	17.9964	21.73617	28.21935	26.08341	2.1359432
2700	150	452	1016.64	50	40	300	424.3	10174066.56	17.9964	25.54472	31.24745	30.65366	0.5937889
2700	150	452	1016.64	28	308	300	424.3	10174066.56	17.9964	11.0291	21.10715	13.23493	7.8722211
2700	150	452	1016.64	28	226	300	424.3	10174066.56	17.9964	12.302	21.7993	14.7624	7.0369906
2700	150	452	1016.64	28	158	300	424.3	10174066.56	17.9964	14.11905	22.87396	16.94285	5.9311032
2700	150	452	1016.64	28	100	300	424.3	10174066.56	17.9964	17.0848	24.81453	20.50176	4.3127688
2700	150	452	1016.64	28	56	300	424.3	10174066.56	17.9964	22.13524	28.52787	26.56229	1.9655805
2700	150	452	1016.64	28	40	300	424.3	10174066.56	17.9964	25.88514	31.52635	31.06217	0.4641865
2700	150	452	1016.64	20	308	300	424.3	10174066.56	17.9964	11.72849	21.48087	14.07418	7.4066898
2700	150	452	1016.64	20	226	300	424.3	10174066.56	17.9964	12.93273	22.16136	15.51927	6.6420898
2700	150	452	1016.64	20	158	300	424.3	10174066.56	17.9964	14.67187	23.21926	17.60624	5.6130232
2700	150	452	1016.64	20	100	300	424.3	10174066.56	17.9964	17.54442	25.13319	21.0533	4.0798847
2700	150	452	1016.64	20	56	300	424.3	10174066.56	17.9964	22.49189	28.80548	26.99027	1.8152103
2700	150	452	1016.64	20	40	300	424.3	10174066.56	17.9964	26.19077	31.77778	31.42893	0.3488493
2700	150	616	1888.217	154	308	300	424.3	13867552.87	17.9951	11.01854	21.10052	13.22225	7.8782671
2700	150	616	1888.217	154	226	300	424.3	13867552.87	17.9951	12.72327	22.03872	15.26793	6.770794
2700	150	616	1888.217	154	158	300	424.3	13867552.87	17.9951	15.07677	23.47621	18.09212	5.3840907
2700	150	616	1888.217	154	100	300	424.3	13867552.87	17.9951	18.79972	26.02408	22.55966	3.4644219
2700	150	616	1888.217	154	56	300	424.3	13867552.87	17.9951	24.96752	30.77663	29.96103	0.8155996

