

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur merupakan jantung pertumbuhan ekonomi nasional sehingga perlu dilakukan percepatan pembangunan infrastruktur yang merata diseluruh Indonesia. Berorientasi pada kebijakan Pemerintah Pusat yang sedang marak melakukan pembangunan infrastruktur negara diantaranya yaitu pembangunan gedung bertingkat, jalan, dermaga dan bandara. Oleh karena itu Pemerintah di masing-masing daerah sedang melakukan percepatan pembangunan infrastruktur.

Demikian dengan Pemerintah di Minahasa Tenggara yang sedang melaksanakan berbagai macam pembangunan. Salah satunya yaitu dengan adanya Proyek Pembangunan Plaza Ratahan yang dibangun di kelurahan Tosuraya. Untuk pembangunannya direncanakan dalam dua tahap. Tahap pertama dilaksanakan selama 150 hari dimulai pada 31 Juli 2015 dengan nilai kontrak Rp 11.502.331.000 yang sumber dananya dari Anggaran Pendapatan Belanja Daerah (APBD) Kab. Minahasa Tenggara, dengan PT. Samerot Tri Putra sebagai pelaksana pembangunan struktur dari Plaza Ratahan tersebut. Tahap kedua untuk pekerjaan arsitektur direncanakan akan dilaksanakan pada tahun 2016. Pembangunan gedung Pasar Ratahan ini sebagai tempat perbelanjaan yang diharapkan mampu mengakomodir kebutuhan masyarakat setempat.

Pada perencanaan bangunan gedung harus memperhatikan aspek kuat dan ekonomis. Dengan memperhatikan aspek-aspek tersebut maka dalam perhitungan struktur dan pelaksanaan pekerjaan harus dilakukan dengan benar dan teliti.

Untuk melakukan analisa struktur portal ada berbagai macam metode yang sering digunakan diantaranya adalah metode Putaran Sudut, *Slope Deflection*, Distribusi Momen (*Cross*), Matriks dan lain sebagainya. Namun seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat sehingga sudah ada program komputer

yang bisa digunakan untuk merencanakan atau mendesain struktur bangunan gedung yaitu *SAP2000*, *Etabs*, dan program analisa struktur lainnya.

Metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi bangunan gedung merupakan serangkaian kegiatan pelaksanaan konstruksi yang mengikuti prosedur serta yang telah direncanakan berdasarkan dengan standar yang telah ada yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI). Dalam pembangunan suatu gedung, metode pelaksanaan yang digunakan dapat mempercepat proses pembangunan serta lebih ekonomis dalam pemakaian bahan. Pada setiap proyek konstruksi bangunan gedung memiliki metode pelaksanaan yang berbeda-beda, untuk itu perlu dilakukan peninjauan untuk dilakukan evaluasi terhadap standar pelaksanaan pekerjaan atau SNI.

Untuk menghindari resiko terjadinya kegagalan struktur, dan berdasarkan hal-hal tersebut sehingga dalam penulisan tugas akhir ini judul yang diangkat yaitu “Perhitungan Struktur Portal dengan Metode Putaran Sudut, Distribusi Momen (Cross) dan di Bandingkan dengan Program *SAP2000* v.14 serta Metode Pelaksanaan Pekerjaan Pada Pembangunan Pasar Ratahan”.

1.2 Maksud dan Tujuan Penulisan

1.2.1 Maksud penulisan Tugas Akhir ini adalah untuk menghitung gaya-gaya dalam struktur portal pada proyek pembangunan Pasar Ratahan.

1.2.2 Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Menghitung gaya-gaya dalam dari hasil perhitungan struktur portal menggunakan metode Putaran Sudut dan *Cross*, juga menggunakan program *SAP2000* v.14 pada bangunan Pasar Ratahan.
2. Metode pelaksanaan pekerjaan pembangunan Pasar Ratahan terhadap standar yang sudah ada.

1.3 Pembatasan Masalah

Penulisan Tugas Akhir ini dibatasi pada:

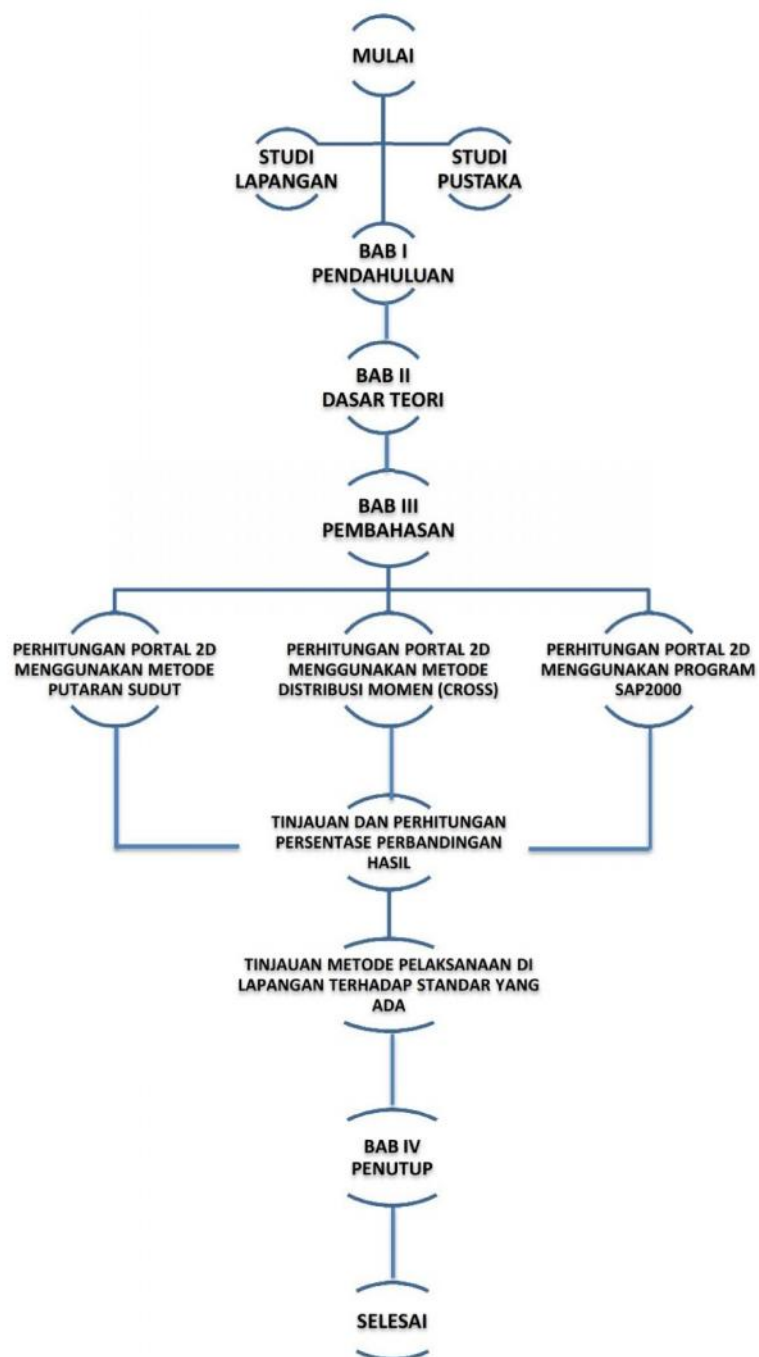
1. Perhitungan struktur portal 2D yang terbuat dari material beton pada kolom dan baja pada bagian atap, menggunakan metode Putaran Sudut

dan *Cross*, juga dengan menggunakan program *SAP2000* v.14 untuk mendapatkan reaksi perletakan serta gaya-gaya dalam.

2. Tinjauan dilakukan hanya pada satu portal di lantai kedua pembangunan Pasar Ratahan
3. Untuk harga-harga putaran sudut langsung diambil dari tabel putaran sudut dan untuk momen primer diambil langsung dari tabel *fixed end moment*.
4. Pada perhitungan menggunakan *SAP2000* v.14 hanya untuk mengambil reaksi perletakan dan gaya-gaya dalam.
5. Menguraikan dan mengevaluasi metode pelaksanaan pekerjaan dilapangan terhadap Standar Nasional Indonesia (SNI).

1.4 Metodologi Penulisan

Metodologi penulisan Tugas Akhir ini dibuat dalam bentuk diagram alir sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram Alir Penyusunan Tugas Akhir

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang, maksud dan tujuan, pembatasan masalah, metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II DASAR TEORI

Bab ini menguraikan tentang tinjauan pustaka atau teori yang menjelaskan pekerjaan-pekerjaan yang terdapat pada Bab III.

BAB III PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan tentang pembahasan dari judul yang diambil.

BAB IV PENUTUP

Merupakan bagian penutup yang berisi tentang kesimpulan dan saran.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Pengantar

Pada masa sekarang ini ilmu-ilmu di bidang konstruksi terus berkembang dengan pesat. Banyak ragam jenis konstruksi dapat dijumpai di mana-mana seperti jalan layang, jembatan, hingga gedung-gedung pencakar langit. Gedung pencakar langit yang fenomenal yaitu Burj Khalifa di Dubai, dengan tinggi 828 m. Semua itu merupakan perkembangan ilmu dalam analisis dan desain struktur yang berkembang pesat seiring dengan berkembangnya teknologi yang membantu dalam bidang konstruksi, berupa *software* atau perangkat lunak dalam melakukan analisis dan desain bangunan.

Dalam Keputusan Menteri Pekerjaan Umum (1998), menyebutkan struktur adalah sebuah sistem, artinya gabungan atau rangkaian dari berbagai macam elemen-elemen yang dirakit sedemikian rupa hingga menjadi satu kesatuan yang utuh. Pada umumnya struktur pada bangunan terdiri atas dua bagian yaitu struktur atas dan struktur bawah. Struktur atas suatu gedung adalah seluruh bagian struktur bangunan gedung yang berada di atas permukaan tanah, sedangkan struktur bawah adalah seluruh bagian struktur bangunan gedung yang berhubungan langsung dengan tanah.

Sistem struktur bangunan gedung terbentuk oleh sub sistem-sub sistem pemikul beban lateral yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu-sumbu utama ortogonal denah struktur bangunan gedung secara keseluruhan. Setiap komponen tersebut memiliki fungsi yang berbeda-beda di dalam sebuah struktur. Struktur bangunan yang direncanakan secara umum harus memenuhi persyaratan keamanan (*safety*) dan kelayakan (*serviceability*), untuk itu perlu adanya prosedur metode pelaksanaan pekerjaan struktur yang harus memenuhi persyaratan teknis bangunan gedung, Keputusan Menteri Pekerjaan Umum (1998).

2.2 Pembebanan Struktur

Dalam perhitungan ini menggunakan Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung (PPIUG) 1983 sebagai berikut:

a. Beban Mati

Beban mati ialah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung itu.

b. Beban Hidup

Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan kedalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu, sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan lantai dan atap tersebut. Khusus pada atap ke dalam beban hidup dapat termasuk beban yang berasal dari air hujan, baik akibat genangan maupun akibat tekanan jatuh (energy kinetik) butiran air.

c. Beban Angin

Beban angin ialah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

2.3 Metode Distribusi Momen (Cross)

Metode *Cross* (Distribusi Momen) pada mulanya dikemukakan oleh Prof. Hardy Cross pada tahun 1930-an, kemudian metode ini dikenal dengan metode *Cross*. Metode ini merupakan salah satu metode yang dipakai untuk menganalisis struktur balok menerus dan portal statis tak tentu.

Dalam proses analisis, metode ini melakukan distribusi momen dan induksi (*carry over*) terhadap momen primer (*Fixed End Moment*) sebanyak beberapa putaran (iterasi) guna mendapatkan keseimbangan di setiap titik simpul. Hal ini dilakukan karena momen-momen primer yang bekerja di setiap tumpuan maupun simpul suatu struktur tidak sama besarnya, sehingga simpul tidak seimbang. Untuk

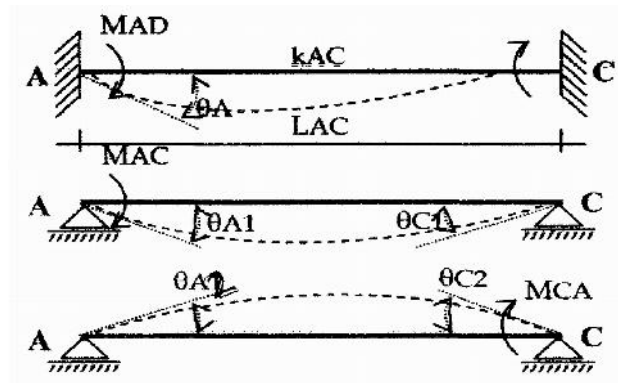
mendapatkan keseimbangan simpul melakukan perputaran, sehingga momen-momen primer di tiap simpul melakukan distribusi (pembagian) sampai jumlah momen primer di masing-masing simpul seimbang atau mendekati nol.

Tahapan perhitungan dengan menggunakan metode Cross (Distribusi Momen) adalah sebagai berikut:

1. Menghitung Faktor Kekakuan (Stiffness Factor, SF)

Untuk mengetahui faktor kekakuan batang dan momen induksi pada portal (Gambar 3), dapat diuraikan berdasarkan rumus *slope deflection* (sudut kemiringan lendutan) pada masing-masing jenis batang.

Batang AC:



Gambar 2 Batang AC

Batang prismatis AC dengan tumpuan jepit-jepit, bekerja momen distribusi sebesar M_{AC} di ujung A (simpul) dengan sudut kemiringan lendutan sebesar θ_A . Sedangkan, ujung B (tumpuan jepit) berhak menerima momen induksi sebesar M_{CA} dengan arah yang sama. Dengan demikian, diperoleh persamaan: $\theta_{A1} - \theta_{A1} = \theta_A$ dan $\theta_{C2} - \theta_{C1} = 0$.

Akibat pengaruh momen distribusi M_{AC} saja akan menimbulkan sudut kemiringan lendutan pada kedua ujung batang sebesar:

$$\theta_{A1} = \frac{M_{AC} \cdot L_{AC}}{3EI} \quad ; \quad \theta_{C1} = \frac{M_{AC} \cdot L_{AC}}{6EI}$$

Selanjutnya, pengaruh momen induksi M_{CA} saja akan menimbulkan rotasi dengan sudut kemiringan lendutan pada kedua ujung batang sebesar:

$$\theta_{A2} = \frac{MAC \cdot LAC}{6EI} \quad ; \quad \theta_{C2} = \frac{MAC \cdot LAC}{3EI}$$

Dengan demikian:

$$\theta_{C2} - \theta_{C1} = 0$$

$$\frac{MCA \cdot LCA}{3EI} - \frac{MAC \cdot LAC}{6EI} = 0$$

$$MCA = 1/2 MAC$$

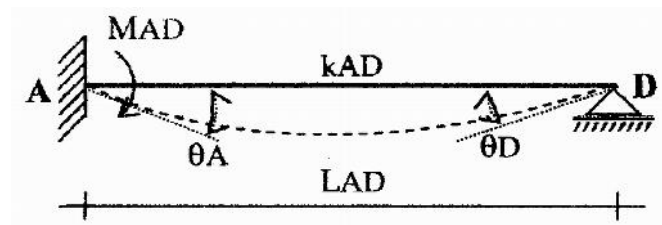
$$\theta_{A1} - \theta_{A2} = \theta_A$$

$$\frac{MCA \cdot LCA}{3EI} - \frac{MAC \cdot LAC}{6EI} = \theta_A$$

$$MAC = \frac{4EI}{LAC} \cdot \theta_A$$

Apabila $\theta_A = 1$ radian, maka: $MAC = \frac{4EI}{LAC}$

Persamaan ini menunjukkan bahwa ujung A memberi induksi pada ujung C sebesar setengah momen distribusi ($1/2 M$) dengan arah yang sama. Selanjutnya, nilai momen MAC telah menyebabkan terjadinya rotasi hingga membentuk sudut kemiringan lendutan di ujung A sebesar θ_A . Nilai momen ini disebut sebagai kekakuan batang AC yang diberi notasi k_{AC} . Dengan demikian, kekakuan batang AC (tumpuan jepit-jepit) dapat diketahui dengan rumus: $K_{AC} = 4EI/LAC$, Batang AD:



Gambar 3 Batang AD

Batang prismatis AD dengan tumpuan jepit-sendi, bekerja momen distribusi sebesar M_{AD} di ujung A (simpul) dengan sudut kemiringan lendutan sebesar θ_A . Sedangkan, ujung D tidak berhak menerima momen induksi karena jenis tumpuan sendi (momen induksi sama dengan nol). Dengan demikian, diperoleh persamaan; $\theta_{A1} - \theta_{A1} = \theta_A$

Akibat pengaruh momen distribusi MAD akan menimbulkan rotasi dengan sudut kemiringan lendutan pada ujung batang A sebesar:

$$\theta_A = \frac{MAD \cdot LAD}{3EI}; \text{ dimana } \theta_A = 1 \text{ radian, maka:}$$

$$MAD = \frac{3EI}{LAD}$$

Persamaan ini menunjukkan bahwa nilai momen MAD merupakan nilai yang dibutuhkan hingga menyebabkan terjadinya rotasi di ujung A (ujung D sendi), sehingga membentuk sudut kemiringan lendutan di ujung A sebesar θ_A . Nilai momen ini disebut sebagai kekakuan batang AD yang diberi notasi k_{AD} . Dengan demikian, kekakuan batang AD (tumpuan jepit-sendid) dapat diketahui dengan rumus: $k_{AD} = 3EI/LAD$.

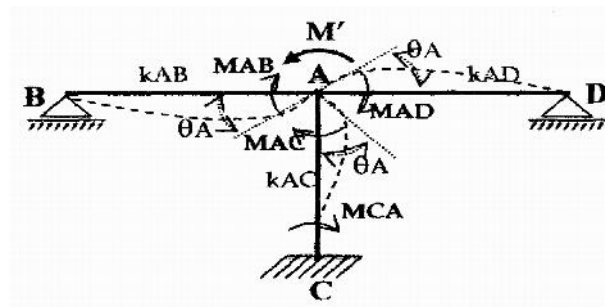
Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Kekakuan batang dengan tumpuan jepit-jepit : $k = 4EI/L$
- 2) Kekakuan batang dengan tumpuan jepit-sendid: $k = 3EI/L$

2. Menghitung Faktor Distribusi (Distribution Factor, DF)

Apabila struktur portal bekerja momen primer sebesar M' di simpul A (Gambar 2), maka di masing-masing ujung batang simpul A akan terjadi distribusi momen sebesar M_{AB} , M_{AC} , dan M_{AD} dengan arah berlawanan dengan momen primer M' . Hal ini terjadi karena simpul A kaku sempurna, sehingga batang-batang berputar menurut garis elastisnya guna mendapatkan keseimbangan.

Berapa besar faktor distribusi momen dan momen distribusi yang terjadi di ujung A untuk masing-masing batang? Untuk menyelidiki hal ini batang struktur dapat diselidiki berdasarkan gambar portal berikut ini.



Gambar 4 Distribusi Momen

Jika diamati Gambar 2, pada batang AB terjadi rotasi (perputaran sudut) sebesar θA akibat pengaruh MAB, pada batang AC terjadi rotasi (perputaran sudut) sebesar θA akibat pengaruh MAC, dan pada batang AD terjadi rotasi (perputaran sudut) sebesar θA akibat pengaruh MAD. Jadi, keseimbangan simpul A, yaitu:

$$M' = MAB + MAC + MAD.$$

Apabila k_{AB} , k_{AC} , dan k_{AD} merupakan faktor kekakuan masing-masing batang AB, AC, dan AD, maka:

$$MAB = k_{AB} \theta A; \quad MAC = k_{AC} \theta A; \quad MAD = k_{AD} \theta A$$

Jadi:

$$M' = (k_{AB} + k_{AC} + k_{AD}) \theta A$$

$$M = \sum k_A \cdot \theta A$$

$$\theta A = M' / \sum k_A$$

Dengan demikian, diperoleh:

$$MAB = \frac{k_{AB}}{\sum k_A} \cdot M' \quad MAC = \frac{k_{AC}}{\sum k_A} \cdot M' \quad MAD = \frac{k_{AD}}{\sum k_A} \cdot M'$$

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa:

- Faktor distribusi (DF) adalah perbandingan kekakuan batang (k) dengan kekakuan batang total di titik simpul ($\sum k$).

Jadi, faktor distribusi $DF = k / \sum k$

Catatan: Apabila DF dijumlahkan, maka nilai factor distribusi tiap batang pada suatu titik harus sama dengan satu.

- Momen distribusi (MD) adalah hasil perkalian faktor distribusi dengan momen primer (M').

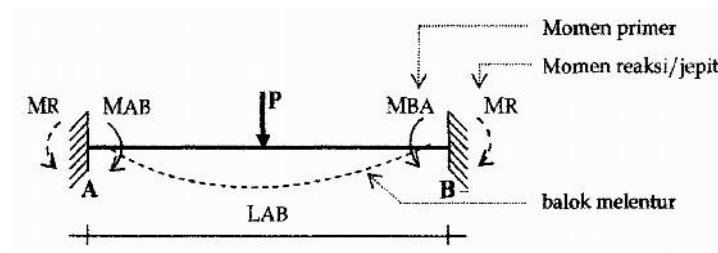
Jadi, momen primer $MD = M' \cdot DF$

3. Akibat Beban Luar:

- *Fixed End Moment*

Fixed end momen atau momen ujung batang yang juga dikenal sebagai momen primer adalah akibat dari beban-beban yang bekerja di sepanjang batang. Besarnya momen primer sama dengan momen jepit (momen reaksi) dengan tanda atau arah yang berlawanan. Dengan kata lain, momen jepit atau

momen reaksi merupakan kebalikan dari momen primer. Momen primer biasanya digambarkan melengkung ke luar pada bagian dalam ujung batang dengan arah tertentu sesuai dengan pembebanan. Arah momen primer ditentukan berdasarkan kecenderungan melenturnya batang, seolah-olah batang akan patah akibat momen yang bekerja di ujung batang.



Gambar 5 Momen Primer dan Momen Reaksi

- Distribusi Momen

Untuk mendapatkan keseimbangan momen dilakukan distribusi momen pada masing-masing simpul dengan bantuan tabel cross. Sedapat mungkin tabel cross dirancang sedemikian rupa sesuai kebutuhan. Dalam hal ini proses distribusi dan induksi momen cukup dilakukan hingga empat kali putaran atau mendekati nol.

- Freebody
- Kontrol Keseimbangan ($\Sigma H=0$, $\Sigma V=0$, dan $\Sigma M=0$)

4. Akibat Goyangan ($\Delta 1$):

- Fixed End Momen
- Tabel Distribusi Momen
- Freebody
- Kontrol Keseimbangan ($\Sigma H=0$, $\Sigma V=0$, dan $\Sigma M=0$)

5. Akibat Goyangan ($\Delta 2$):

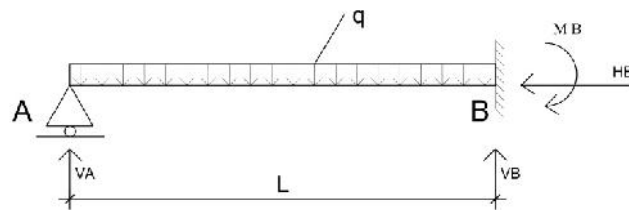
- Fixed End Momen
- Tabel Distribusi Momen
- Freebody
- Kontrol Keseimbangan ($\Sigma H=0$, $\Sigma V=0$, dan $\Sigma M=0$)

6. Menghitung Reaksi Perletakan
7. Kontrol Keseimbangan Keseluruhan Portal ($\Sigma H=0$; $\Sigma V=0$; $\Sigma M=0$)
8. Menghitung dan Menggambar Gaya-gaya Dalam

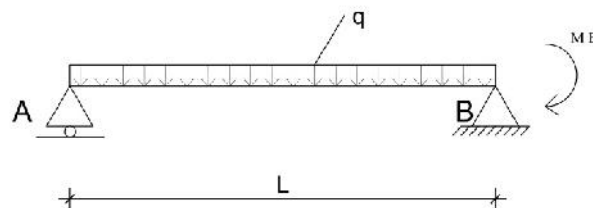
2.4 Metode Putaran Sudut

Suatu system struktur dapat dikategorikan sebagai struktur statis tak tentu apabila jumlah reaksi perletakkan atau gaya-gaya dalamnya melebihi jumlah persamaan keseimbangan yang ada untuk dipergunakan dalam proses analisis. Dalam syarat keseimbangan ada tiga persamaan yaitu $\Sigma H=0$, $\Sigma V=0$, dan $\Sigma M=0$, maka reaksi tersebut tidak bisa dihitung hanya dengan persamaan keseimbangan.

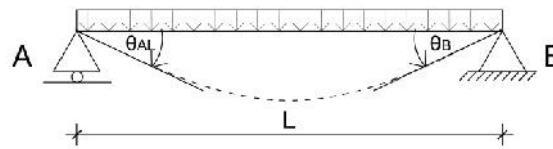
Pada metode ini struktur awal yang adalah struktur statis tak tentu dijadikan struktur statis tertentu dengan jumlah reaksi yang berlebih dijadikan sebagai gaya kelebihan terhadap struktur statis tertentu atau sering disebut dengan istilah *Redundan*. Setelah struktur diubah menjadi struktur statis tertentu maka struktur dapat diselesaikan.



Gambar 6 Struktur Statis Tak Tentu

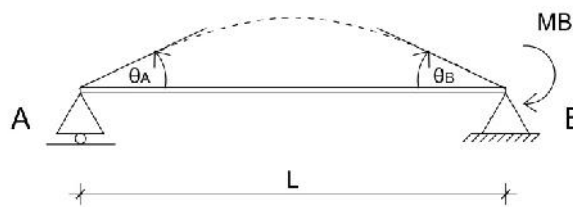


Gambar 7 Struktur Statis Tertentu dengan MB sebagai Redundan



Gambar 8 Putaran Sudut Akibat Beban (q)

$$\theta_B = -\frac{qL^3}{24EI}$$



Gambar 9 Putaran Sudut Akibat MB

$$\theta_B = \frac{MB L}{3EI}$$

$$\theta_B = -\frac{qL^3}{24EI} + \frac{MB L}{3EI} \dots \times 24$$

$$0 = qL^3 + 8MB L \dots \times 24$$

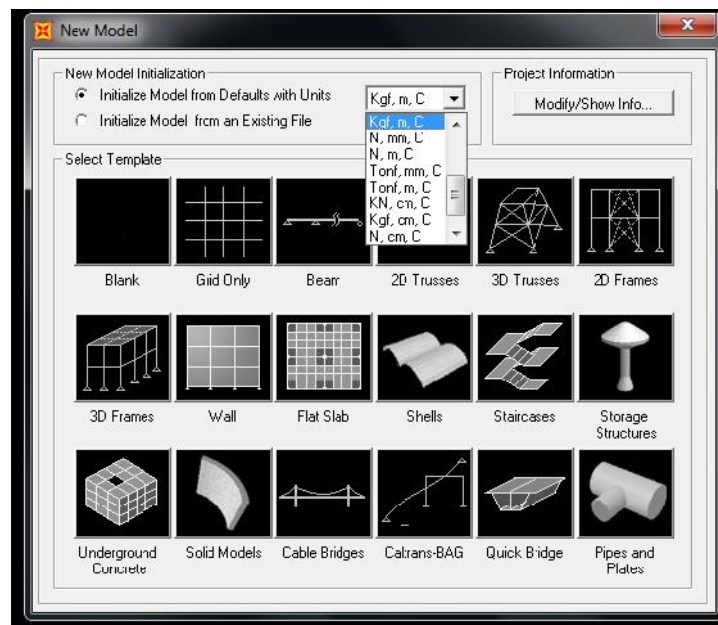
$$8MB L = -qL^3$$

$$MB = \frac{-qL^3}{-8L} = \frac{qL^2}{8}$$

2.5 Program SAP 2000

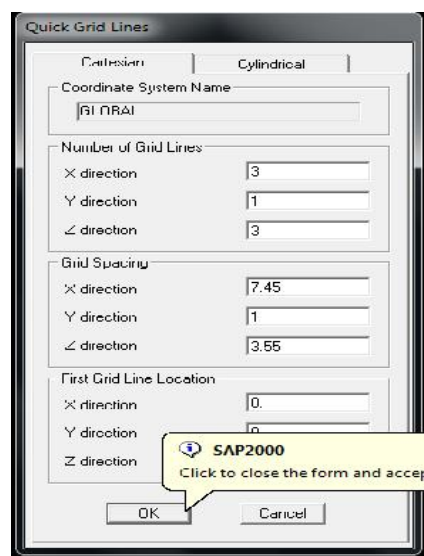
Langkah-langkah menganalisa struktur dengan program SAP2000 v.14.0.0 adalah sebagai berikut:

1. Buat folder pada direktori penyimpanan untuk menyimpan data-data SAP2000.
2. Buka program SAP2000
3. Buat file baru:
 - Menu File atau klik pada icon  New Model yang berada di paling kiri toolbar.
 - Ganti satuan dalam ukuran panjang (m)



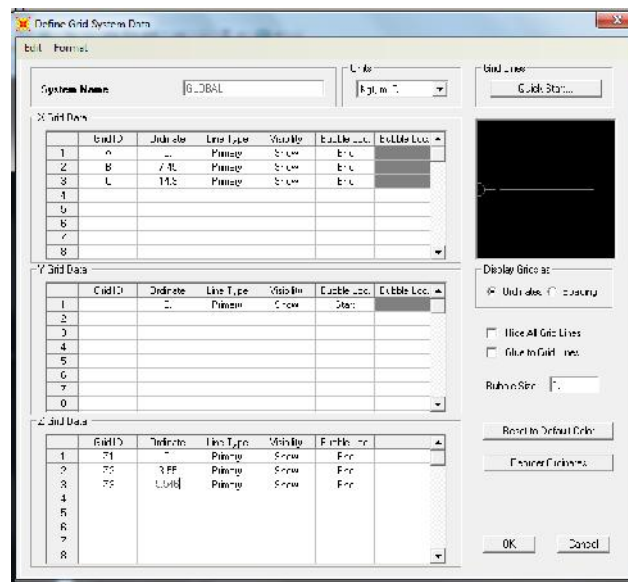
Gambar 10 Dialog Box Jenis Pemodelan

- Pilih Grid Only pada Dialog Box dan input data model struktur yang akan dibuat. Grid berfungsi sebagai garis bantu untuk menginput elemen struktur. Untuk membuat struktur portal 2D, pada Y direction dimasukan angka satu karena tidak ada elemen struktur untuk arah y pada sumbu global. Pada Number of Grid Lines masukkan data garis bantu yang diinginkan untuk arah X dan arah Z, sedangkan untuk Grid Spacing masukan masing-masing panjang garis bantu yang diperlukan.



Gambar 11 Grid Dialog Box

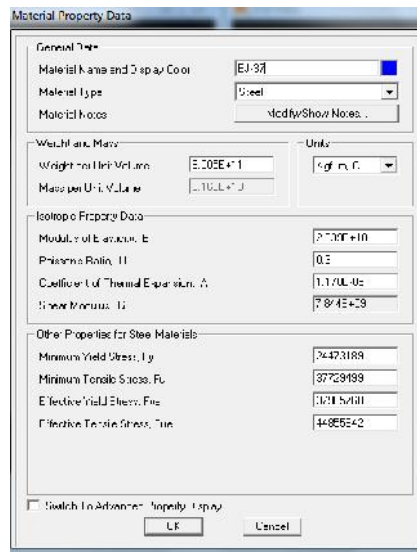
- Untuk memodifikasi garis bantu atau grid line jika ada elemen struktur yang memiliki Grid Spacing yang berbeda yang dalam pembahasan ini ada elemen struktur yang diagonal yaitu pada bagian atas yang berbentuk atap dengan sudut lima belas derajat yang dihitung sehingga didapatkan tinggi atap yang akan dimodifikasi, klik kiri mouse dua kali dengan pointer pada grid lines yang ada lalu ubah ordinate pada grid data Z3 sesuai hasil yang didapatkan dengan ditambah dengan nilai pada Z2.



Gambar 12 Modifikasi Grid Lines

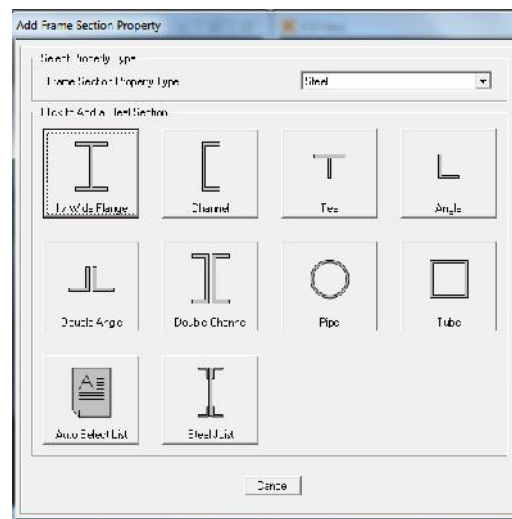
4. Mendefinisikan material yang akan digunakan:

- Define
- Material dan klik *Add New Material* untuk membuat material baru.
- Ganti *Weight per unit volume* dari tiap-tiap material (untuk baja 7850 kg/m^3 dan untuk beton 540 kg/m^3)
- Ganti *modulus of elasticity* tiap material (untuk baja $2.1 \times 10^6 \text{ kg.cm}^2$ dan untuk beton $4700\sqrt{f'c}$)
- Data mutu baja sesuaikan dengan mutu yang digunakan.



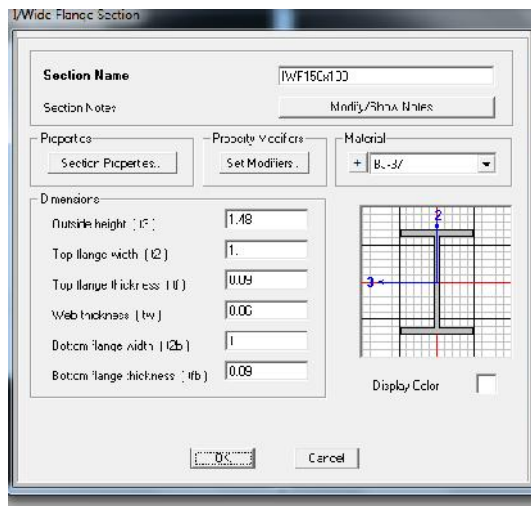
Gambar 13 Material Property Data

- Pilih jenis material yang akan dibuat dan diberi nama, ok.
5. Mendefinisikan penampang struktur yang akan digunakan:
- Define
 - Pilih *Section Properties-Frame Section*
 - *Add New Property*, pilih jenis material yang digunakan dan tipe penampangnya.

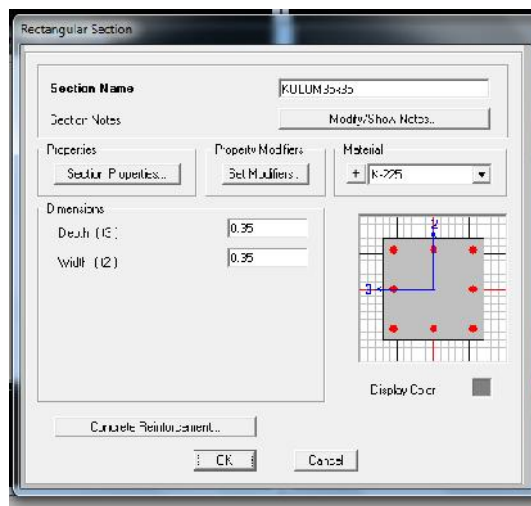


Gambar 14 Jenis Penampang Material

- Input data penampang sesuai ukuran yang digunakan.



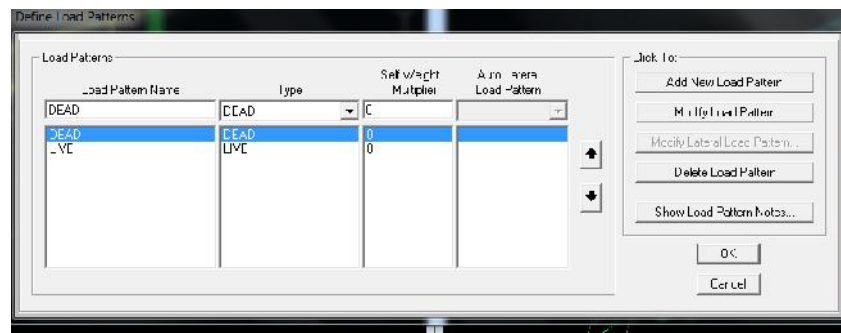
Gambar 15 Pembuatan Penampang Material Baja



Gambar 16 Pembuatan Penampang Material Beton

6. Mendefinisikan tipe beban yang akan bekerja pada struktur:

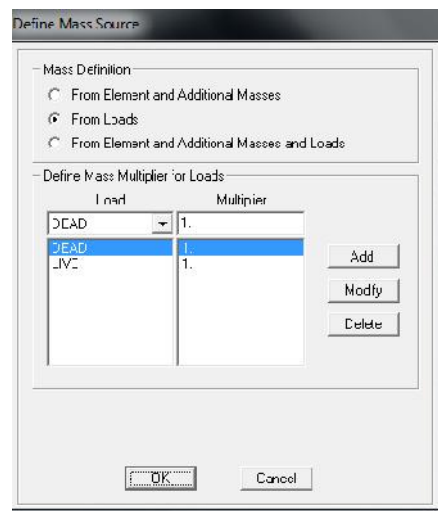
- Define
- Load pattern
- Beban mati/ Dead, self weight multiplier = 0 (nol dimaksudkan berat sendiri elemen struktur tidak dihitung otomatis oleh program, sedangkan satu berarti berat sendiri elemen struktur akan dihitung otomatis oleh program)
- Beban hidup/ Live, self weight multiplier = 0



Gambar 17 Define Load Pattern

7. Mendefinisikan sumber beban:

- Define
- Mass source
- Pilih from load, Dead =1 dan Live = 1 (Satu dimaksudkan agar beban yang bekerja adalah satu kali beban yang di input sendiri pada struktur)

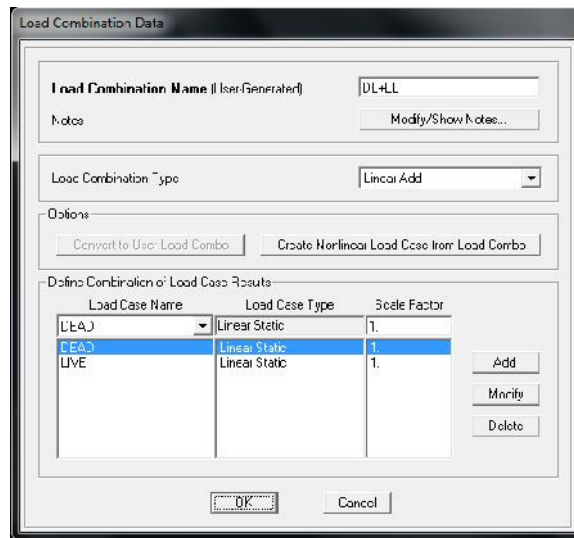


Gambar 18 Define Mass Source

8. Mendefinisikan kombinasi pembebanan:

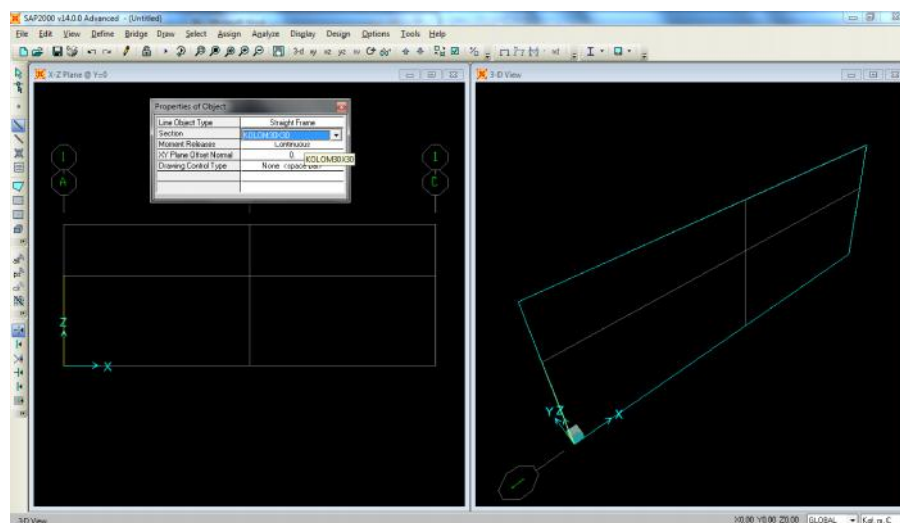
- Define
- Load combination
- Add new combo, DL + LL (beban mati + beban hidup), Dead-scale factor = 1, Live-scale factor = 1. Penambahan combo atau kombinasi ini untuk mempermudah saat mendapatkan reaksi perletakan dan gaya-gaya dalam karena jika tidak menggunakan kombinasi, hasil reaksi dan gaya-gaya dalam akan keluar masing-masing untuk beban mati dan beban hidup sehingga

digunakan kombinasi pembebanan untuk membantu dalam mendapatkan hasil akhir dari beban mati dan beban hidup sekaligus.



Gambar 19 Kombinasi Pembebanan

9. Gambar elemen struktur menggunakan icon  Draw Frame/ Cable Element, klik pada joint awal menuju joint ujung elemen batang, seperti pada pembahasan ini dari joint paling kiri bawah ke joint diatasnya lalu pada Properties of Object ubah Section sesuai penampang struktur yang akan digunakan, lanjutkan menggambar dari joint ke joint dan ubah penampang sesuai dengan yang digunakan. (Catatan: jika perhitungan hanya untuk mencari reaksi perletakan dan gaya-gaya dalam, maka dimensi penampang dan jenis material tidak berpengaruh.)



Gambar 20 Menggambar Elemen Struktur

10. Memasang perletakan:

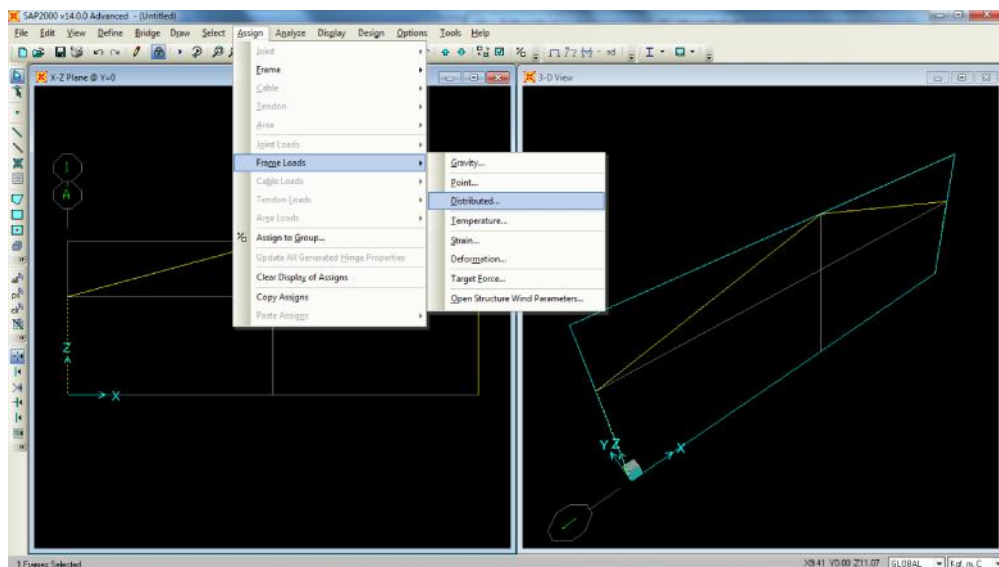
- Klik joint yang akan diberikan perletakan, lalu assign-joint-restraints, klik pada icon  (perletakan jepit), OK.