2700	150	616	1888.217	154	40	300	424.3	13867552.87	17.9951	29.47514	34.53415	36.37017	-0.836021
2700	150	616	1888.217	113	308	300	424.3	13867552.87	17.9951	11.1797	21.18512	13.41564	7.7694803
2700	150	616	1888.217	113	226	300	424.3	13867552.87	17.9951	12.86309	22.11973	15.4357	6.6840273
2700	150	616	1888.217	113	158	300	424.3	13867552.87	17.9951	15.19494	23.55228	18.23393	5.3183483
2700	150	616	1888.217	113	100	300	424.3	13867552.87	17.9951	18.89462	26.09273	22.67355	3.4191776
2700	150	616	1888.217	113	56	300	424.3	13867552.87	17.9951	25.03906	30.83469	30.04687	0.7878175
2700	150	616	1888.217	113	40	300	424.3	13867552.87	17.9951	29.53577	34.58591	35.44292	-0.857012
2700	150	616	1888.217	79	308	300	424.3	13867552.87	17.9951	11.43541	21.32117	13.72249	7.5986739
2700	150	616	1888.217	79	226	300	424.3	13867552.87	17.9951	13.08595	22.25007	15.70314	6.5469317
2700	150	616	1888.217	79	158	300	424.3	13867552.87	17.9951	15.38406	23.67473	18.46087	5.2138593
2700	150	616	1888.217	79	100	300	424.3	13867552.87	17.9951	19.04704	26.20331	22.85645	3.3468577
2700	150	616	1888.217	79	56	300	424.3	13867552.87	17.9951	25.15427	30.92832	30.18513	0.7431921
2700	150	616	1888.217	79	40	300	424.3	13867552.87	17.9951	29.6335	34.68941	35.5602	-0.890793
2700	150	616	1888.217	50	308	300	424.3	13867552.87	17.9951	11.91286	21.581	14.29543	7.2855735
2700	150	616	1888.217	50	226	300	424.3	13867552.87	17.9951	13.50517	22.49918	16.2062	6.2929773
2700	150	616	1888.217	50	158	300	424.3	13867552.87	17.9951	15.7422	23.909	18.89064	5.0183632
2700	150	616	1888.217	50	100	300	424.3	13867552.87	17.9951	19.33746	26.41516	23.20495	3.2102119
2700	150	616	1888.217	50	56	300	424.3	13867552.87	17.9951	25.37489	31.10802	30.44987	0.6581463
2700	150	616	1888.217	50	40	300	424.3	13867552.87	17.9951	29.821	34.82981	35.7852	-0.955392
2700	150	616	1888.217	28	308	300	424.3	13867552.87	17.9951	12.87542	22.12691	15.4505	6.6764021
2700	150	616	1888.217	28	226	300	424.3	13867552.87	17.9951	14.3614	23.02332	17.23368	5.7896412
2700	150	616	1888.217	28	158	300	424.3	13867552.87	17.9951	16.48263	24.40288	19.77915	4.6237262
2700	150	616	1888.217	28	100	300	424.3	13867552.87	17.9951	19.94486	26.86301	23.93384	2.9291699
2700	150	616	1888.217	28	56	300	424.3	13867552.87	17.9951	25.84077	31.48919	31.00892	0.480264
2700	150	616	1888.217	28	40	300	424.3	13867552.87	17.9951	30.21841	35.17067	36.26209	-1.091425
2700	150	616	1888.217	20	308	300	424.3	13867552.87	17.9951	13.69188	22.61175	16.43026	6.1814916
2700	150	616	1888.217	20	226	300	424.3	13867552.87	17.9951	15.09771	23.48967	18.11726	5.3724114
2700	150	616	1888.217	20	158	300	424.3	13867552.87	17.9951	17.12799	24.84334	20.55359	4.2897508
2700	150	616	1888.217	20	100	300	424.3	13867552.87	17.9951	20.48142	27.26375	24.57771	2.6880448
2700	150	616	1888.217	20	56	300	424.3	13867552.87	17.9951	26.25712	31.83174	31.50855	0.3231987
2700	150	616	1888.217	20	40	300	424.3	13867552.87	17.9951	30.57521	35.4777	36.69025	-1.212555
2700	150	452	1016.64	154	308	450	540.8	10174066.56	17.9964	10.85622	21.01733	13.02747	7.9898617
2700	150	452	1016.64	154	226	450	540.8	10174066.56	17.9964	12.60437	21.97136	15.12524	6.8461183
2700	150	452	1016.64	154	158	450	540.8	10174066.56	17.9964	15.00562	23.43159	18.00675	5.4248385
2700	150	452	1016.64	154	100	450	540.8	10174066.56	17.9964	18.78747	26.01614	22.54497	3.4711739
2700	150	452	1016.64	154	56	450	540.8	10174066.56	17.9964	25.03023	30.82828	30.03628	0.7920042
2700	150	452	1016.64	154	40	450	540.8	10174066.56	17.9964	29.58358	34.62743	35.5003	-0.872869
2700	150	452	1016.64	113	308	450	540.8	10174066.56	17.9964	10.93652	21.05892	13.12383	7.9350914