Gambar 21 Jenis Perletakan

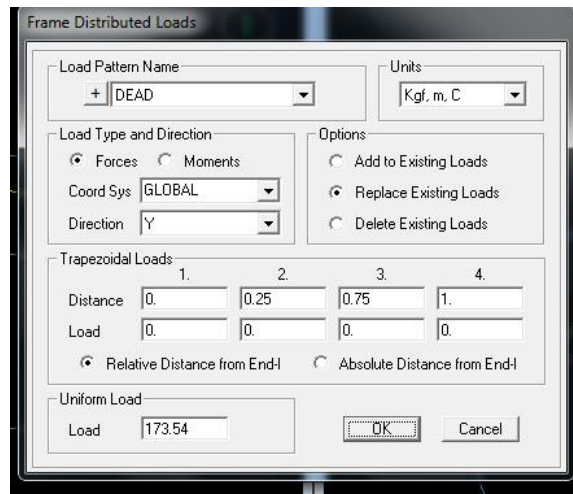
11. Input beban mati dan beban hidup berdasarkan perhitungan pembebanan:

- Klik pada masing-masing elemen struktur yang akan diberikan beban mati dengan bentuk beban terbagi rata jika beban setiap batangnya berbeda tetapi jika sama, pilih semua elemen struktur yang akan diberikan beban yang sama besar, lalu pilih menu Assign, Frame Load-Distributed (untuk beban terbagi rata).



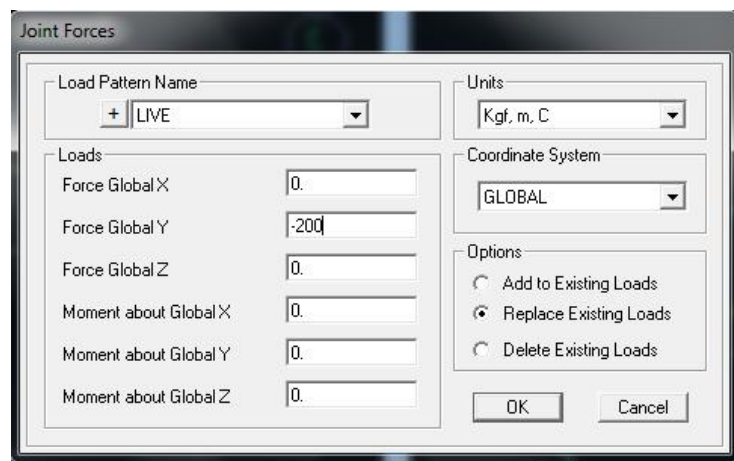
Gambar 22 Pemilihan Tipe Pembebanan

- Beban yang bekerja pada portal 2D ini bekerja pada arah Y jadi ubah direction menjadi Y, lalu input nilai beban mati pada Uniform Load, OK. (Catatan: jika beban bekerja ke arah kanan/kebawah maka nilainya positif tetapi jika ke arah kiri/ ke atas maka nilai beban negatif.)



Gambar 23 Input Nilai Beban Mati

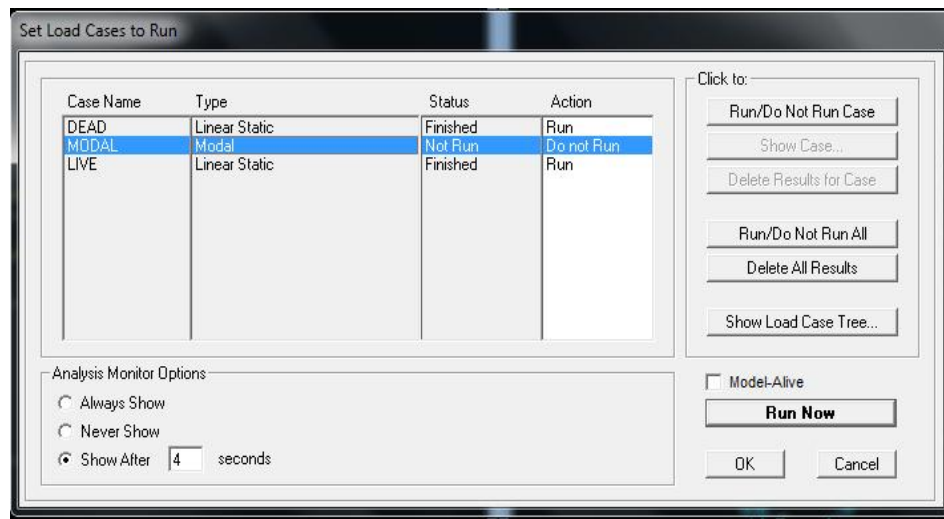
- Pada pembahasan ini beban hidup hanya pada joint, jadi klik semua joint yang akan diberikan beban hidup kemudian Assign, Joint Load-Forces, ganti Load pattern jadi LIVE LOAD, lalu input nilai beban hidup pada Force Global Y, OK. (Catatan: jika beban bekerja ke arah kanan/ke bawah maka nilainya positif tetapi jika ke arah kiri/ ke atas maka nilai beban negatif.)



Gambar 24 Input Nilai Beban Hidup

12. Analisa Perhitungan:

- Sebelum memulai analisa perhitungan save terlebih dahulu ke direktori atau folder yang sudah dibuat pada langkah pertama.
- Untuk mulai menganalisis struktur tekan F5 atau pilih pada menu Analyze-Run Analysis, pada dialog box pilih Modal dan klik Run/Do Not Run Case, lalu klik Run Now.



Gambar 25 Run Analysis

2.6 Metode Pelaksanaan Struktur

Metode pelaksanaan struktur merupakan penjabaran tata cara dan teknik-teknik persyaratan pelaksanaan pekerjaan struktur. Adapun persyaratan teknis yang mendukung suatu metode pelaksanaan pekerjaan struktur sebelum memulai kegiatan konstruksi, seperti persyaratan struktur beton, serta persyaratan teknis metode pelaksanaan pekerjaan.

a. Persyaratan Struktur Beton

Menurut Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002), dalam perencanaan struktur beton bertulang harus dipenuhi syarat-syarat berikut:

- 1) Analisis struktur dilakukan dengan cara-cara mekanika teknik yang baku.
- 2) Analisis dengan komputer, harus disertai dengan penjelasan mengenai prinsip cara kerja program, data masukan serta penjelasan mengenai data keluaran.
- 3) Percobaan model diperbolehkan bila diperlukan untuk menunjang analisis teoritis.

Selain hal-hal yang diuraikan diatas, juga perlu adanya perencanaan yang baik

terhadap proses pelaksanaan pekerjaan konstruksi, untuk menjamin kemampuan struktur yang ditinjau terhadap gempa melihat Wilayah Manado berada pada wilayah gempa berat yaitu Wilayah 5. Hal ini dibuktikan dalam Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung SNI 03-1726-2003, yang menyebutkan Wilayah Indonesia ditetapkan terbagi dalam 6 Wilayah Gempa. Di mana wilayah dengan gempa ringan adalah Wilayah 1 dan 2, wilayah gempa sedang adalah Wilayah 3 dan 4, dan wilayah gempa berat adalah Wilayah 5 dan 6. Untuk itu perlu adanya pengawasan yang baik dalam proses pelaksanaan pekerjaan struktur sesuai standar yang telah ditentukan.

b. Persyaratan Teknis Metode Pelaksanaan

Menyusun metode dan melaksanakan pengawasan pelaksanaan pekerjaan dilakukan berdasarkan persyaratan, untuk menjamin terpenuhinya kualitas (*Quality Assurance*) pekerjaan sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan. Perlunya dilaksanakan pengawasan pada pekerjaan struktur dimaksudkan agar perancangan sistem pelaksanaan dapat sesuai dengan situasi, kondisi, dan sumber daya yang ada pada pekerjaan yang bersangkutan. Dilakukan sistem pengendalian kualitas (*quality control*) yang sesuai, agar pelaksanaan pekerjaan di lapangan sesuai dengan mutu, biaya, dan waktu yang ditentukan, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (2009).

Adapun persyaratan-persyaratan teknis yang menjadi acuan dalam persyaratan teknis metode pelaksanaan pekerjaan struktur, diantaranya persyaratan alat kerja dan bahan bangunan, persyaratan pekerjaan bekisting, persyaratan detail penulangan, sampai pada persyaratan pekerjaan beton.

c. Persyaratan Peralatan Kerja

Alat kerja sangat berperan penting dalam menunjang keberhasilan suatu proyek, terutama dalam membantu melaksanakan pekerjaan-pekerjaan yang sulit dikerjakan dengan tangan manusia. Penggunaan alat kerja dapat mempercepat waktu pelaksanaan, mempermudah pelaksanaan dan meningkatkan efektifitas suatu pekerjaan. Oleh karena itu, perlu adanya perawatan dan pemeliharaan alat kerja untuk menghindari resiko kerusakan alat kerja.

d. Persyaratan Bahan Bangunan

Bahan untuk struktur yang digunakan harus sudah memenuhi semua persyaratan keamanan, termasuk keselamatan terhadap lingkungan dan penggunaan bangunan, serta sesuai standar teknis yang terkait. Bahan yang dibuat atau dicampurkan di lapangan harus diproses sesuai dengan standar tata cara yang baku untuk keperluan yang dimaksud. Bahan bangunan perfabrikasi harus dirancang sehingga memiliki sistem hubungan yang baik dan mampu mengembangkan kekuatan bahan-bahan yang dihubungkan, serta mampu bertahan terhadap gaya angkat pada saat pelaksanaan, Keputusan Menteri Pekerjaan Umum (1998).

Berikut adalah persyaratan pemakaian bahan bangunan dalam pekerjaan struktur beton berdasarkan SNI 03-2847-2002, mengenai Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.

1. Agregat

Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, dan batu pecah, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton atau adukan semen hidrolik. Ketentuan penggunaan agregat antara lain:

- a. Agregat untuk beton harus memenuhi salah satu dari ketentuan “*Spesifikasi agregat untuk beton*” (ASTM C 33).
- b. Ukuran maksimum nominal agregat kasar harus tidak melebihi:
 - $\frac{1}{5}$ jarak terkecil antara sisi-sisi cetakan, ataupun
 - $\frac{1}{3}$ ketebalan plat lantai, ataupun
 - $\frac{3}{4}$ jarak bersih minimum antara tulangan-tulangan atau kawat-kawat, atau bundel tulangan.

2. Air

Ketentuan penggunaan air antara lain:

- a. Air yang digunakan pada campuran beton harus bersih dan bebas dari bahan-bahan merusak yang mengandung oli, asam, alkali, garam, bahan organik, atau bahan-bahan lainnya yang merugikan terhadap beton atau tulangan.
- b. Air yang tidak dapat diminum tidak boleh digunakan pada beton, kecuali memenuhi ketentuan dalam pemilihan proporsi campuran beton harus didasarkan pada campuran beton yang menggunakan air dari sumber yang sama.

3. Baja tulangan

Ketentuan penggunaan baja tulangan antara lain:

- a. Baja tulangan yang digunakan harus tulangan ulir, kecuali baja polos diperkenankan untuk tulangan spiral atau tendon.
- b. Baja tulangan ulir (BJTD) harus memenuhi ketentuan “*Spesifikasi untuk baja ulir dan polos low-alloy untuk penulangan beton*” (ASTM A 706M).
- c. Baja tulangan polos untuk tulangan spiral harus memenuhi persyaratan (ASTM A 706M).
- d. Jaring kawat polos untuk sengkang harus memenuhi “*Spesifikasi untuk jaring kawat baja polos untuk penulangan beton*” (ASTM A 185).

4. Semen

Bahan semen yang digunakan harus semen Portland atau harus sesuai dengan yang digunakan pada perancangan proporsi campuran, dan harus disimpan sedemikian rupa untuk mencegah kerusakan atau pengaruh bahan yang dapat mengganggu. Setiap bahan yang telah terganggu atau terkontaminasi tidak boleh digunakan untuk pembuatan beton.

5. Bahan Tambahan

Untuk keseluruhan pekerjaan, bahan tambahan yang digunakan harus mampu secara konsisten menghasilkan komposisi dan kinerja yang sama dengan yang dihasilkan oleh produk yang digunakan dalam menentukan proporsi campuran. Bahan tambahan merupakan suatu bahan berupa bubukan atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk merubah beberapa sifatnya.

Proses pencampuran bahan tambahan yaitu :

- a. Semua bahan beton harus diaduk secara seksama dan harus dituangkan seluruhnya sebelum pencampur diisi kembali.
- b. Beton siap pakai harus dicampur dan diantarkan sesuai persyaratan SNI 03-4433-1997 tentang Spesifikasi Beton Siap Pakai.

e. Persyaratan Pekerjaan Bekisting

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan bekisting :

- a. Bekisting harus menghasilkan struktur akhir yang memenuhi bentuk, garis, dan dimensi komponen struktur seperti yang disyaratkan pada gambar rencana dan spesifikasi.
- b. Bekisting harus mantap dan cukup rapat untuk mencegah kebocoran mortar.
- c. Bekisting harus diperkaku atau diikat dengan baik untuk mempertahankan posisi dan bentuknya.
- d. Bekisting dan tumpuannya harus direncanakan sedemikian hingga tidak merusak struktur yang dipasang sebelumnya.
- e. Perencanaan bekisting harus menyertakan pertimbangan faktor-faktor berikut :
 - Kecepatan dan metode pengecoran beton.
 - Beban selama konstruksi, termasuk beban-beban vertikal, horisontal, dan tumbukan.
 - Persyaratan-persyaratan cetakan khusus untuk konstruksi cangkang, plat lipat, kubah, beton arsitektural, atau elemen-elemen sejenis.
- f. Bekisting untuk elemen struktur beton prategang harus dirancang dan dibuat sedemikian hingga elemen struktur dapat bergerak tanpa menimbulkan kerusakan pada saat gaya prategang di aplikasikan.
- g. Pembongkaran bekisting.
 Bekisting harus dibongkar dengan cara-cara yang tidak mengurangi keamanan dan kemampuan layan struktur. Beton yang akan dipengaruhi oleh pembongkaran cetakan harus memiliki kekuatan cukup sehingga tidak akan rusak oleh operasi pembongkaran.
- h. Pembongkaran penopang.
 Berdasarkan Ketentuan-ketentuan yang berlaku untuk plat lantai dan balok dimana tidak boleh ada beban konstruksi yang bertumpu pada struktur, juga tidak boleh ada penopang dibongkar dari suatu bagian struktur yang sedang dibangun. Kecuali apabila bagian dari struktur tersebut bersama-sama dengan bekisting dan penopang yang tersisa memiliki kekuatan yang memadai untuk menopang berat sendiri dan beban yang ditumpukan kepadanya.

f. Persyaratan Detail Penulangan

Dalam SNI 03-2847-2002, menyebutkan tulangan adalah batang baja berbentuk polos atau berbentuk ulir yang berfungsi untuk menahan gaya tarik pada komponen struktur beton. Dalam penulangan beton terdapat berbagai tulangan sebagai komponen baja yang menjadi bahan utama dalam pekerjaan struktur, dalam hal ini:

- a. Tulangan polos, yaitu batang baja yang permukaan sisi luarnya rata, tidak bersirip dan tidak berukir
- b. Tulangan ulir, batang baja yang permukaan sisi luarnya tidak rata, tetapi bersirip atau berukir
- c. Tulangan spiral, tulangan yang dililitkan secara menerus membentuk suatu ulir lingkaran silindris

Sengkang, tulangan yang digunakan untuk menahan tegangan geser dan torsi dalam suatu komponen struktur, terbuat dari batang tulangan, kawat baja persegi dan dipasang tegak lurus atau membentuk sudut terhadap tulangan longitudinal, dipakai pada komponen struktur lentur balok.

1. Kait Standar

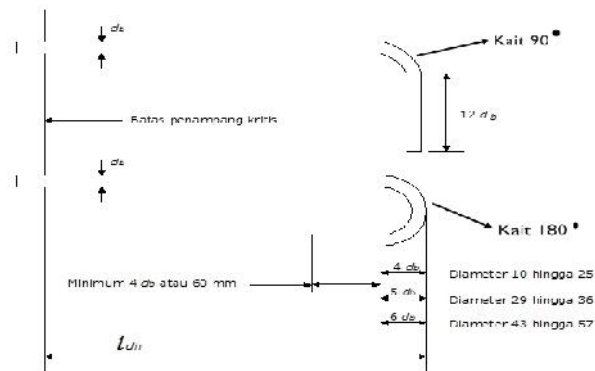
Kait standar dalam pembengkokan tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a. Bengkokan 180° ditambah perpanjangan $4d_b$, tapi tidak kurang dari 60 mm pada ujung bebas kait.
- b. Bengkokan 90° ditambah perpanjangan $12d_b$ pada ujung bebas kait.
- c. Untuk sengkang dan kait pengikat, untuk batang D-16 dan yang lebih kecil, bengkokan 90° ditambah perpanjangan $6d_b$ pada ujung bebas kait.

Tabel 1 Diameter Bengkokan Minimum Sengkang

Ukuran tulangan	Diameter minimum
D-10 sampai dengan D-25	$6d_b$
D-29, D-32, dan D-36	$8d_b$
D-44 dan D-56	$10d_b$

Sumber: SNI 03-2847-2002



Gambar 26 Detail kaitan untuk penyaluran kait standar
SNI 03-2847-2002

Keterangan :

D = jarak dari serat tekan terluar terhadap titik berat tulangan tarik.

db = diameter nominal batang tulangan.

Toleransi letak tulangan longitudinal dari bengkokan dan ujung akhir tulangan harus sebesar 50 mm kecuali pada ujung tidak menerus dari komponen struktur dimana toleransinya harus sebesar 13 mm. Cara pembengkokan yaitu semua tulangan harus dibengkokkan dalam keadaan baik. Tulangan yang sebagian sudah tertanam di dalam beton tidak boleh dibengkokkan di lapangan, kecuali seperti yang ditentukan pada gambar rencana, atau diizinkan oleh pengawas lapangan.

2. Selimut Beton

Toleransi untuk tinggi d dan selimut beton minimum dalam komponen struktur lentur dan komponen struktur tekan harus memenuhi ketentuan.

Tabel 2 Toleransi tinggi dan selimut beton minimum

	Toleransi untuk d	Toleransi untuk selimut beton minimum
$d \leq 200$ mm	± 10 mm	- 10 mm
$d > 200$ mm	± 13 mm	- 13 mm

SNI 03-2847-2002

Keterangan:

d = Jarak dari serat tekan terluar terhadap titik berat tulangan tarik

3. Batasan Spasi Tulangan

- a. Jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama, tidak boleh kurang dari db ataupun 25mm.
- b. Bila tulangan sejajar tersebut diletakkan dalam dua lapis atau lebih, tulangan pada lapis atas harus diletakkan tepat di atas tulangan di bawahnya dengan spasi bersih antar lapisan tidak boleh kurang dari 25 mm.
- c. Pada komponen struktur tekan yang diberi tulangan spiral atau sengkang pengikat, jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari $1,5 db$ (diameter tulangan).

4. Sengkang Pengikat

Penulangan sengkang pengikat untuk komponen struktur tekan harus memenuhi ketentuan berikut :

- a. Semua batang tulangan non-prategang harus diikat dengan sengkang dan sengkang ikat lateral, paling sedikit ukuran D-10 untuk tulangan longitudinal lebih kecil dari D-32, dan paling tidak D-13 untuk tulangan D-36, D-44, D-56.
- b. Sengkang ikat harus diatur sedemikian hingga setiap sudut dan tulangan longitudinal yang berselang harus mempunyai dukungan lateral atau perkuatan sisi yang didapat dari sudut sebuah sengkang.

Jika terdapat balok atau konsol (satu ujungnya terpasang pada suatu penopang tetap dan ujung lainnya bebas) pendek yang merangka pada keempat sisi suatu kolom, sengkang dan sengkang ikat boleh dihentikan pada lokasi tidak lebih dari 75 mm di bawah tulangan terbawah dari balok atau konsol pendek yang paling kecil dimensi vertikalnya.

5. Pelindung Beton untuk Tulangan

Untuk beton bertulang dengan tebal selimut beton minimum harus disediakan, dengan tulangan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

Tabel 3 Persyaratan tebal minimum selimut beton

	Tebal selimut minimum (mm)
a) Beton yang dicor langsung di atas tanah dan selalu berhubungan dengan tanah	75
b) Beton yang berhubungan dengan tanah atau cuaca: Batang D-19 hingga D-56	50
Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau kawat ulir D16 dan yang lebih kecil.....	40
c) Beton yang tidak langsung berhubungan dengan cuaca atau beton tidak langsung berhubungan dengan tanah: <u>Pelat, dinding, pelat berusuk:</u> Batang D-44 dan D 56.....	40
Batang D-36 dan yang lebih kecil	20
<u>Balok, kolom:</u> Tulangan utama, pengikat, sengkang, lilitan spiral....	40
<u>Komponen struktur cangkang, pelat lipat:</u> Batang D-19 dan yang lebih besar	20
Batang D-16, jaring kawat polos P16 atau ulir D16 dan yang lebih kecil.....	15

SNI 03-2847-2002

g. Persyaratan Pekerjaan Beton

Menurut SNI 03-2847-2002, beton merupakan campuran antara semen portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.

Ketentuan pelaksanaan pekerjaan beton dalam hal ini meliputi proses pemilihan dan pencampuran beton, pengantaran, pengecoran, perawatan beton setelah

pengecoran, sampai pada tahap evaluasi dan penerimaan beton.

1. Pemilihan Campuran Beton

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan campuran beton :

- a. Proporsi material untuk campuran beton harus ditentukan untuk menghasilkan sifat-sifat:
 - Kelecatan dan konsistensi yang menjadikan beton mudah dicor ke dalam cetakan dan celah di sekeliling tulangan dengan berbagai kondisi pelaksanaan pengecoran yang harus dilakukan, tanpa terjadinya segregasi berlebih.
 - Ketahanan terhadap pengaruh lingkungan.
- b. Untuk setiap campuran beton yang berbeda, baik dari aspek material yang digunakan ataupun proporsi campurannya harus dilakukan pengujian.
- c. Proporsi beton, termasuk rasio air-semen, dapat ditetapkan sesuai dengan perancangan proporsi campuran berdasarkan pengalaman lapangan dan/atau hasil campuran uji, yaitu :
 - Mewakili beton yang diperlukan untuk memenuhi kekuatan yang disyaratkan.
 - Harus terdiri dari satu catatan hasil uji lapangan, beberapa catatan hasil uji kuat tekan, atau hasil uji campuran percobaan.