2700	150	452	1016.64	113	226	450	540.8	10174066.56	17.9964	12.67359	22.01114	15.20831	6.8028312
2700	150	452	1016.64	113	158	450	540.8	10174066.56	17.9964	15.06382	23.4689	18.07658	5.3923137
2700	150	452	1016.64	113	100	450	540.8	10174066.56	17.9964	18.83399	26.04975	22.60079	3.4489663
2700	150	452	1016.64	113	56	450	540.8	10174066.56	17.9964	25.06516	30.85665	30.0782	0.7784544
2700	150	452	1016.64	113	40	450	540.8	10174066.56	17.9964	29.61314	34.65269	35.53577	-0.883084
2700	150	452	1016.64	79	308	450	540.8	10174066.56	17.9964	11.0651	21.12598	13.27812	7.8478582
2700	150	452	1016.64	79	226	450	540.8	10174066.56	17.9964	12.78471	22.07531	15.34166	6.7336552
2700	150	452	1016.64	79	158	450	540.8	10174066.56	17.9964	15.15743	23.52909	18.18891	5.3401778
2700	150	452	1016.64	79	100	450	540.8	10174066.56	17.9964	18.90894	26.104	22.69073	3.4132655
2700	150	452	1016.64	79	56	450	540.8	10174066.56	17.9964	25.12153	30.90246	30.14584	0.7566186
2700	150	452	1016.64	79	40	450	540.8	10174066.56	17.9964	29.66087	34.69348	35.59304	-0.899562
2700	150	452	1016.64	50	308	450	540.8	10174066.56	17.9964	11.30883	21.25465	13.57059	7.6840556
2700	150	452	1016.64	50	226	450	540.8	10174066.56	17.9964	12.99623	22.19848	15.59548	6.6030017
2700	150	452	1016.64	50	158	450	540.8	10174066.56	17.9964	15.33626	23.64469	18.40351	5.2411802
2700	150	452	1016.64	50	100	450	540.8	10174066.56	17.9964	19.05259	26.20824	22.86311	3.3451286
2700	150	452	1016.64	50	56	450	540.8	10174066.56	17.9964	25.22983	30.99056	30.2758	0.7147624
2700	150	452	1016.64	50	40	450	540.8	10174066.56	17.9964	29.75265	34.77198	35.70318	-0.9312
2700	150	452	1016.64	28	308	450	540.8	10174066.56	17.9964	11.81361	21.52747	14.17634	7.3511338
2700	150	452	1016.64	28	226	450	540.8	10174066.56	17.9964	13.43778	22.45984	16.12534	6.3345038
2700	150	452	1016.64	28	158	450	540.8	10174066.56	17.9964	15.71218	23.89023	18.85462	5.0356135
2700	150	452	1016.64	28	100	450	540.8	10174066.56	17.9964	19.35647	26.42998	23.22777	3.2022061
2700	150	452	1016.64	28	56	450	540.8	10174066.56	17.9964	25.4601	31.17831	30.55211	0.6261947
2700	150	452	1016.64	28	40	450	540.8	10174066.56	17.9964	29.94816	34.93941	35.93779	-0.998376
2700	150	452	1016.64	20	308	450	540.8	10174066.56	17.9964	12.25448	21.77252	14.70538	7.0671478
2700	150	452	1016.64	20	226	450	540.8	10174066.56	17.9964	13.82696	22.69483	16.59235	6.1024795
2700	150	452	1016.64	20	158	450	540.8	10174066.56	17.9964	16.04629	24.11128	19.25555	4.8557336
2700	150	452	1016.64	20	100	450	540.8	10174066.56	17.9964	19.62865	26.62995	23.55438	3.075573
2700	150	452	1016.64	20	56	450	540.8	10174066.56	17.9964	25.66763	31.34801	30.80116	0.5468538
2700	150	452	1016.64	20	40	450	540.8	10174066.56	17.9964	30.12479	35.09093	36.14975	-1.058817
2700	150	616	1888.217	154	308	450	540.8	13867552.87	17.9951	12.67359	22.01008	15.20831	6.8017644
2700	150	616	1888.217	154	226	450	540.8	13867552.87	17.9951	14.71439	23.24514	17.65726	5.5878805
2700	150	616	1888.217	154	158	450	540.8	13867552.87	17.9951	17.51762	25.11355	21.02115	4.0924078
2700	150	616	1888.217	154	100	450	540.8	13867552.87	17.9951	21.93257	28.37008	26.31908	2.050991
2700	150	616	1888.217	154	56	450	540.8	13867552.87	17.9951	29.22039	34.31697	35.06447	-0.747494
2700	150	616	1888.217	154	40	450	540.8	13867552.87	17.9951	34.53599	38.94301	41.44319	-2.500176
2700	150	616	1888.217	113	308	450	540.8	13867552.87	17.9951	12.76734	22.06419	15.32081	6.7433838
2700	150	616	1888.217	113	226	450	540.8	13867552.87	17.9951	14.7952	23.29639	17.75424	5.5421412
2700	150	616	1888.217	113	158	450	540.8	13867552.87	17.9951	17.58556	25.16099	21.10268	4.0583174