2. Pencampuran

Pencampuran merupakan adukan antara agregat dan semen portland atau jenis semen hidrolik yang lain dan air. Dalam proses pencampuran terdapat bahan agregat halus dan agregat kasar sebagai bahan utama. Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir terbesar 5 mm, sementara agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 5 mm sampai 40 mm.

Adukan beton yang dicampur di lapangan harus dibuat sebagai berikut:

- a. Pencampuran harus dilakukan dengan menggunakan jenis pencampur yang

telah disetujui.

- b. Mesin pencampur harus diputar dengan kecepatan yang disarankan oleh pabrik pembuat.
- c. Pencampuran harus dilakukan secara terus menerus selama sekurang-kurangnya 1½ menit setelah semua bahan berada dalam wadah pencampur, kecuali bila dapat diperlihatkan bahwa waktu yang lebih singkat dapat memenuhi persyaratan uji keseragaman campuran pengolahan, penakaran, dan pencampuran bahan harus memenuhi aturan yang berlaku.

3. Pengantaran

- a. Beton harus diantarkan dari tempat pencampuran ke lokasi pengecoran dengan cara-cara yang dapat mencegah terjadinya pemisahan (segregasi) atau hilangnya bahan.
- b. Peralatan pengantar harus mampu mengantarkan beton ke tempat pengecoran tanpa pemisahan bahan dan tanpa sela yang dapat mengakibatkan hilangnya plastisitas campuran.

4. Pengecoran

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pekerjaan pengecoran :

- a. Beton harus dicor sedekat mungkin pada posisi akhirnya untuk menghindari terjadinya segregasi akibat penanganan kembali atau segregasi akibat pengaliran.
- b. Pengecoran beton harus dilakukan dengan kecepatan sedemikian hingga beton selama pengecoran tersebut tetap dalam keadaan plastis dan dengan mudah dapat mengisi ruang di antara tulangan.
- c. Beton yang telah mengeras sebagian atau beton yang telah terkontaminasi oleh bahan lain tidak boleh digunakan untuk pengecoran.
- d. Beton yang ditambah air lagi atau beton yang telah dicampur ulang setelah pengikatan awal tidak boleh digunakan, kecuali bila disetujui oleh pengawas lapangan.
- e. Setelah dimulainya pengecoran, maka pengecoran tersebut harus dilakukan secara menerus hingga mengisi secara penuh panel atau penampang sampai batasnya, atau sambungan yang ditetapkan.

- f. Permukaan atas cetakan vertikal secara umum harus datar.
- g. Semua beton harus dipadatkan secara menyeluruh dengan menggunakan peralatan yang sesuai selama pengecoran dan harus diupayakan mengisi sekeliling tulangan dan seluruh celah dan masuk ke semua sudut cetakan.
- h. Kondisi permukaan baja tulangan pada saat beton dicor harus bebas dari lumpur, minyak, atau segala jenis zat pelapis bukan logam yang dapat mengurangi kapasitas lekatan.

-Adapun langkah-langkah pengecoran yang harus dilakukan, yaitu :

- a. Membersihkan lokasi pengecoran.
- b. Membuat tanda atau *marking* pada bekisting yang menunjukkan batas berhentinya pengecoran.
- c. Mengatur dan mengarahkan penuangan beton sesuai dengan metode pelaksanaan.
- d. Agar semua adonan beton dapat masuk kedalam tulangan, digunakan alat vibrator untuk meratakannya serta ditekan dengan tekanan tinggi agar beton tersebut dapat memadat.
- e. Mengontrol elevasi atau ketinggian beton pada saat pelaksanaan pengecoran.
- f. Menghentikan pengecoran dan meratakan serta menghaluskan permukaan beton.

5. Perawatan Beton Setelah Pengecoran

- a. Beton harus dirawat pada suhu di atas 10°C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya selama 7 hari setelah pengecoran.
- b. Beton kuat awal tinggi harus dirawat pada suhu di atas 10°C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya selama 3 hari pertama.
- c. Perluasan di kemudian hari, untuk tulangan dan bagian sambungan yang terbuka, yang khusus disediakan untuk penyambungan dengan struktur tambahan di kemudian hari, harus dilindungi terhadap kemungkinan korosi.

6. Evaluasi dan Penerimaan Beton

- a. Beton harus diuji dengan teknisi pengujian lapangan yang memenuhi kualifikasi harus melakukan pengujian beton segar di lokasi konstruksi. Menyiapkan contoh-contoh uji silinder yang diperlukan dan mencatat suhu beton segar pada saat menyiapkan contoh uji untuk pengujian kuat tekan. Teknisi laboratorium yang mempunyai kualifikasi harus melakukan semua pengujian-pengujian laboratorium yang disyaratkan.
- b. Frekuensi pengujian pengujian kekuatan masing-masing mutu beton yang dicor setiap harinya haruslah dari satu contoh uji per hari, atau tidak kurang dari satu contoh uji untuk setiap 120 m³ beton, atau tidak kurang dari satu contoh uji untuk setiap 500 m² luasan permukaan lantai atau dinding.

BAB III

PEMBAHASAN

3.1 Data-Data Proyek

Berikut ini adalah data-data proyek yang ada:

a. Pekerjaan	: Pembangunan Pasar Ratahan
b. Lokasi	: Ratahan Kabupaten Minahasa Tenggara Provinsi Sulawesi Utara
c. Mulai Proyek	: 31 Juli 2015
d. Tahun Anggaran	: 2015
e. Nilai Kontrak	: Rp. 11.503.331.000,00
f. Luas Bangunan	: 2520,25 m ²
g. Waktu Pelaksanaan	: 150 Hari Kalender
h. Pelaksana	: PT. Samerot Tri Putra
i. Konsultan Perencana	: PT. Elsadai Servo Construction
j. Konsultan Pengawas	: CV. Wastu Citra Pratama

3.2 Perhitungan Pembebanan Struktur

a. Beban Hidup = 200 kg	(PPIUG Pasal 3.2)
b. Beban Angin	(PPIUG Pasal 3.2)
- L3 (miring) = $L2 : \cos 15^\circ$	= 7.7128 m
- Tekanan Tiup	= 25 kg/m
- α	= 15 °
Angin Tekan 1 = $0.02 * \alpha * 25$	= 7.5 kg/m ² *s = 57.85 kg/m
Angin Hisap 1 = $0.4 * 25$	= 10 kg/m ² *s = 77.13 kg/m
Angin Tekan 2 = $0.9 * 25$	= 22.5 kg/m ² *s = 173.54 kg/m
Angin Hisap 2 = $0.4 * 25$	= 10 kg/m ² *s = 77.13 kg/m
AT1V = $AT1 * \cos \alpha$	= 55.875 kg/m

$$AH1V = AH1 \cdot \cos \alpha = 74.50 \text{ kg/m}$$

c. Berat Sendiri

$$\text{-Berat baja IWF 150.100} = 21.1 \text{ kg/m}$$

-Berat Penutup Atap Spandek

$$\text{Berat jenis} = 6.06 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Panjang} = 8.7 \text{ m} \times$$

$$= 52.722 \text{ kg/m}$$

$$\text{-Berat Gording (profil C 125x50x20x3,2)} = 6.133 \text{ kg/m}$$

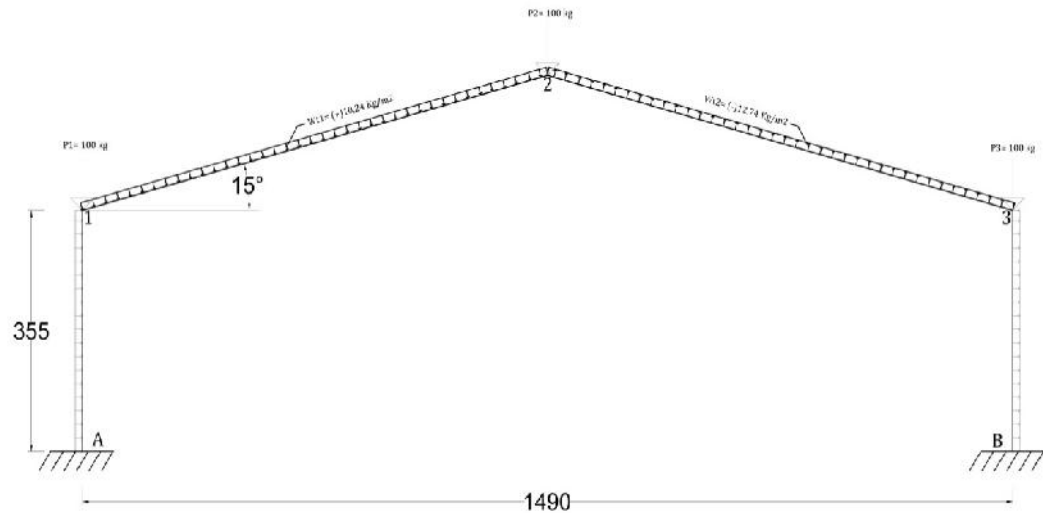
$$\text{Total Berat Sendiri} = 79.955$$

d. Beban Mati = Berat Sendiri + Beban Angin

$$WT = \text{Berat Sendiri} + AT1v = 135.83 \text{ kg/m}$$

$$WH = \text{Berat Sendiri} + AH1v = 154.46 \text{ kg/m}$$

3.3 Perhitungan Metode Putaran Sudut



$$P1; P2; P3 = 200 \text{ kg}$$

$$WT = 135.83 \text{ kg/m}$$

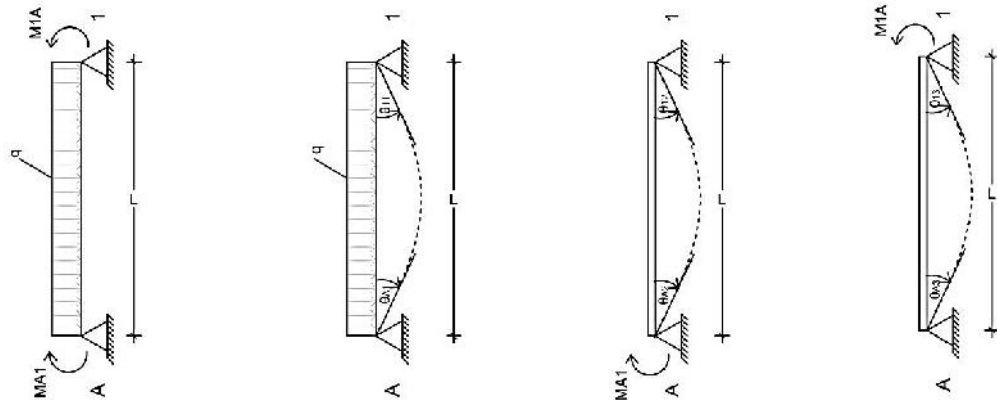
$$WH = 154.46 \text{ kg/m}$$

$$AT2 = 173.54 \text{ kg/m}$$

$$AH2 = 77.13 \text{ kg/m}$$

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 15^\circ \\
 L_1 &= 3.55 \text{ m} \\
 L_2 &= 7.45 \text{ m} \\
 L_3 (\text{miring}) &= 7.71 \text{ m}
 \end{aligned}$$

1. Bagian A1



Gambar 27 Bagian A1

$$\Theta_{A1_1} = \frac{qL^3}{24EI} \quad \Theta_{A1_2} = \frac{MA1}{3EI} \quad \Theta_{A1_3} = \frac{M1A L}{6EI}$$

$$\Theta_{1A_1} = \frac{-qL^3}{24EI} \quad \Theta_{1A_2} = \frac{-MA1}{6EI} \quad \Theta_{1A_3} = \frac{-M1A L}{3EI}$$

$$\Theta_{A1} = + \frac{qL^3}{24EI} + \frac{MA1 L}{3EI} + \frac{M1A}{6EI} = 0 \quad \frac{x 24EI}{L}$$

$$\Theta_{A1} = + qL^2 + 8 MA1 + 4M1A = 0 \quad \text{.....(1)}$$

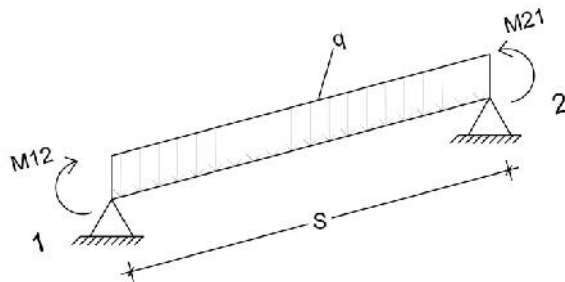
$$\Theta_{1A} = - \frac{qL^3}{24EI} - \frac{MA1 L}{6EI} - \frac{M1A}{3EI} = 0 \quad \frac{x 24EI}{L}$$

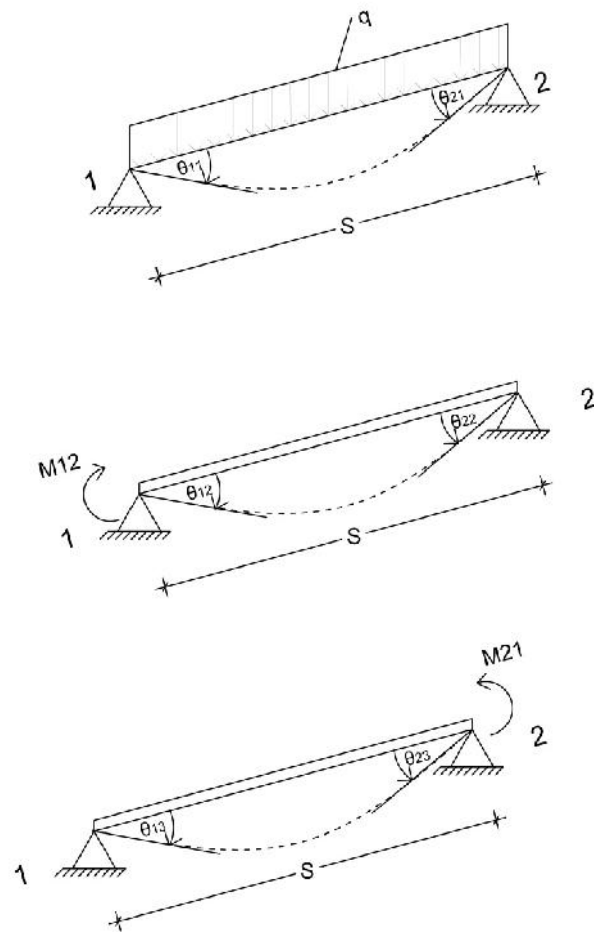
$$\Theta_{1A} = - qL^2 - 4MA1 - 8M1A = 0 \quad \text{.....(2)}$$

Eliminasi Pers (1) dan (2)

$$\begin{array}{rclcl}
 (1) & 8 M_{A1} & + & 4 M_{1A} & = & -qL^2 & \left\| \begin{array}{l} \times 1 \\ \times 2 \end{array} \right. \\
 (2) & -4 M_{A1} & - & 8 M_{1A} & = & qL^2 & \\
 \\
 (1) & 8 M_{A1} & + & 4 M_{1A} & = & -qL^2 & \\
 (2) & -8 M_{A1} & - & 16 M_{1A} & = & 2qL^2 & + \\
 \hline
 & 0 & & -12 M_{1A} & = & qL^2 & \\
 & & & M_{1A} & = & \frac{-qL^2}{12} & \\
 \\
 (1) & 8 M_{A1} & + & 4 M_{1A} & = & -qL^2 & \left\| \begin{array}{l} \times 2 \\ \times 1 \end{array} \right. \\
 (2) & -4 M_{A1} & - & 8 M_{1A} & = & qL^2 & \\
 \\
 (1) & 16 M_{A1} & + & 8 M_{1A} & = & -2qL^2 & \\
 (2) & -4 M_{A1} & - & 8 M_{1A} & = & qL^2 & + \\
 \hline
 & 12 M_{A1} & & 0 & = & -qL^2 & \\
 & & & M_{A1} & = & \frac{-qL^2}{-12} & = & \frac{qL^2}{12}
 \end{array}$$

2. Bagian 12





Gambar 28 Bagian 12

$$\Theta_{12_1} = \frac{qs^3}{24EI}$$

$$\Theta_{12_2} = \frac{M_{12}s}{3EI}$$

$$\Theta_{12_3} = \frac{M_{21}s}{6EI}$$

$$\Theta_{21_1} = \frac{-qs^3}{24EI}$$

$$\Theta_{21_2} = \frac{-M_{12}s}{6EI}$$

$$\Theta_{21_3} = \frac{-M_{21}s}{3EI}$$

$$\Theta_{12} = + \frac{qs^3}{24EI} + \frac{M_{12}s}{3EI} + \frac{M_{21}s}{6EI} = 0 \quad \times 24EI$$

$$\Theta_{12} = + \frac{qs^3}{24EI} + \frac{M_{12}s}{3EI} + \frac{M_{21}s}{6EI} = 0 \quad \dots\dots(1)$$

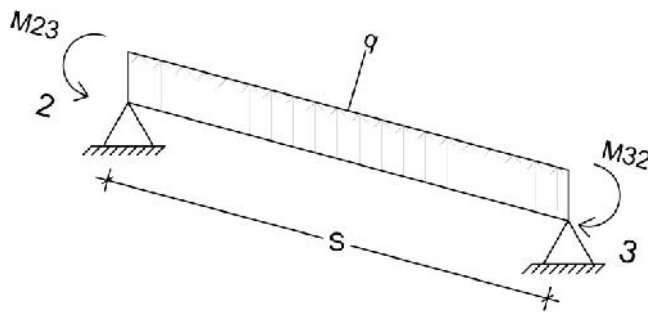
$$\Theta_{1A} = - \frac{qs^3}{24EI} - \frac{M_{12}s}{3EI} - \frac{M_{21}s}{6EI} = 0 \quad \times 24EI$$

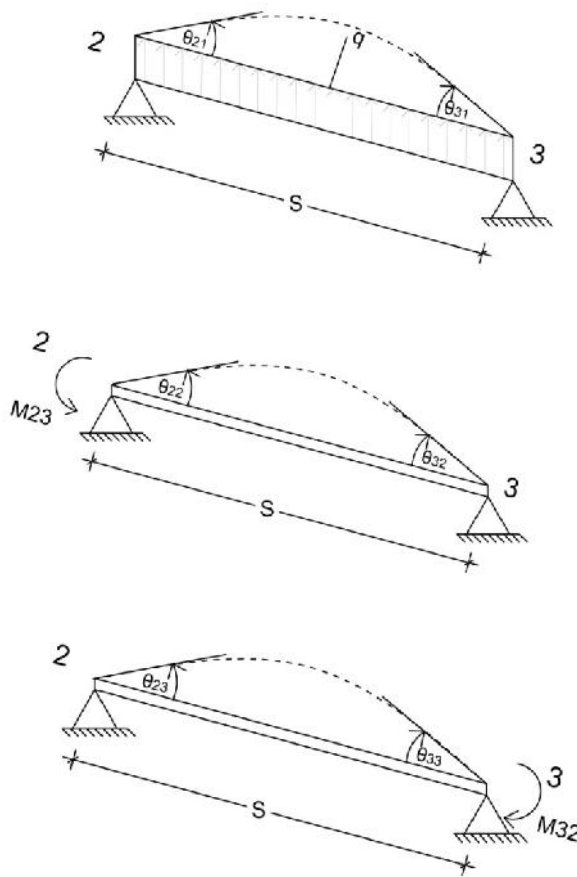
$$\Theta_{1A} = - \frac{24EI}{qs^2} - \frac{6EI}{4M_{12}} - \frac{3EI}{8M_{21}} = 0 \quad \dots\dots(2)$$

Eliminasi Pers (1) dan (2)

$$\begin{array}{rclcl}
 (1) & 8M_{12} & + & 4M_{21} & = & -qs^2 & \left| \begin{array}{l} \times 1 \\ \times 2 \end{array} \right. \\
 (2) & -4M_{12} & - & 8M_{21} & = & qs^2 & \\
 \\
 (1) & 8M_{12} & + & 4M_{21} & = & -qs^2 & \\
 (2) & -8M_{12} & - & 16M_{21} & = & 2qs^2 & + \\
 \hline
 & 0 & - & 12M_{21} & = & qs^2 & \\
 & & & M_{21} & = & \frac{-qs^2}{12} & \\
 \\
 (1) & 8M_{12} & + & 4M_{21} & = & -qs^2 & \left| \begin{array}{l} \parallel \times 2 \\ \parallel \times 1 \end{array} \right. \\
 (2) & -4M_{12} & - & 8M_{21} & = & qs^2 & \\
 \\
 (1) & 16M_{12} & + & 8M_{21} & = & -2qs^2 & \\
 (2) & -4M_{12} & - & 8M_{21} & = & qs^2 & + \\
 \hline
 & 12M_{12} & + & 0 & = & -qs^2 & \\
 & & & M_{12} & = & \frac{-qs^2}{-12} = \frac{qs^2}{12} &
 \end{array}$$

3. Bagian 23





Gambar 29 Bagian 23

$$\Theta_{23_1} = \frac{-qs^3}{24EI} \quad \Theta_{12_2} = \frac{-M_{23}s}{3EI} \quad \Theta_{12_3} = \frac{-M_{32}s}{6EI}$$

$$\Theta_{32_1} = \frac{qs^3}{24EI} \quad \Theta_{21_2} = \frac{M_{23}s}{6EI} \quad \Theta_{21_3} = \frac{M_{32}s}{3EI}$$

$$\Theta_{23} = - \frac{qs^3}{24EI} - \frac{M_{23}s}{3EI} - \frac{M_{32}s}{6EI} = 0 \quad \times 24EI$$

$$\Theta_{23} = - \frac{qs^3}{24EI} - \frac{8M_{23}s}{6EI} - \frac{4M_{32}s}{6EI} = 0 \quad \dots\dots(1)$$

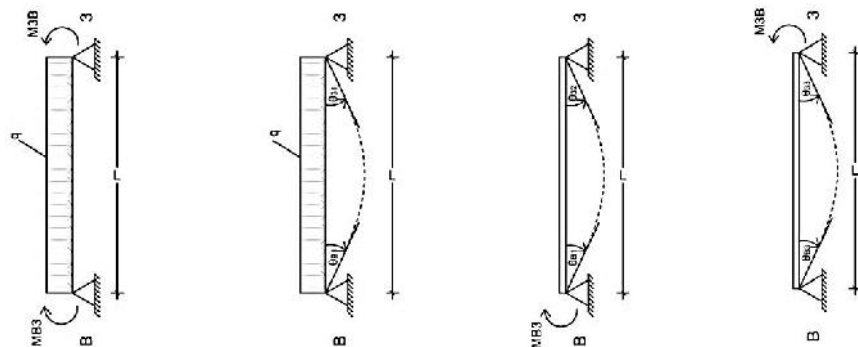
$$\Theta_{1A} = + \frac{qs^3}{24EI} + \frac{M_{23}s}{6EI} + \frac{M_{32}s}{3EI} = 0 \quad \times 24EI$$

$$\Theta_{1A} = + \frac{qs^3}{24EI} + \frac{4M_{23}s}{6EI} + \frac{8M_{32}s}{6EI} = 0 \quad \dots\dots(2)$$

Eliminasi Pers (1) dan (2)

$$\begin{array}{rclcl}
 (1) & -8M_{23} & - & 4M_{32} & = & qs^2 & \parallel & x1 \\
 (2) & 4M_{23} & + & 8M_{32} & = & -qs^2 & \parallel & x2 \\
 \\
 (1) & -8M_{23} & - & 4M_{32} & = & qs^2 & \\
 (2) & 8M_{23} & + & 16M_{32} & = & -2qs^2 & + \\
 \hline
 & 0 & + & 12M_{32} & = & -qs^2 & \\
 & & & M_{32} & = & \frac{-qs^2}{-12} & = & \frac{qs^2}{12} \\
 \\
 (1) & -8M_{23} & - & 4M_{32} & = & -qs^2 & \parallel & x2 \\
 (2) & 4M_{23} & + & 8M_{32} & = & qs^2 & \parallel & x1 \\
 \\
 (1) & -16M_{23} & - & 8M_{32} & = & -2qs^2 & \\
 (2) & 4M_{23} & + & 8M_{32} & = & qs^2 & + \\
 \hline
 & -12M_{23} & - & 0 & = & -qs^2 & \\
 & & & M_{23} & = & \frac{-qs^2}{12} &
 \end{array}$$

4. Bagian B3



Gambar 30 Bagian B3

$$\Theta_{B3_1} = \frac{qL^3}{24EI} \quad \Theta_{B3_2} = \frac{MB_3 L}{3EI} \quad \Theta_{B3_3} = \frac{M_{3B} L}{6EI}$$

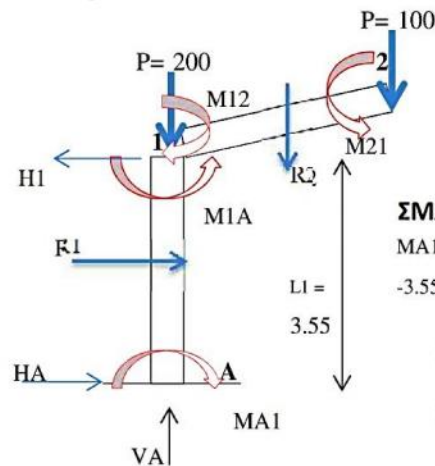
$$\begin{array}{rclclclclcl}
 \Theta B_1 = & \frac{-qL^3}{24EI} & & \Theta B_2 = & \frac{-MB_3 L}{6EI} & & \Theta B_3 = & \frac{-M_3 B L}{3EI} \\
 \Theta B_1 = & & & \Theta B_2 = & & & \Theta B_3 = & \\
 \\
 + & \frac{qL^3}{24EI} & + & \frac{MB_3 L}{3EI} & + & \frac{M_3 B L}{6EI} & = 0 & \times 24EI \\
 \Theta B_3 = & + & + & + & + & + & = 0 & L \\
 & + & qL^2 & + & 8 MB_3 & + & 4M_3 B & = 0 \quad \text{.....(1)} \\
 \Theta B_3 = & & & & & & & \\
 - & \frac{qL^3}{24EI} & - & \frac{MB_3 L}{6EI} & - & \frac{M_3 B L}{3EI} & = 0 & \times 24EI \\
 \Theta B_3 = & - & - & - & - & - & = 0 & L \\
 & - & qL^2 & - & 4MB_3 & - & 8M_3 B & = 0 \quad \text{.....(2)} \\
 \Theta B_3 = & & & & & & &
 \end{array}$$

Eliminasi Pers (1) dan (2)

$$\begin{array}{rclclclclcl}
 (1) & 8 MB_3 & + & 4M_3 B & = & -qL^2 & & \parallel \times 1 \\
 (2) & -4MB_3 & - & 8M_3 B & = & qL^2 & \times 2 & \parallel \\
 \\
 (1) & 8 MB_3 & + & 4M_3 B & = & -qL^2 & & \\
 (2) & -8MB_3 & - & 16M_3 B & = & 2qL^2 & + & \\
 \hline
 & 0 & & -12M_3 B & = & qL^2 & & \\
 & & & M_3 B & = & -qL^2 & & \\
 & & & & & 12 & & \\
 (1) & 8 MB_3 & + & M_3 B & = & -qL^2 & \parallel \times 2 \\
 (2) & -4MB_3 & - & 8M_3 B & = & qL^2 & \times 1 \parallel \\
 \\
 (1) & 16 MB_3 & + & 8M_3 B & = & -2qL^2 & & \\
 (2) & -4MB_3 & - & 8M_3 B & = & qL^2 & + & \\
 \hline
 & 12 MB_3 & & 0 & = & -qL^2 & & \\
 & & & MB_3 & = & -qL^2 & = & \frac{qL^2}{12} \\
 & & & MB_3 & = & -12 & = &
 \end{array}$$

5. FREE BODY

a. Bagian A-1-2



$$\Sigma V=0$$

$$V_A - P - R_2 - 100 = 0$$

$$V_A = P + R_2 + 100$$

$$V_A = 1347.63 \text{ kg}$$

(↑)

$$\Sigma M_A=0$$

$$M_{A1} - M_{1A} + M_{12} - M_{21} + R_1 * 1.775 + R_2 * 3.725 + 100 * 7.45 - H_1 * 3.55 = 0$$

$$-3.55 H_1 = -M_{A1} + M_{1A} - M_{12} + M_{21} - R_1 * 1.775 - R_2 * 3.725 - 100 * 7.45$$

$$H_1 = \frac{-M_{A1} + M_{1A} - M_{12} + M_{21} - R_1 * 1.775 - R_2 * 3.725 - 100 * 7.45}{-3.55}$$

$$H_1 = 1617.16 \text{ kg}$$

(←)

$$M_{A1} = 182.2512 \text{ kgm}$$

$$M_{1A} = 182.2512 \text{ kgm}$$

$$M_{12} = 673.3478 \text{ kgm}$$

$$M_{21} = 673.3478 \text{ kgm}$$

$$R_1 = 616.06 \text{ kg}$$

$$R_2 = 1047.63 \text{ kg}$$

$$\Sigma H=0$$

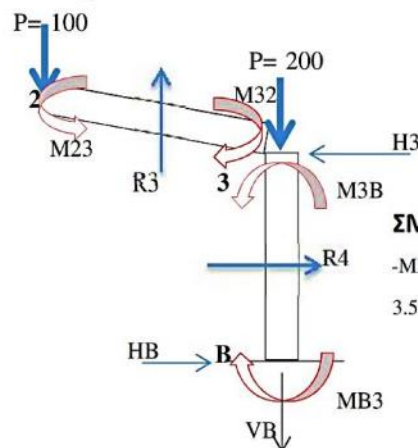
$$H_A + R_1 - H_1 = 0$$

$$H_A = H_1 - R_1$$

$$H_A = 1001.10 \text{ kg}$$

(→)

b. Bagian 2-3-B



$$\Sigma V=0$$

$$V_B + R_3 - P - 100 = 0$$

$$V_B = P + 100 - R_3$$

$$V_B = -850.69 \text{ kg}$$

(↓)

$$\Sigma M_B=0$$

$$-M_{B3} + M_{3B} - M_{32} + M_{23} + 100 * 7.45 + H_3 * 3.55 - R_3 * 3.725 - R_4 * 1.775 = 0$$

$$3.55 H_3 = M_{B3} - M_{3B} + M_{32} - M_{23} - 100 * 7.45 + R_3 * 3.725 + R_4 * 1.775$$

$$H_3 = \frac{M_{B3} - M_{3B} + M_{32} - M_{23} - 100 * 7.45 + R_3 * 3.725 + R_4 * 1.775}{3.55}$$

$$H_3 = 1134.46 \text{ kg}$$

(←)

$$M_{23} = 765.6772 \text{ kgm}$$

$$M_{32} = 765.6772 \text{ kgm}$$

$$M_{3B} = 81.0005 \text{ kgm}$$

$$M_{B3} = 81.0005 \text{ kgm}$$

$$R_3 = 1150.69 \text{ kg}$$

$$R_4 = 273.80 \text{ kg}$$

$$\Sigma H=0$$

$$R_4 + H_B - H_3 = 0$$

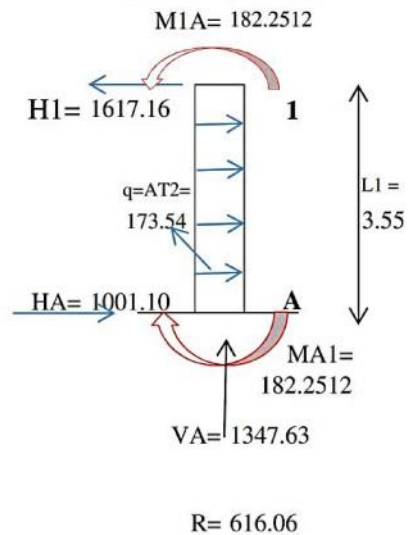
$$H_B = -R_4 + H_3$$

$$H_B = 860.65 \text{ kg}$$

(→)

7. MENGHITUNG GAYA-GAYA DALAM

a. Bagian 1A ($0 \leq x \leq 3.55$)



-Gaya Lintang (Q)

$$Q_x = -H1 + R_x$$

$$x = 0 \quad Q_1 = -1617.164 \text{ kg}$$

$$x = 3.55 \quad Q_2 = 569.851 \text{ kg}$$

-Momen (M)

$$M_x = -M1A - H1 \cdot x - R_x \cdot x/2$$

$$x = 0 \quad M_1 = -182.2512 \text{ kgm}$$

$$x = 0.8875 \quad M_2 = -1860.106 \text{ kgm}$$

$$x = 1.775 \quad M_3 = -4023.205 \text{ kgm}$$

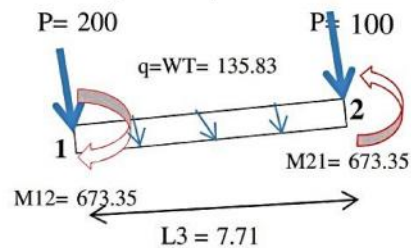
$$x = 2.6625 \quad M_4 = -6671.547 \text{ kgm}$$

$$x = 3.55 \quad M_5 = -9805.134 \text{ kgm}$$

-Gaya Normal (N)

$$N_x = -V_a = -1347.63 \text{ kg}$$

b. Bagian 12 ($0 \leq x \leq 7.71$)



-Gaya Lintang (Q)

$$Q_x = -P1 + q \cdot x^2/2$$

$$x = 0 \quad Q_1 = -207.0552 \text{ kg}$$

$$x = 7.71 \quad Q_5 = 3975.55 \text{ kg}$$

-Momen (M)

$$M_x = M12 + P1 \cdot x + R_x \cdot x/2$$

$$x = 0.0 \quad M_1 = -673.3478 \text{ kgm}$$

$$x = 1.928 \quad M_2 = -12.69065 \text{ kgm}$$

$$x = 3.856 \quad M_3 = 1170.792 \text{ kgm}$$

$$x = 5.785 \quad M_4 = 2877.101 \text{ kgm}$$

$$x = 7.713 \quad M_5 = 5106.235 \text{ kgm}$$

-Gaya Normal (N)

$$N_x = -q' = -29.80 \text{ kg}$$

$$P = \frac{200}{\cos 15^\circ}$$

$$= 207.06 \text{ kg}$$

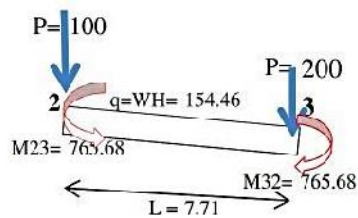
$$q = \frac{135.83}{\cos 15^\circ}$$

$$= 140.62 \text{ kgm}$$

$$q' = \frac{7.71}{\sin 15^\circ}$$

$$= 29.80 \text{ kgm}$$

c. Bagian 32 ($7.71 \leq x \leq 0$)



$$\begin{aligned}
 P &= \frac{200}{\cos 15^\circ} \\
 &= 207.06 \text{ kg} \\
 q &= \frac{154.46}{\cos 15^\circ} \\
 &= 159.9 \text{ kgm} \\
 q' &= \frac{7.71}{\sin 15^\circ} \\
 &= 29.80 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

-Gaya Lintang (Q)

$$\begin{aligned}
 Q_x &= -P1 - q \cdot x^2 / 2 \\
 x &= 0 & Q_1 &= -207.055 \text{ kg} \\
 x &= 7.71 & Q_5 &= 4549.07 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

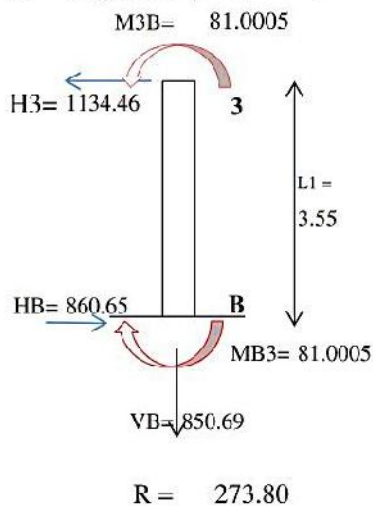
-Momen (M)

$$\begin{aligned}
 M_x &= -M32 - P' \cdot x + R_x \cdot x / 2 \\
 x &= 0.0 & M_1 &= 765.677 \text{ kgm} \\
 x &= 1.928 & M_2 &= 2659.12 \text{ kgm} \\
 x &= 3.856 & M_3 &= 9137.96 \text{ kgm} \\
 x &= 5.785 & M_4 &= 20202.2 \text{ kgm} \\
 x &= 7.713 & M_5 &= 34320.4 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

-Gaya Normal (N)

$$N_x = q' = 29.80 \text{ kg}$$

d. Bagian 3B ($0 \leq x \leq 3.55$)



-Gaya Lintang (Q)

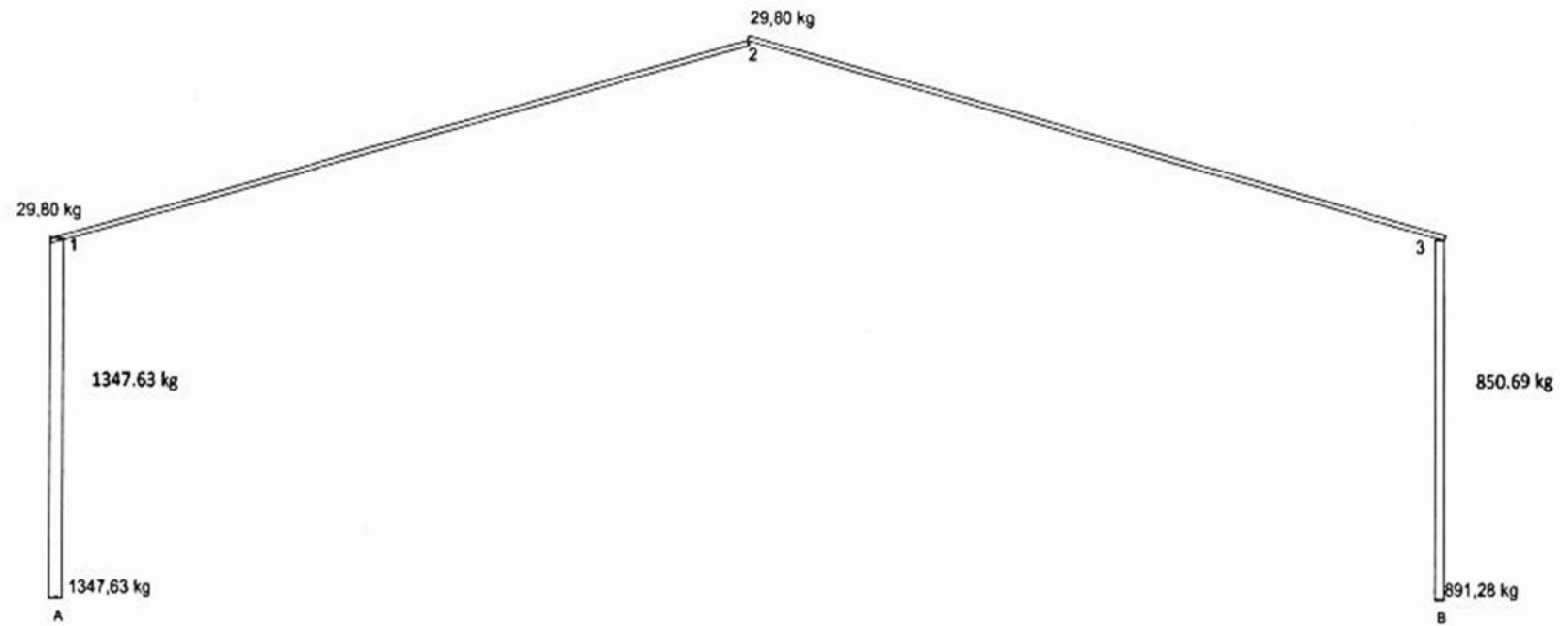
$$\begin{aligned}
 Q_x &= -H1 - R_x \\
 x &= 0 & Q_1 &= -1322.8 \text{ kg} \\
 x &= 3.55 & Q_2 &= -2294.8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

-Momen (M)

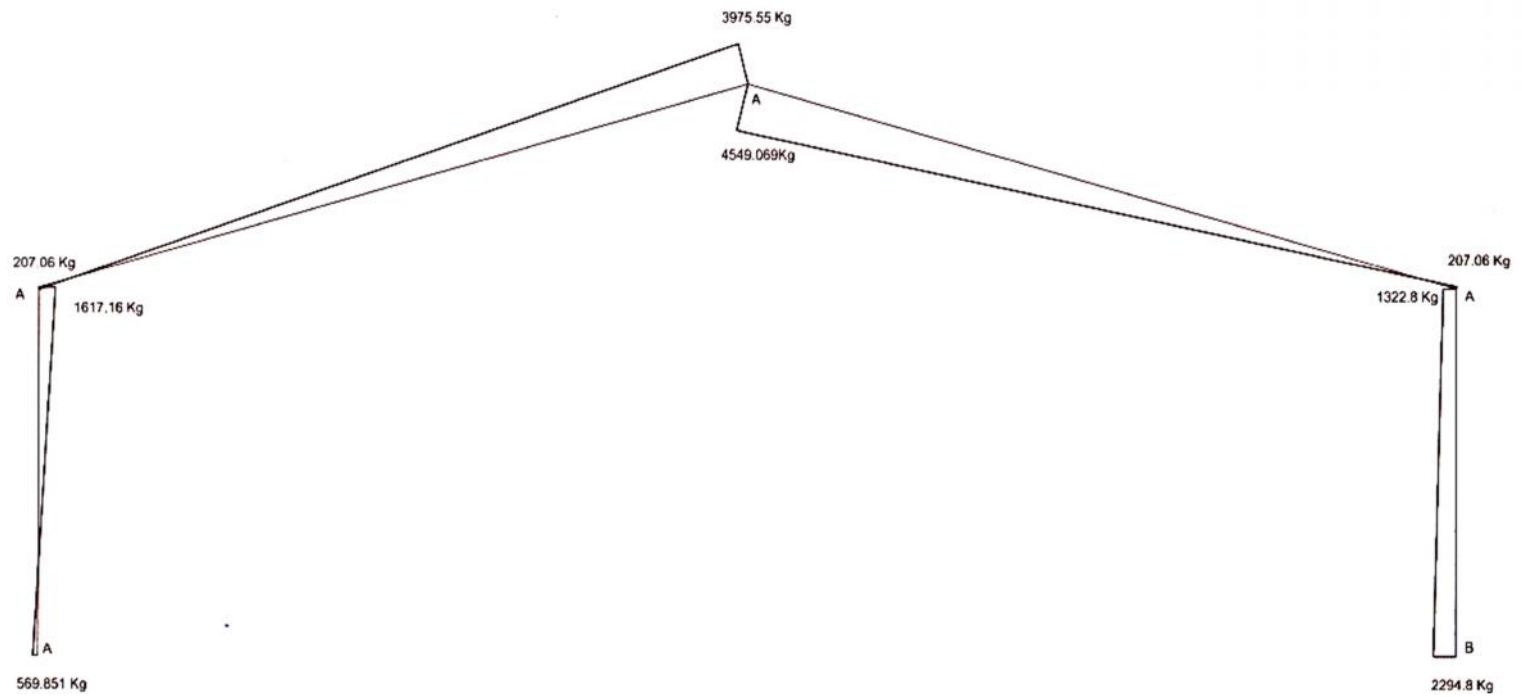
$$\begin{aligned}
 M_x &= -MB3 + H1 \cdot x + R_x \cdot x / 2 \\
 x &= 0 & M_1 &= -81.0005 \text{ kgm} \\
 x &= 0.8875 & M_2 &= 1033.66 \text{ kgm} \\
 x &= 1.775 & M_3 &= 2363.99 \text{ kgm} \\
 x &= 2.6625 & M_4 &= 3909.98 \text{ kgm} \\
 x &= 3.55 & M_5 &= 5671.63 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