2700	150	616	1888.217	113	100	450	540.8	13867552.87	17.9951	21.98687	28.41208	26.38425	2.0278297
2700	150	616	1888.217	113	56	450	540.8	13867552.87	17.9951	29.26117	34.35171	35.11341	-0.7617
2700	150	616	1888.217	113	40	450	540.8	13867552.87	17.9951	34.5705	38.97362	41.4846	-2.51098
2700	150	616	1888.217	79	308	450	540.8	13867552.87	17.9951	12.91744	22.15138	15.50093	6.6504555
2700	150	616	1888.217	79	226	450	540.8	13867552.87	17.9951	14.92493	23.37898	17.90991	5.4690745
2700	150	616	1888.217	79	158	450	540.8	13867552.87	17.9951	17.69484	25.23749	21.23381	4.0036821
2700	150	616	1888.217	79	100	450	540.8	13867552.87	17.9951	22.07437	28.47984	26.48925	1.9905963
2700	150	616	1888.217	79	56	450	540.8	13867552.87	17.9951	29.32698	34.40778	35.19237	-0.784595
2700	150	616	1888.217	79	40	450	540.8	13867552.87	17.9951	34.62621	39.02305	41.55146	-2.52841
2700	150	616	1888.217	50	308	450	540.8	13867552.87	17.9951	13.20197	22.3185	15.84236	6.476139
2700	150	616	1888.217	50	226	450	540.8	13867552.87	17.9951	15.17185	23.53739	18.20622	5.331165
2700	150	616	1888.217	50	158	450	540.8	13867552.87	17.9951	17.90361	25.3843	21.48433	3.8999724
2700	150	616	1888.217	50	100	450	540.8	13867552.87	17.9951	22.24207	28.61002	26.69048	1.9195361
2700	150	616	1888.217	50	56	450	540.8	13867552.87	17.9951	29.45341	34.5156	35.34409	-0.828487
2700	150	616	1888.217	50	40	450	540.8	13867552.87	17.9951	34.73336	39.11815	41.68003	-2.561881
2700	150	616	1888.217	28	308	450	540.8	13867552.87	17.9951	13.79126	22.67206	16.54951	6.1225509
2700	150	616	1888.217	28	226	450	540.8	13867552.87	17.9951	15.68732	23.8729	18.82478	5.0481211
2700	150	616	1888.217	28	158	450	540.8	13867552.87	17.9951	18.34246	25.69571	22.01095	3.6847545
2700	150	616	1888.217	28	100	450	540.8	13867552.87	17.9951	22.59682	28.88667	27.11619	1.7704863
2700	150	616	1888.217	28	56	450	540.8	13867552.87	17.9951	29.72221	34.74527	35.66666	-0.92139
2700	150	616	1888.217	28	40	450	540.8	13867552.87	17.9951	34.9616	39.32095	41.95392	-2.63297
2700	150	616	1888.217	20	308	450	540.8	13867552.87	17.9951	14.30593	22.98876	17.16711	5.8216474
2700	150	616	1888.217	20	226	450	540.8	13867552.87	17.9951	16.14164	24.17387	19.36997	4.8039014
2700	150	616	1888.217	20	158	450	540.8	13867552.87	17.9951	18.7325	25.97557	22.479	3.4965661
2700	150	616	1888.217	20	100	450	540.8	13867552.87	17.9951	22.91456	29.1359	27.49748	1.6384256
2700	150	616	1888.217	20	56	450	540.8	13867552.87	17.9951	29.96449	34.95274	35.95739	-1.004646
2700	150	616	1888.217	20	40	450	540.8	13867552.87	17.9951	35.1678	39.5044	42.20136	-2.696959