-Gaya Normal (N)

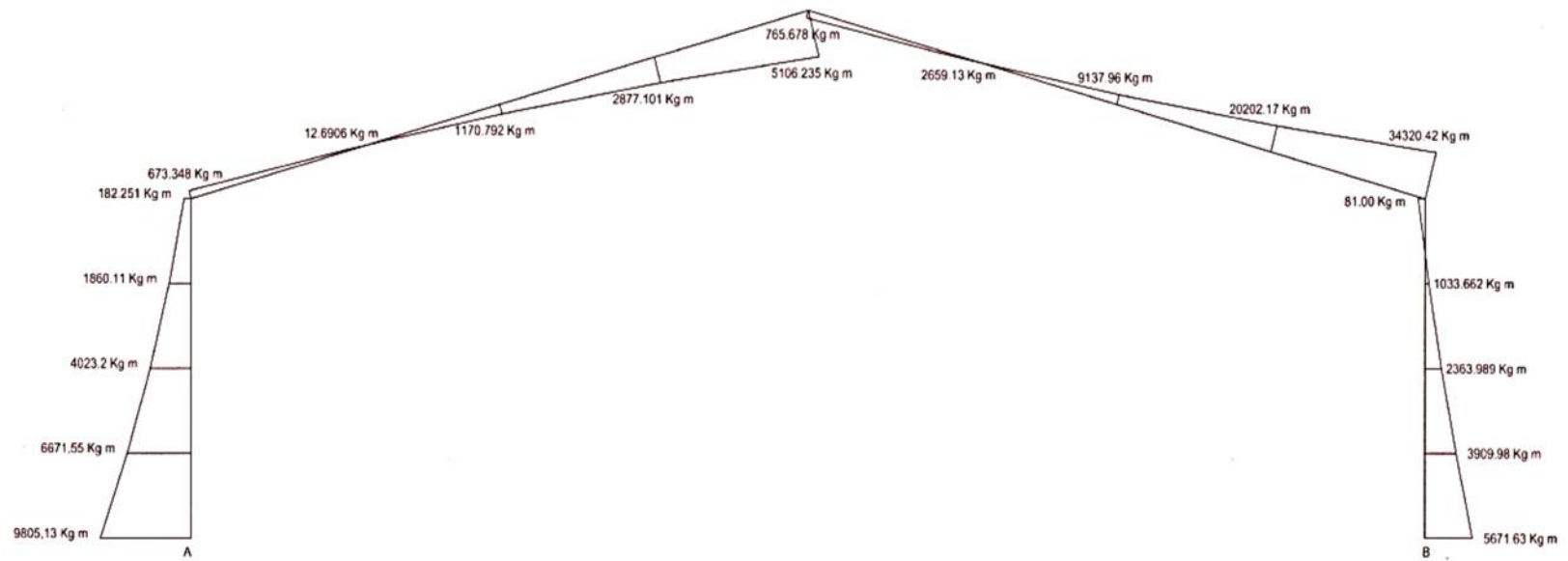
$$N_x = VB = 850.69 \text{ kg}$$



Gambar 31 Diagram Gaya Normal

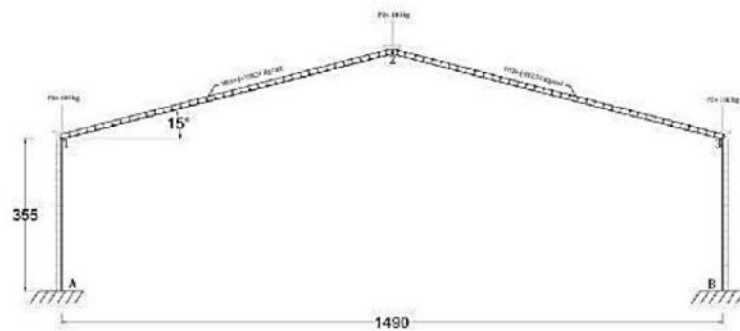


Gambar 32 Diagram Gaya Lintang



Gambar 33 Diagram Momen

3.4 PERHITUNGAN METODE DISTRIBUSI MOMEN (CROSS)



P1; P2; P3 =	200 kg
WT =	135.83 kg/m
WH =	154.46 kg/m
AT2 =	173.54 kg/m
AH2 =	77.13 kg/m
$\alpha =$	15 °
L ₁ =	3.55 m
L ₂ =	7.45 m
L ₃ (miring) =	7.71 m

1. STIFFNESS FACTOR (SF)

- Titik 1

$$SF_{1A} = \frac{4EI}{L_1} = \frac{4EI}{3.55} = 1.126760563$$

$$SF_{12} = \frac{4EI}{L_3} = \frac{4EI}{7.71} = 0.518617893$$

- Titik 2

$$SF_{21} = \frac{4EI}{L_3} = \frac{4EI}{7.71} = 0.518617893$$

$$SF_{23} = \frac{4EI}{L_3} = \frac{4EI}{7.71} = 0.518617893$$

- Titik 3

$$SF_{32} = \frac{4EI}{L_3} = \frac{4EI}{7.71} = 0.518617893$$

$$SF_{3B} = \frac{4EI}{L_1} = \frac{4EI}{3.55} = 1.126760563$$

2. DISTRIBUTION FACTOR (DF)

- Titik 1

$$DF_{1A} = \frac{SF_{1A}}{SF_{1A} + SF_{12}} = \frac{1.1268 \quad EI}{1.1268 + 0.5186 \quad (EI)} = 0.6848$$

$$DF_{12} = \frac{SF_{12}}{SFA1 + SF_{12}} = \frac{0.5186 \quad EI}{1.1268 + 0.5186 \quad (EI)} = \frac{0.3152}{1.0000} +$$

- Titik 2

$$DF_{21} = \frac{SF_{21}}{SF_{21} + SF_{23}} = \frac{0.5186 \quad EI}{0.5186 + 0.5186 \quad (EI)} = 0.5$$

$$DF_{23} = \frac{SF_{23}}{SF_{21} + SF_{23}} = \frac{0.5186 \quad EI}{0.5186 + 0.5186 \quad (EI)} = \frac{0.5}{1.0000} +$$

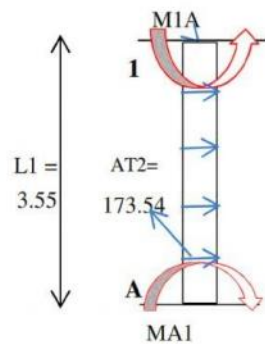
- Titik 3

$$DF_{32} = \frac{SF_{32}}{SF_{32} + SF_{3B}} = \frac{0.5186 \quad EI}{0.5186 + 1.1268 \quad (EI)} = 0.3152$$

$$DF_{3B} = \frac{SFA1}{SF_{32} + SF_{3B}} = \frac{1.1268 \quad EI}{0.5186 + 1.1268 \quad (EI)} = \frac{0.6848}{1.0000} +$$

3. FIXED END MOMENT (F.E.M)

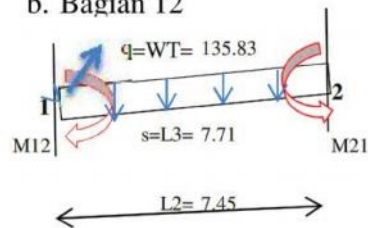
a. Bagian A1



$$M_{1A} = + \frac{qL^2}{12} = 182.2512 \quad \text{Kgm}$$

$$M_{A1} = - \frac{qL^2}{12} = -182.251 \quad \text{Kgm}$$

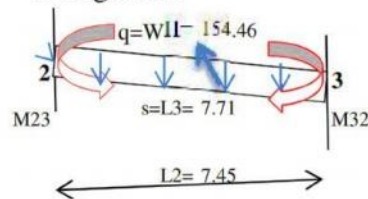
b. Bagian 12



$$M_{12} = + \frac{qs^2}{12} = 673.3478 \quad \text{Kgm}$$

$$M_{21} = - \frac{qs^2}{12} = -673.348 \quad \text{Kgm}$$

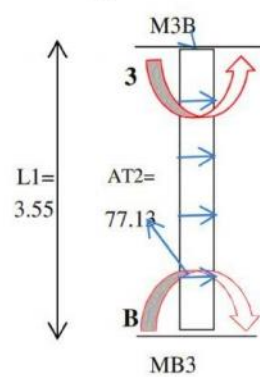
c. Bagian 23



$$M_{23} = - \frac{qs^2}{12} = -765.677 \quad \text{Kgm}$$

$$M_{32} = + \frac{qs^2}{12} = 765.677 \quad \text{Kgm}$$

d. Bagian B3



$$M_{3B} = - \frac{qL^2}{12} = 81.001 \quad \text{Kgm}$$

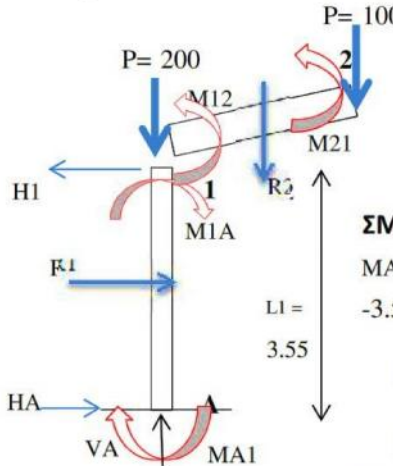
$$M_{B3} = + \frac{qL^2}{12} = -81.001 \quad \text{Kgm}$$

4. TABEL PEMBERESAN MOMEN AKIBAT BEBAN LUAR

JOINT	A	B	1		2		3	
BATANG			1A	12	21	23	32	3B
SF			1.1268	0.5186	0.5186	0.5186	0.5186	1.1268
DF			0.6848	0.3152	0.5	0.5	0.3152	0.6848
F.E.M			-182.2512	673.3478	-673.3478	-765.6772	765.6772	81.0005
	-168.1523		-336.3045	-154.7920	-77.3960			
				379.1053	758.2105	758.2105	379.1053	
		-419.7101				-193.1814	-386.3628	-839.4202
	-129.8063		-259.6125	-119.4927	-59.7464			
				63.2319	126.4639	126.4639	63.2319	
		-21.6507				-9.9652	-19.9305	-43.3014
	-21.6507		-43.3014	-19.9305	-9.9652			
				4.9826	9.9652	9.9652	4.9826	
		-1.7061				-0.7853	-1.5705	-3.4121
	-1.7061		-3.4121	-1.5705	-0.7853			
				0.3926	0.7853	0.7853	0.3926	
		-0.1344				-0.0619	-0.1238	-0.2689
	-0.1344		-0.2689	-0.1238	-0.0619			
				0.0309	0.0619	0.0619	0.0309	
		-0.0106				-0.0049	-0.0098	-0.0212
	-0.0106		-0.0212	-0.0098	-0.0049			
				0.0024	0.0049	0.0049	0.0024	
		-0.0008				-0.0004	-0.0008	-0.0017
	-0.0008		-0.0017	-0.0008	-0.0004			
				0.0002	0.0004	0.0004	0.0002	
		-0.0001				0.0000	-0.0001	-0.0001
M^0	-321.4603	-443.2128	-825.1719	825.1743	74.1842	-74.1846	805.4250	-805.4250

5. FREEBODY AKIBAT BEBAN LUAR

a. Bagian A-1-2



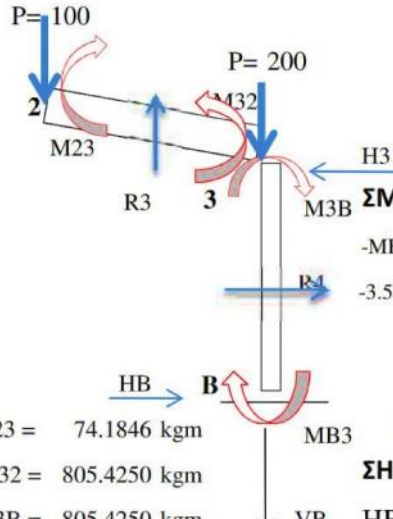
$\Sigma V=0$
 $VA - P - R2 - 100 = 0$
 $VA = P + R2 + 100$
 $VA = 1347.63 \text{ kg}$ (↑)

$\Sigma MA=0$
 $MA1 + M1A - M12 - M21 + R1 * 1.775 + R2 * 3.725 - H1 * L1 + 100 * L2 = 0$
 $-3.55 H1 - MA1 - M1A + M12 + M21 - R1 * 1.775 - R2 * 3.725 - 100 * L2$
 $H1 = \frac{-MA1 - M1A + M12 - M21 - R1 * 1.775 - R2 * 3.725 - 100 * L2}{-3.55}$
 $H1 = 1686.82 \text{ kg}$ (←)

$\Sigma H=0$
 $HA + R1 - H1 = 0$
 $HA = -R1 + H1$
 $HA = 1070.76 \text{ kg}$ (→)

$MA1 = 321.46 \text{ kgm}$
 $M1A = 825.17 \text{ kgm}$
 $M12 = 825.17 \text{ kgm}$
 $M21 = 74.18 \text{ kgm}$
 $R1 = 616.06 \text{ kg}$
 $R2 = 1047.63 \text{ kg}$

b. Bagian 2-3-B



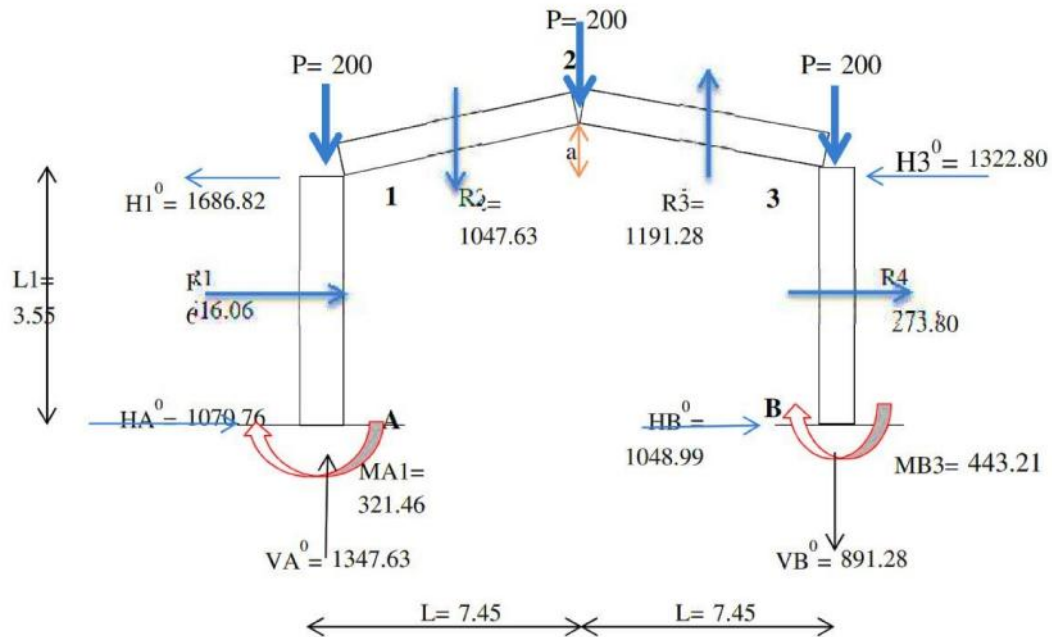
$\Sigma V=0$
 $VB - P - 100 + R3 = 0$
 $VB = P + 100 - R$
 $VB = -891.28 \text{ kg}$ (↓)

$\Sigma MB=0$
 $-MB3 - M3B + M32 + 100 * L2 - M23 - R3 * 3.725 - H3 * L1 - R4 * 1.775 = 0$
 $-3.55 H3 = MB3 + M3B - M32 - 100 * L2 + M23 + R3 * 3.725 + R4 * 1.775$
 $H3 = \frac{MB3 + M3B - M32 - 100 * L2 + M23 + R3 * 3.725 + R4 * 1.775}{-3.55}$
 $H3 = -1322.80 \text{ kg}$ (←)

$\Sigma H=0$
 $HB + H3 + R4 = 0$
 $HB = -R4 - H3$
 $HB = 1048.99 \text{ kg}$ (→)

$M23 = 74.1846 \text{ kgm}$
 $M32 = 805.4250 \text{ kgm}$
 $M3B = 805.4250 \text{ kgm}$
 $MB3 = 443.2128 \text{ kgm}$
 $R3 = 1191.28 \text{ kg}$
 $R4 = 273.80 \text{ kg}$

6. KONTROL KESEIMBANGAN AKIBAT BEBAN LUAR



$$a = L3 * \sin 15^\circ$$

$$a = 1.996 \text{ m}$$

 $\Sigma H=0$

$$R1 + HA + HB + R4 - H1 - H3 = 0$$

$$616.06 + 1070.76 + 1048.99 + 273.80 - 1686.82 - 1322.80 = 0$$

$$3009.61 - 3009.61 = 0.0000 \quad \text{OK}$$

 $\Sigma V=0$

$$VA + R3 - VB - R2 - P1 - P2 - P3 = 0$$

$$1347.63 + 1191.28 - 891.28 - 1047.63 - 200 - 200 - 200 = 0$$

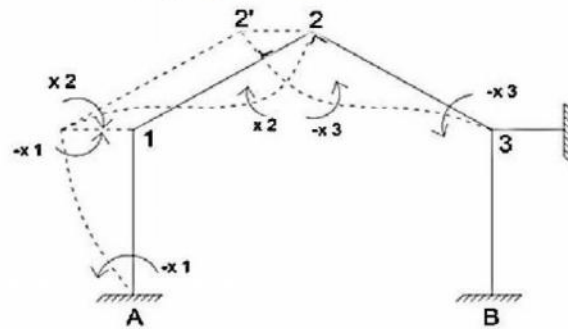
$$2538.91 - 2538.91 = 0.0000 \quad \text{OK}$$

 $\Sigma M2=0$

$$MA1 + MB3 + VA * L2 + VB * L2 + H1 * a + H3 * 1.996 + P3 * 7.45 - HA * (L1 + a) - HB * (L1 + a) - R1 * (L1/2 + a) - R4 * (L1/2 + a) - P1 * L2 - R2 * 3.725 - R3 * 3.725 = 0$$

$$= 321.46 + 443.21 + 1347.63 * 7.45 + 891.28 * 7.45 + 1686.82 * 1.996 + 1322.80 * 1.996 + 200 * 7.45 - 1070.76 * 5.546 - 1048.99 * 5.546 - 616.06 * 5.771 - 273.80 * 5.771 - 200 * 7.45 - 1047.63 * 3.725 - 1191.28 * 3.725 = 0$$

$$24942.43 - 24942.42 = 0.0021 \quad \text{OK}$$

7. AKIBAT Δ (Goyangan Ke-Kiri)

$$M_{A1} = M_{1A} = \frac{6 EI}{L^2} = -0.4761$$

$$M_{12} = M_{21} = \frac{6 EI}{L^3} = 0.1009$$

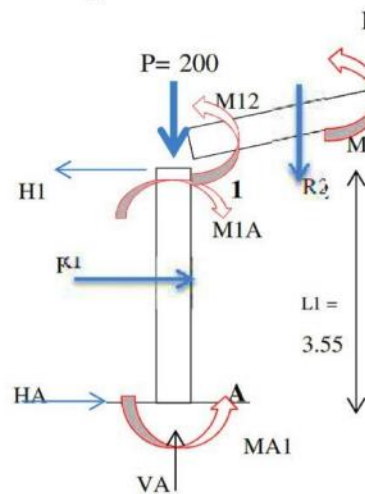
$$M_{23} = M_{32} = \frac{6 EI}{L^3} = -0.1009$$

TABEL PEMBERESAN MOMEN AKIBAT Δ (GOYANGAN KEKIRI)

JOINT	A	B	1		2		3	
BATANG			1A	12	21	23	32	3B
SF			1.1268	0.5186	0.5186	0.5186	0.5186	1.1268
DF			0.6848	0.3152	0.5000	0.5000	0.3152	0.6848
F.E.M			-0.4761	0.1009	0.1009	-0.1009	-0.1009	
	0.1285		0.2570	0.1183	0.0591			
				-0.0148	-0.0296	-0.0296	-0.0148	
		0.0396				0.0182	0.0365	0.0792
	0.0051		0.0101	0.0047	0.0023			
				-0.0051	-0.0103	-0.0103	-0.0051	
		0.0018				0.0008	0.0016	0.0035
	0.0018		0.0035	0.0016	0.0008			
				-0.0004	-0.0008	-0.0008	-0.0004	
		0.0001				0.0001	0.0001	0.0003
	0.0001		0.0003	0.0001	0.0001			
				0.0000	-0.0001	-0.0001	0.0000	
		0.0000				0.0000	0.0000	0.0000
M^I	0.1354	0.0415	-0.2052	0.2052	0.1225	-0.1225	-0.0830	0.0830

8. FREE BODY AKIBAT Δ (Goyangan Ke-Kiri)

a. Bagian A-1-2



$$\Sigma V=0$$

$$V_A - P - R_2 - 100 = 0$$

$$V_A = P + R_2 + 100$$

$$V_A = 1347.63 \text{ kg}$$



$$\Sigma M_A=0$$

$$-M_A1 + M1A - M12 - M21 + R1 * 1.775 + R2 * 3.725 + 100 * 7.45 - H1 * 3.55 = 0$$

$$-3.55 H1 = -M_A1 - M1A + M12 + M21 - R1 * 1.775 - R2 * 3.725 - 100 * 7.45$$

$$H1 = \frac{M_A1 - M1A + M12 + M21 - R1 * 1.775 - R2 * 3.725 - 100 * 7.45}{-3.55}$$

$$H1 = 1617.09 \text{ kg} \quad (\leftarrow)$$

$$M_A1 = 0.1354 \text{ kgm}$$

$$M1A = 0.2052 \text{ kgm}$$

$$M12 = 0.2052 \text{ kgm}$$

$$M21 = 0.1225 \text{ kgm}$$

$$R1 = 616.06 \text{ kg}$$

$$R2 = 1047.63 \text{ kg}$$

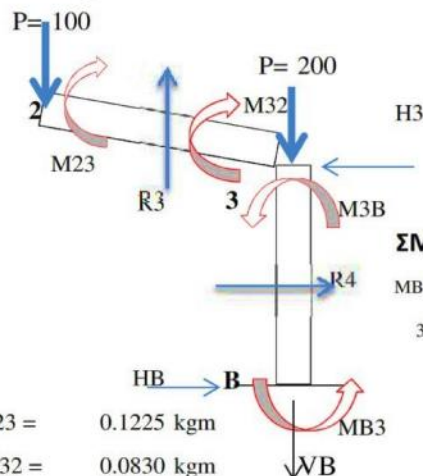
$$\Sigma H=0$$

$$H_A + R1 - H1 = 0$$

$$H_A = H1 - R1$$

$$H_A = 1001.03 \text{ kg} \quad (\rightarrow)$$

b. Bagian 2-3-B

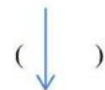


$$\Sigma V=0$$

$$V_B + R3 - P - 100 = 0$$

$$V_B = P + 100 - R3$$

$$V_B = -891.28 \text{ kg}$$



$$\Sigma M_B=0$$

$$M_B3 + M3B - M32 - M23 + 100 * 7.45 + H3 * 3.55 - R3 * 3.725 - R4 * 1.775 = 0$$

$$3.55 H3 = -M_B3 - M3B + M32 + M23 - 100 * 7.45 + R3 * 3.725 + R4 * 1.775$$

$$H3 = \frac{-M_B3 - M3B + M32 + M23 - 100 * 7.45 + R3 * 3.725 + R4 * 1.775}{3.55}$$

$$H3 = 1177.07 \text{ kg} \quad (\leftarrow)$$

$$M23 = 0.1225 \text{ kgm}$$

$$M32 = 0.0830 \text{ kgm}$$

$$M3B = 0.0830 \text{ kgm}$$

$$M_B3 = 0.0415 \text{ kgm}$$

$$R3 = 1191.28 \text{ kg}$$

$$R4 = 273.80 \text{ kg}$$

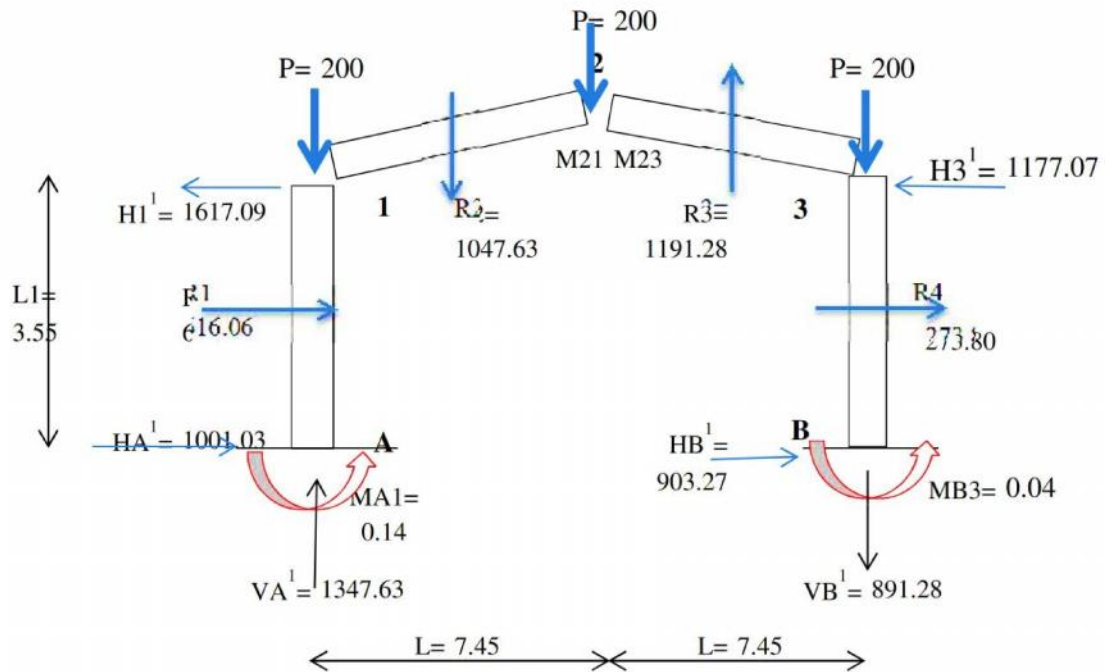
$$\Sigma H=0$$

$$R4 + H_B - H3 = 0$$

$$H_B = -R4 + H3$$

$$H_B = 903.27 \text{ kg} \quad (\rightarrow)$$

9. KONTROL KESEIMBANGAN AKIBAT Δ (Goyangan Ke-Kiri)



$$a = L3 * \sin 15^\circ$$

$$a = 1.996 \text{ m}$$

$$\Sigma H = 0$$

$$R1 + HA + HB + R4 - H3 - H1 = 0$$

$$616.06 + 1001.03 + 903.27 + 273.80 - 1177.07 - 1627.09 = 0$$

$$2794.16 - 2794.16 = 0.0000 \quad \text{OK}$$

$$\Sigma V = 0$$

$$VA + R3 - VB - R2 - P1 - P2 - P3 = 0$$

$$1347.63 + 1191.28 - 891.28 - 1047.63 - 200 - 200 - 200 = 0$$

$$2538.91 - 2538.91 = 0.0000 \quad \text{OK}$$

$$\Sigma M1 = 0$$

$$VB * 14.9 + R2 * 7.45 + P2 * 7.45 + P3 * 14.9 - MA1 - MB3 - HA * 3.55 - HB * 3.55 - R3 * 11.175 - R1 * 1.775 - R4 * 1.775 = 0$$

$$21652.52 - 21652.52 = 0.0000 \quad \text{OK}$$

10. AKIBAT Δ (Goyangan Ke-Kanan)

Karena keadaan simetris, maka kita mendapatkan momen-momen hasil perataan secara tukar menukar antisimetris sebagai berikut:

JOINT	A	B	1		2		3	
BATANG			1A	12	21	23	32	3B
M^1	0.1354	0.0415	-0.2052	0.2052	0.1225	-0.1225	-0.0830	0.0830
Terhadap ujung batang:								
M^2	-0.135441	-0.041506	0.2052137	-0.205182	-0.122482	0.122477	0.0830129	-0.083013

Dari perhitungan didapat:

$$\begin{array}{rclcl}
 V_A^2 & = & -1347.63 & \downarrow & H_3^2 & = & 1177.07 & \rightarrow \\
 V_B^2 & = & 891.28 & \uparrow & H_A^2 & = & -1001.03 & \leftarrow \\
 H_1^2 & = & 1617.09 & \rightarrow & H_B^2 & = & -903.27 & \leftarrow
 \end{array}$$

Dari ketiga peninjauan diatas didapatkan:

JOINT	A	B	1		2		3	
BATANG			1A	12	21	23	32	3B
M^0	-321.4603	-443.2128	-825.1719	825.1743	74.1842	-74.1846	805.4250	-805.4250
M^1	0.1354	0.0415	-0.2052	0.2052	0.1225	-0.1225	-0.0830	0.0830
M^2	-0.1354	-0.0415	0.2052	-0.2052	-0.1225	0.1225	0.0830	-0.0830
M	-321.4603	-443.2128	-825.1719	825.1743	74.1842	-74.1846	805.4250	-805.4250

Momen-momen ujung, arah momen dibalik.

JOINT	A	B	1		2		3	
BATANG			1A	12	21	23	32	3B
M	321.4603	443.2128	825.1719	-825.1743	-74.1842	74.1846	-805.4250	805.4250

11. MENGHITUNG REAKSI PERLETAKAN

$$\begin{array}{rclcl}
 V_A & = & V_A^0 + V_A^1 - V_A^2 & = & 1347.63 + 1347.63 - 1347.63 & = & 1347.63 \text{ kg} \\
 V_B & = & V_B^0 - V_B^1 + V_B^2 & = & -891.28 - 891.28 + 891.28 & = & -891.28 \text{ kg} \\
 H_A & = & H_A^0 + H_A^1 - H_A^2 & = & 1070.76 + 1001.03 - 1001.03 & = & 1070.76 \text{ kg} \\
 H_B & = & H_B^0 + H_B^1 - H_B^2 & = & 1048.99 + 903.27 - 903.27 & = & 1048.99 \text{ kg} \\
 H_1 & = & H_1^0 - H_1^1 + H_1^2 & = & -1686.82 - 1617.09 + 1617.09 & = & -1686.82 \text{ kg} \\
 H_3 & = & H_3^0 - H_3^1 + H_3^2 & = & -1322 - 1177.07 + 1177.07 & = & -1322.80 \text{ kg}
 \end{array}$$

Kontrol:

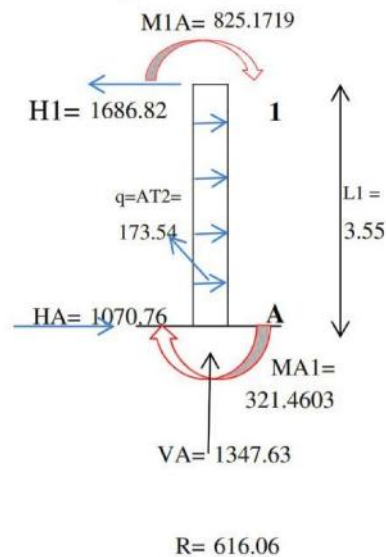
$$\Sigma H=0 \quad H_A + H_B + R_1 + R_4 - H_1 - H_3 = 0$$

$$1070.76 + 1048.99 + 616.06 + 273.8 - 1047.63 - 1191.28 = 3009.61 - 3009.61 = 0.0000 \quad \text{OK}$$

$$\Sigma V=0 \quad V_A + R_3 - V_B - R_2 - P_1 - P_2 - P_3 = 0$$

$$1347.63 + 1191.28 - 891.28 - 1047.63 - 200 - 200 - 200 = 2538.91 - 2538.91 = 0.0000 \quad \text{OK}$$

12. MENGHITUNG GAYA-GAYA DALAM

a. Bagian 1A ($0 \leq x \leq 3.55$)

-Gaya Lintang (Q)

$$Qx = -H1 + Rx$$

$$x = 0 \quad Q_1 = -1686.82 \text{ kg}$$

$$x = 3.55 \quad Q_2 = 500.1964 \text{ kg}$$

$$Q = 0 ; \quad x = 2.738 \text{ m}$$

-Momen (M)

$$Mx = -M1A - H1 \cdot x - Rx \cdot x/2$$

$$x = 0 \quad M_1 = -825.172 \text{ kgm}$$

$$x = 0.8875 \quad M_2 = -2564.85 \text{ kgm}$$

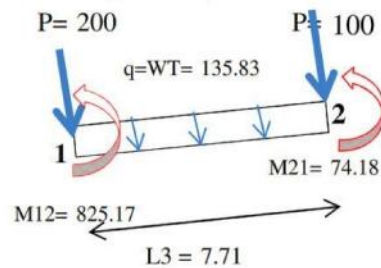
$$x = 1.775 \quad M_3 = -4789.76 \text{ kgm}$$

$$x = 2.6625 \quad M_4 = -7499.92 \text{ kgm}$$

$$x = 3.55 \quad M_5 = -10695.3 \text{ kgm}$$

-Gaya Normal (N)

$$Nx = -Va = -1347.63 \text{ kg}$$

b. Bagian 12 ($0 \leq x \leq 7.71$)

-Gaya Lintang (Q)

$$Qx = -P1 - q \cdot x^2 / 2$$

$$x = 0 \quad Q_1 = -207.055 \text{ kg}$$

$$x = 7.71 \quad Q_5 = 3975.55 \text{ kg}$$

$$Q = 0 ; \quad x = 1.72 \text{ m}$$

-Momen (M)

$$Mx = -M12 + P1 \cdot x + Rx \cdot x/2$$

$$x = 0.0 \quad M_1 = -825.174 \text{ kgm}$$

$$x = 1.928 \quad M_2 = -164.517 \text{ kgm}$$

$$x = 3.856 \quad M_3 = 1018.966 \text{ kgm}$$

$$x = 5.785 \quad M_4 = 2725.274 \text{ kgm}$$

$$x = 7.713 \quad M_5 = 4954.408 \text{ kgm}$$

-Gaya Normal (N)

$$Nx = -q' = -29.80 \text{ kg}$$

$$P = \frac{200}{\cos 15^\circ}$$

$$= 207.06 \text{ kg}$$

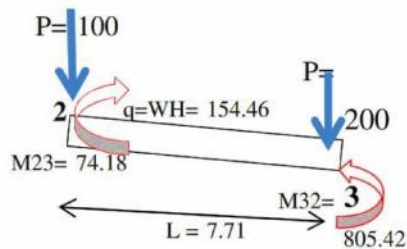
$$q = \frac{135.83}{\cos 15^\circ}$$

$$= 140.62 \text{ kgm}$$

$$q' = \frac{7.71}{\sin 15^\circ}$$

$$= 29.80 \text{ kgm}$$

c. Bagian 32 ($7.71 \leq x \leq 0$)



$$\begin{aligned}
 P &= \frac{200}{\cos 15^\circ} \\
 &= 207.06 \text{ kg} \\
 q &= \frac{154.46}{\cos 15^\circ} \\
 &= 159.90 \text{ kgm} \\
 q' &= \frac{7.71}{\sin 15^\circ} \\
 &= 29.80 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

-Gaya Lintang (Q)

$$\begin{aligned}
 Q_x &= -P1 - q \cdot x^2 / 2 \\
 x &= 0 & Q_1 &= 207.0552 \text{ kg} \\
 x &= 7.71 & Q_5 &= -4549.07 \text{ kg} \\
 Q &= 0 & x &= 1.72 \text{ m}
 \end{aligned}$$

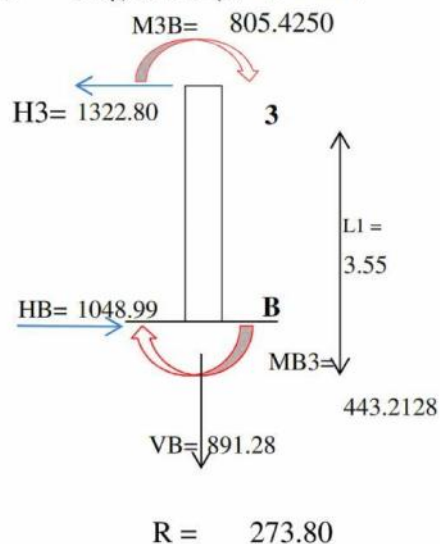
-Momen (M)

$$\begin{aligned}
 M_x &= -M12 + P1 \cdot x + R_x \cdot x / 2 \\
 x &= 0.0 & M_1 &= 805.425 \text{ kgm} \\
 x &= 1.928 & M_2 &= 144.7678 \text{ kgm} \\
 x &= 3.856 & M_3 &= -1038.72 \text{ kgm} \\
 x &= 5.785 & M_4 &= -2745.02 \text{ kgm} \\
 x &= 7.713 & M_5 &= -4974.16 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

-Gaya Normal (N)

$$N_x = q' = 29.80 \text{ kg}$$

d. Bagian 3B ($0 \leq x \leq 3.55$)



-Gaya Lintang (Q)

$$\begin{aligned}
 Q_x &= -H1 - R_x \\
 x &= 0 & Q_1 &= -1322.8 \text{ kg} \\
 x &= 3.55 & Q_2 &= -2294.8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

-Momen (M)

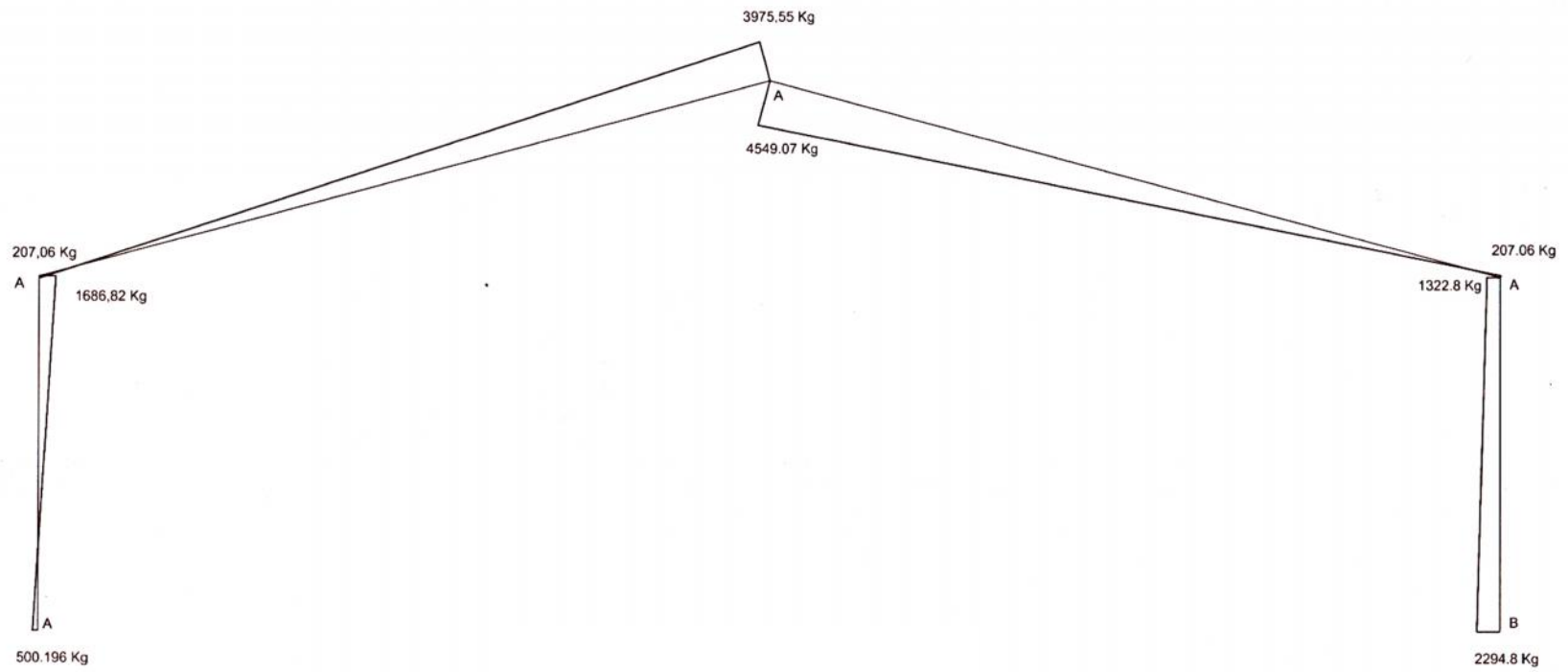
$$\begin{aligned}
 M_x &= -M1A + H1 \cdot x + R_x \cdot x / 2 \\
 x &= 0 & M_1 &= -805.425 \text{ kgm} \\
 x &= 0.8875 & M_2 &= 476.3883 \text{ kgm} \\
 x &= 1.775 & M_3 &= 1973.865 \text{ kgm} \\
 x &= 2.6625 & M_4 &= 3687.007 \text{ kgm} \\
 x &= 3.55 & M_5 &= 5615.812 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

-Gaya Normal (N)