Syarat kelangsingan adalah :

$$\lambda_{iy} \geq 1,2 \times \lambda_1 \text{ dengan } \lambda_1 \leq 50$$

berdasarkan persyaratan tersebut diatas maka kelangsingan ideal dapat dicapai apabila hasil perhitungan kelangsingan sama atau mendekati nilai syarat yang ditentukan atau dengan kata lain :

$$\lambda_{iy} - 1,2 \times \lambda_1 = 0 \text{ dengan } \lambda_1 \leq 50$$

Dari hitungan kelangsingan diatas diambil nilai yang memenuhi persyaratan atau yang paling mendekati persyaratan yaitu :

Tabel 3. 3. Diameter Tulangan Efektif Untuk Perancah Mini Tower

No	L	2x a	A	Ad	Ab	Ll	Ld	λ_1	λ_{iy}	$\lambda_{iy}-1.2 \times \lambda_1$
1	2700	300	154	20	28	225	375	25,8088	31,46302	0,492368
2	2700	300	113	28	20	300	424,3	25,88514	31,06217	0,464187
3	2700	300	113	20	40	300	424,3	26,19077	31,77778	0,348849
4	2700	300	154	28	56	300	424,3	25,84077	31,48919	0,480264
5	2700	300	154	20	56	300	424,3	26,25712	31,83174	0,323199

Dari lima hasil perhitungan kelangsingan yang mendekati persyaratan adalah nomor 3 dan 5. Selanjutnya dengan pertimbangan kebutuhan bahan maka diambil nomor 3 walaupun secara matematis perhitungan nomor 5 lebih mendekati persyaratan.

Perancah dengan spesifikasi nomor 3 ini membutuhkan batang utama dengan $\varnothing 12 \text{ mm}$ ($A = 113 \text{ mm}^2$) dan batang horisontal sama dengan batang diagonal yaitu $\varnothing 5 \text{ mm}$ ($A = 20 \text{ mm}^2$), dapat dilihat pada gambar 3. 17.

Selanjutnya dihitung P_{kr} (beban kritis) sebagai berikut :

* Data :

A	= luas penampang batang tersusun	= 113 mm^2 ----- $\varnothing 12 \text{ mm}$
Ad	= luas penampang 1 batang diagonal	= 20 mm^2 ----- $\varnothing 5 \text{ mm}$
Ab	= luas penampang 2 batang melintang	= 20 mm^2 ----- $\varnothing 5 \text{ mm}$
Ld	= Panjang batang diagonal	= $424,3 \text{ mm}$
L ₁	= Panjang elemen batang yang dibatasi ujung batang penghubung	= 300 mm
.a	= Jarak sumbu elemen batang tersusun	
E	= $2.10^5 \text{ mpa} = 20 \text{ T/mm}^2$	
I	= momen inersia batang tersusun	= $10174066,6 \text{ mm}^4$
L	= panjang perancah MT	= 2700 mm
K	= Nilai syarat ujung	= 2

Rumus :

$$P_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(KL)^2} \times \frac{1}{1 + (\pi^2 \cdot E \cdot I / L^2 \cdot L_1 \cdot a^2 \cdot E) \times ((Ld^3 / Ad) + (A^3 / Ab))}$$

$$= \frac{(3,14)^2 \cdot 2.10^5 \cdot 10174066,6}{(2.2700)^2} \times$$

1

$$1 + ((3,14^2 \cdot 2.10^5 \cdot 10174066,6) / ((2.2700^2) \cdot 300 \cdot 150^2 \cdot 2.10^5)) \times ((424,3^3 / 20) + ((4.113)^3 / 20))$$



$$\begin{aligned}
 &= 687825,1718 \times \frac{1}{4,891492} \\
 &= 140616,6404 \text{ N} \\
 &= 140,617 \text{ kN} \\
 &= \underline{\underline{14,062 \text{ T}}}
 \end{aligned}$$

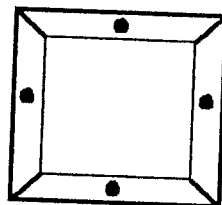
Perancah Mini Tower dengan spesifikasi tersebut diatas dan asumsi akan terjadi *total buckling*, dapat menahan beban maksimal 14,062 Ton.

Selanjutnya pada bagian sambungan antar *frame* direncanakan mempunyai kekuatan yang sama dengan bagian bukan sambungan (untuk penyambungan tiga *frame*). Pada awal perencanaan Perancah MT telah disinggung bahwa bagian ujung *frame* mempunyai fungsi yang sama dengan *joint pin* pada penyusunan *scaffolding*. Untuk menahan geser pada bagian sambungan ini dipakai baut, sedangkan ujung *frame* tersebut hanya sebagai alat bantu dalam melakukan penyambungan. Dibawah ini adalah perencanaan sambungan antar *frame*.

Beban geser ditentukan sebesar 2% dari beban aksial yang terjadi (14,062 ton). Beban geser (P_v) = 2 % x 14,062 ton

$$= 0,292 \text{ ton} = 292 \text{ kg.}$$

Posisi baut pada bagian sambungan dapat dilihat pada gambar 3. 16.



● = Baut

Gambar 3. 16. Bagian Sambungan antar Frame tampak atas.

Dicoba baut A325 (AISC tabel I-C 4.4); $\varnothing 1/2$ " = 1,27 cm.

$$\sigma_1 = 92 \text{ ksi} = 634 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\sigma_{\text{ijin baut}} = \sigma_1 / SF$$

$$= 634 / 1,5 = 422,667 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\tau_{\text{baut}} = 0,6 \cdot \sigma_{\text{ijin baut}}$$

$$= 0,6 \cdot 422,667 = 253,6 \text{ kg/cm}^2.$$

$$.n = \text{jumlah baut} = 4 \text{ buah.}$$

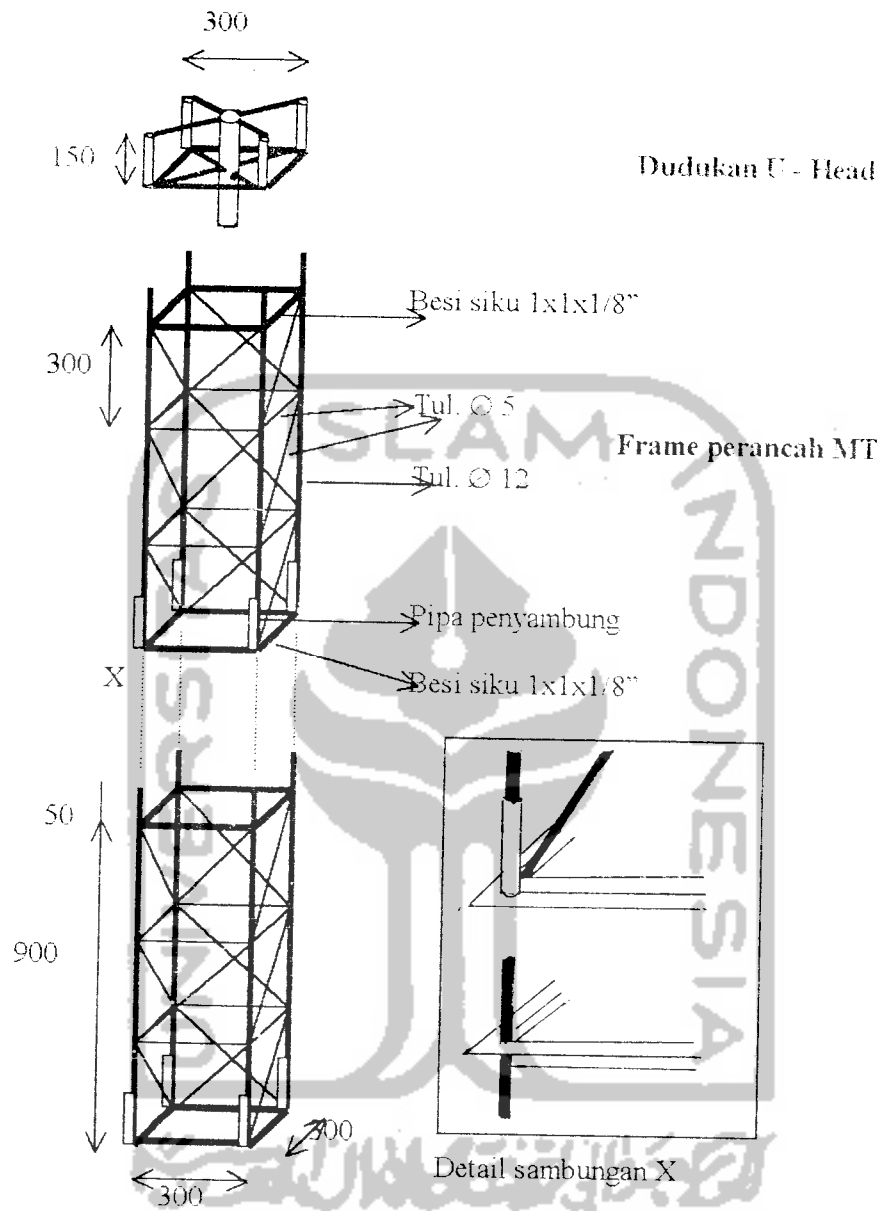
$$\text{Kuat geser baut} = n \cdot A_{\text{baut}} \cdot \tau_{\text{baut}}$$

$$= 4 \cdot 1,266 \cdot 253,6 = 1284,23 \text{ kg} > P_v = 292 \text{ kg} \dots\dots\dots \text{aman.}$$

3. 7. 3. Pelaksanaan Pembuatan Model Perancah MT

Perancah MT terdiri dari baja tulangan yang dibuat sesuai rencana dan disambung dengan cara pengelasan menjadi sebuah frame MT. Disambung dengan cara las listrik karena sambungan yang dihasilkan kuat dan kaku sehingga sambungan tersebut dapat menyalurkan gaya dari bagian yang satu ke bagian yang lain dan tidak terjadi pengurangan luasan sehingga tidak ada perlemahan pada bagian yang mengalami pengelasan.

Beban kritis teori sebesar 14,062 Ton tersebut dicapai bila jumlah frame MT yang disambung sebanyak tiga buah sehingga memberikan tinggi 2700 mm. Apabila jumlah frame MT yang disambung lebih dari tiga buah, maka diperlukan perhitungan ulang terhadap besarnya beban kritis tersebut.



Gambar 3. 17. Perancah MT

6