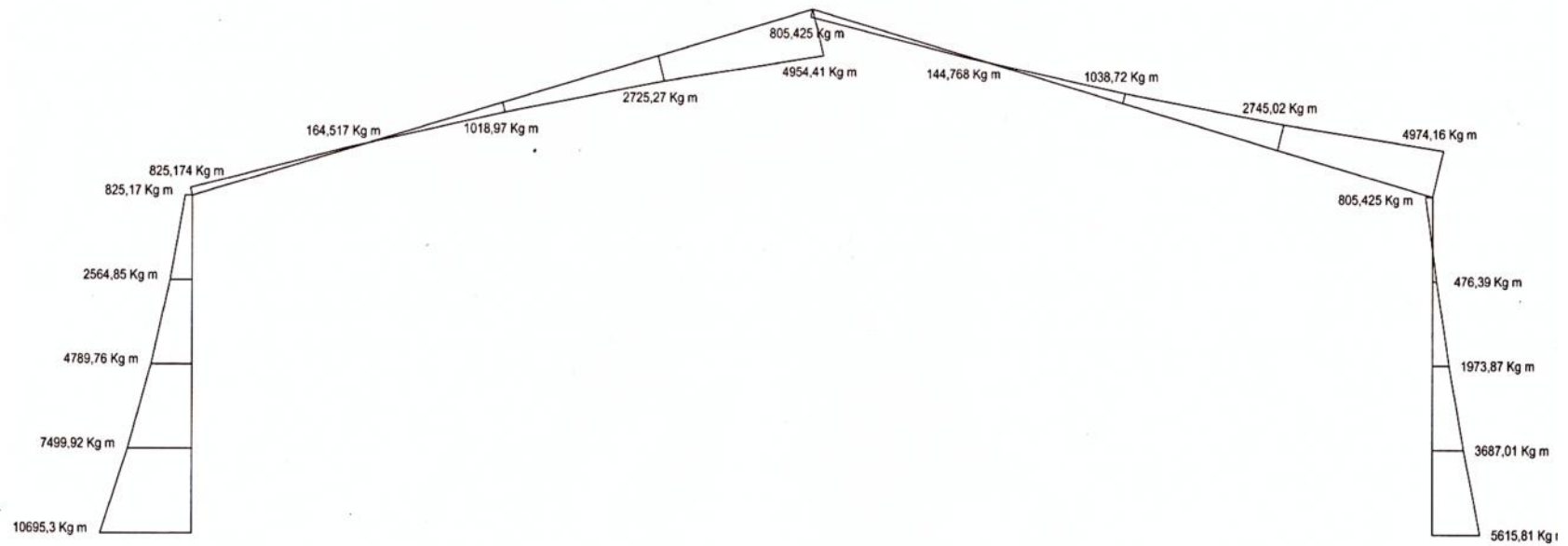
$$N_x = V_B = 891.28 \text{ kg}$$



Gambar 34 Diagram Gaya Normal



Gambar 35 Diagram Gaya Lintang



Gambar 36 Diagram Momen

3.5 Hasil Perhitungan dengan Program SAP2000 v.14

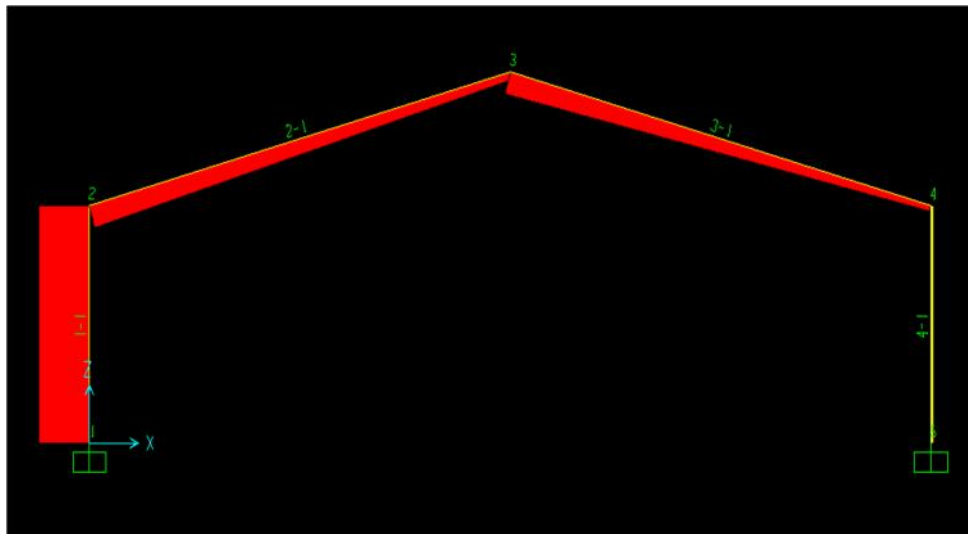
Berdasarkan hasil perhitungan dengan program SAP2000 v.14 maka di dapatkan:

a. Reaksi Perletakan

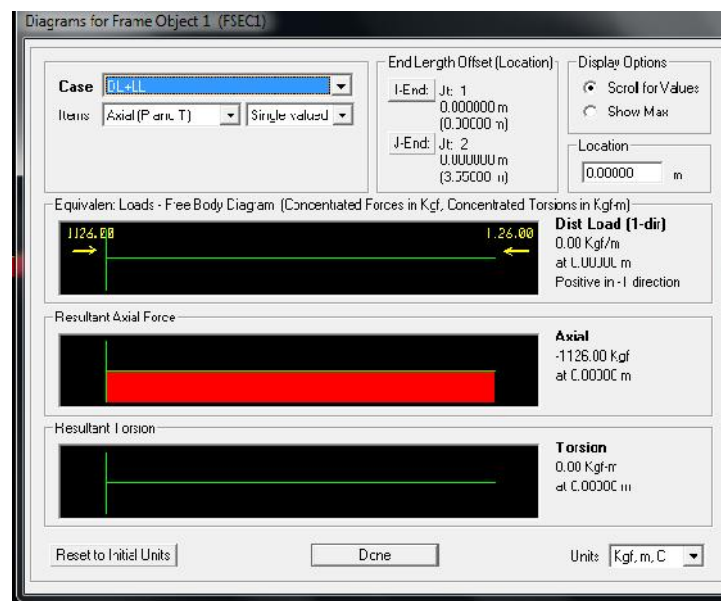
$$-V_A = 1126 \text{ Kg}$$

$$-V_B = -69.69 \text{ Kg}$$

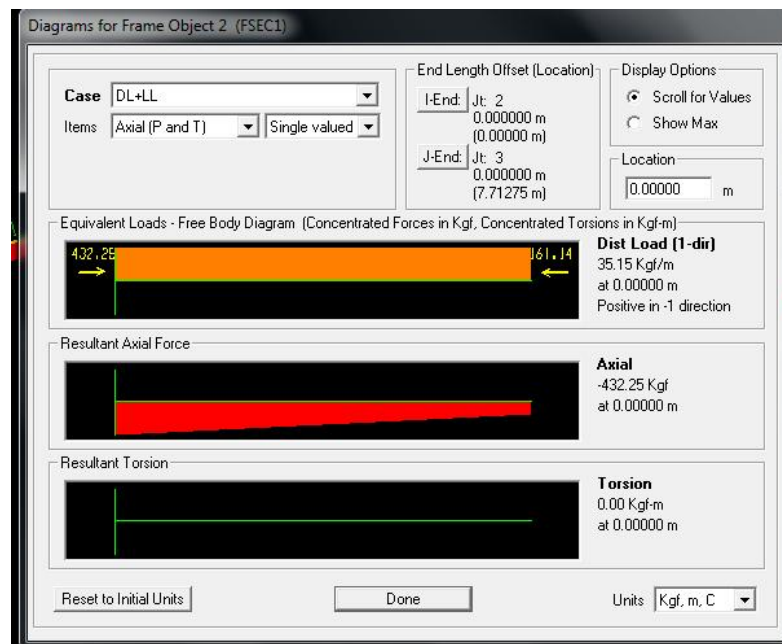
b. Gaya-Gaya Dalam



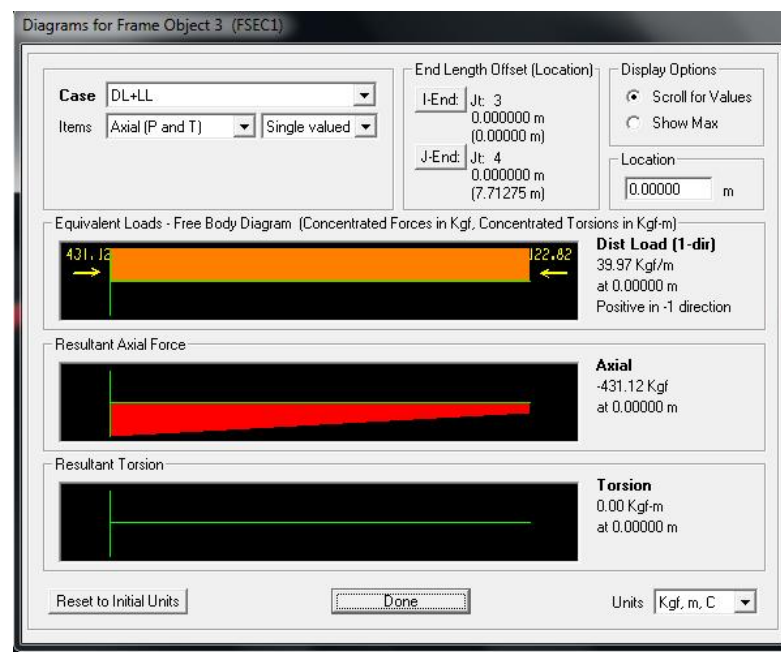
Gambar 37 Program SAP2000-Gaya Normal (N)



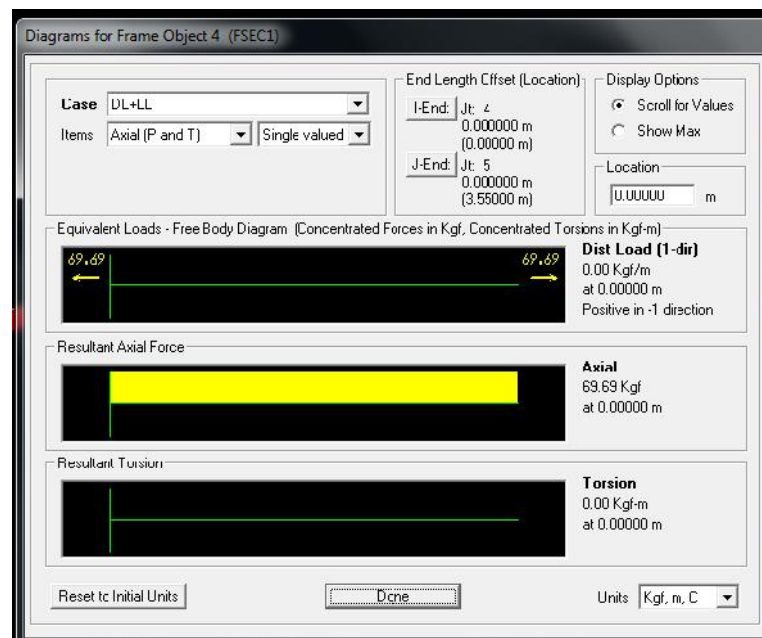
Gambar 38 SAP2000 Gaya Normal (N) Bagian 12



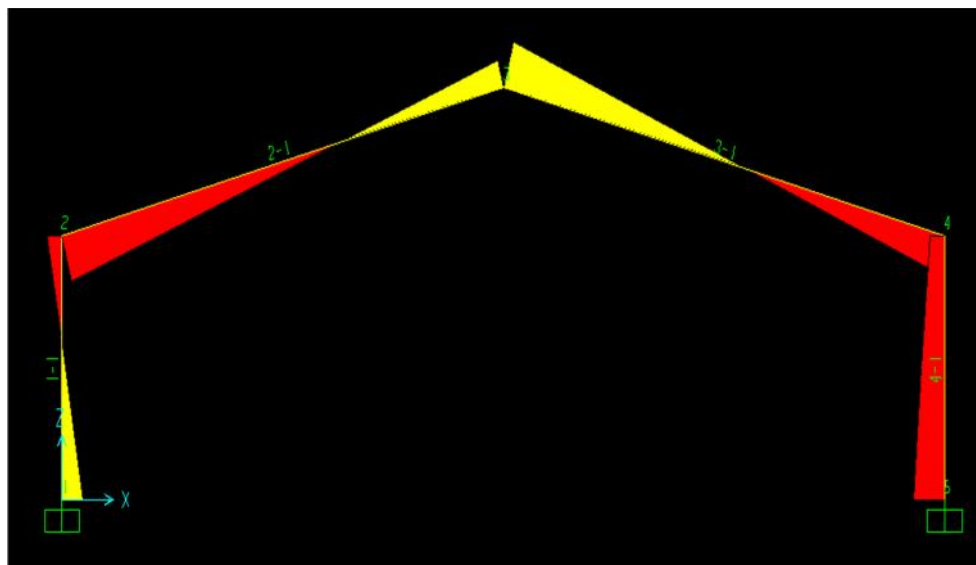
Gambar 39 SAP2000 Gaya Normal (N) Bagian 23



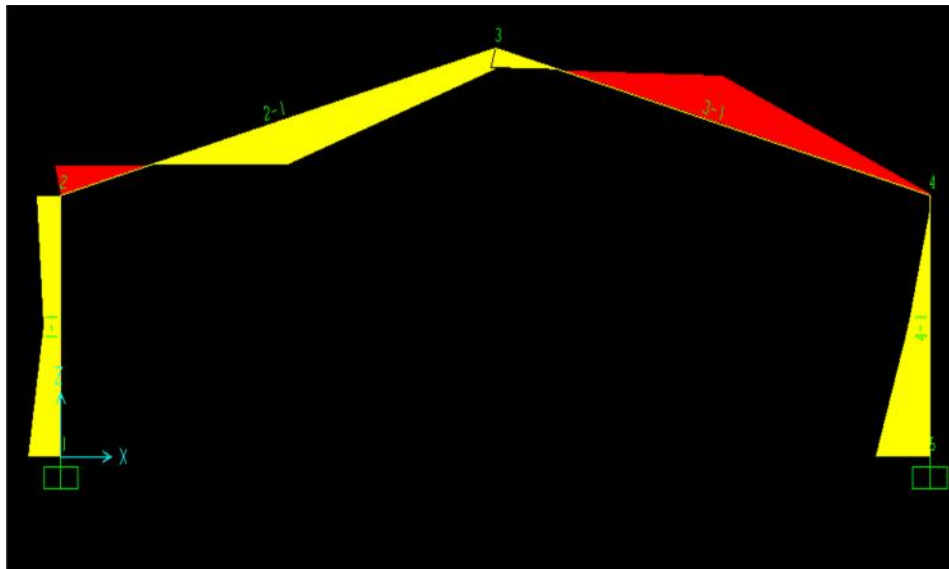
Gambar 40 SAP2000 Gaya Normal (N) Bagian 34



Gambar 41 SAP2000 Gaya Normal (N) Bagian 45



Gambar 42 Program SAP2000-Gaya Lintang (Q)



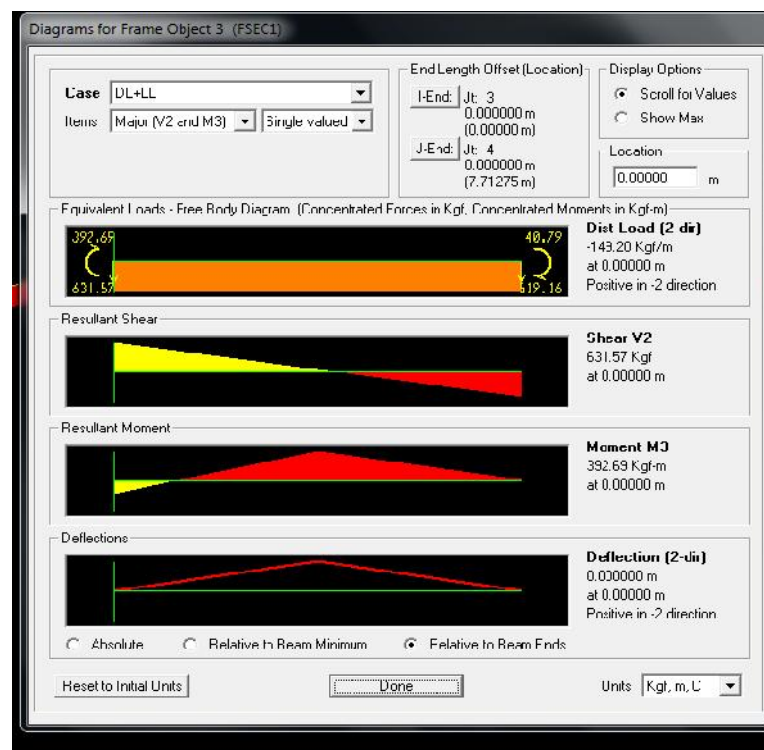
Gambar 43 Program SAP2000-Momen (M)



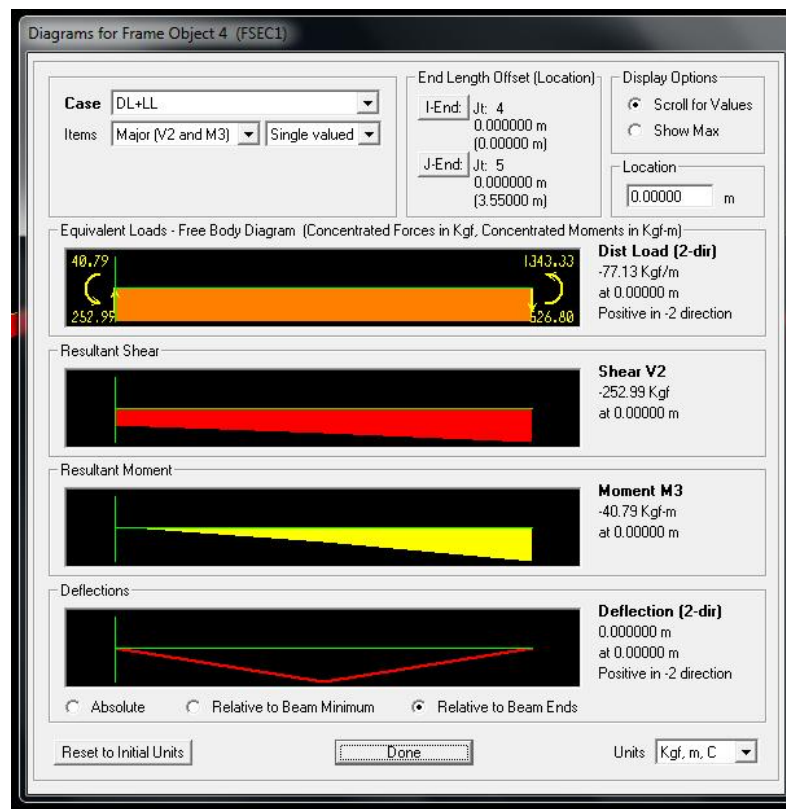
Gambar 44 SAP2000 (Q) dan (M) Bagian 12



Gambar 45 SAP2000 (Q) dan (M) Bagian 23



Gambar 46 SAP2000 (Q) dan (M) Bagian 34



Gambar 47 SAP2000 (Q) dan (M) Bagian 45

3.6 Metode Pelaksanaan Pekerjaan pada Pembangunan Pasar Ratahan

Metode pelaksanaan Pembangunan Plaza Ratahan Kabupaten Minahasa Tenggara Sulawesi Utara seperti yang dilihat pada saat Praktek Kerja Lapangan dilakukan dengan tahap-tahap pekerjaan sebagai berikut:

3.6.1 Pekerjaan Persiapan

Pada tahap pekerjaan persiapan, metode pekerjaan yang dilakukan yaitu:

1. Dilakukan pengukuran oleh pengawas lapangan yang dibantu oleh 3 orang pekerja dengan menggunakan meter dan setelah itu ditanamkan kayu kedalam tanah sebagai patokan atau bouwplank untuk titik-titik pondasi bangunan.
2. Dilakukan pembongkaran bangunan lama oleh 10 orang pekerja dengan menggunakan palu berukuran besar, sehingga saat dilakukan pekerjaan pembangunan tidak akan mengganggu pekerjaan yang sedang berlangsung.

3. Pekerja kemudian membangun tempat tinggal pekerja, sarana kamar mandi, toilet, dapur kecil, dan tempat penyimpanan/gudang.
4. Pembuatan pagar pembatas oleh 7 orang pekerja dengan seorang pekerja memotong kayu untuk kerangka pagar, 2 orang pekerja menyiapkan seng sedangkan 4 orang lainnya membuat kerangka pagar dan memakukan lembaran-lembaran seng disekitar lokasi pembangunan.

3.6.2 Pekerjaan Pondasi

Pada tahap pekerjaan ini, metode pekerjaan yang dilakukan yaitu:

1. Dari bouwplank yang sudah ada kemudian buat titik-titik pondasi telapak persegi dengan ukuran 1,4m x 1,4m oleh 2 orang pekerja sambil 1 orang pekerja kembali melakukan pengecekan terhadap posisi pondasi agar sesuai dengan gambar kerja, lalu diberi tanda dengan menggunakan patok kayu/paku/ tali.
2. Melakukan penggalian tanah pondasi telapak dengan ukuran 1,4m x 1,4m dengan kedalaman 2,4m dari bouwplank yang ada, dan berdasarkan titik-titik pondasi yang sudah dibuat lalu masing-masing titik dilakukan oleh 2 orang pekerja dengan menggunakan linggis dan betel membongkar tegel serta cor beton yang masih ada, sesudah itu barulah dilakukan penggalian tanah dengan sekop hingga kedalaman tanah sesuai dengan ukuran pondasi pada gambar kerja. Pada saat penggalian 1 orang pekerja juga menggunakan alkon pompa air untuk mengeluarkan air dari dalam lubang galian karena dengan adanya muka air tanah dalam lubang galian pondasi akan mengganggu pekerjaan pondasi, dan setelah dilakukan pemompaan air keluar dari lubang galian lalu pekerjaan menggali tanah pondasi dilanjutkan dan diukur kedalamannya hingga dicapai 2,4m dari bouwplank. Oleh 3 orang pekerja pada masing-masing titik pondasi, dengan melakukan seperti cara diatas untuk galian tanah pondasi telapak dengan ukuran 0,8m x 0,8m dan kedalaman 1,6m dari bouwplank yang ada.



Gambar 48 Penggalian Tanah Pondasi Telapak

3. Sementara dilakukan penggalian tanah pondasi, 3 orang tukang besi memproduksi untuk masing-masing pondasi telapak ukuran 1,4m x 1,4m menggunakan besi ulir D16 dengan 16 besi tulangan bagian bawah dan 16 besi tulangan pada bagian penutupnya kemudian dibentuk sesuai gambar kerja yang ada.
4. Sesudah galian tanah telah mencapai kedalaman yang sesuai dengan gambar yaitu 2,4m dari bouwplank, dan jika muka air tanah kembali tinggi dilakukan pemompaan kembali dengan menggunakan alkon pompa air. Sementara air dipompa keluar dengan menggunakan alkon oleh seorang pekerja, kemudian dibuat campuran 1 Pc : 3 Ps oleh 2 orang pekerja untuk pengecoran lantai kerja pondasi (tebal lantai kerja adalah 10cm) sesudah itu seorang pekerja dengan menggunakan sekop lalu dimasukkan ke dalam lubang galian kemudian campuran spesi diratakan oleh seorang pekerja lainnya dengan menggunakan sendok semen.



Gambar 49 Pengecoran Lantai Kerja Pondasi Telapak

5. Pada lantai kerja yang sudah kering, kemudian 2 orang pekerja memasang 16 besi tulangan pondasi telapak bagian bawah dan merakitnya, lalu dipasangkan tulangan 8 tulangan pondasi telapak bagian atasnya dan 2 orang pekerja lainnya memasangkan juga 16 tulangan kolom 35cm x 35cm yang diikatkan dengan kawat bendrat pada tulangan bagian bawah pondasi agar struktur kolom dan pondasi yang ada dapat menjadi satu kesatuan atau menjadi struktur yang monolit kemudian dilanjutkan memasang 8 tulangan pondasi telapak bagian atas dengan memperhatikan titik tengah pondasi.



Gambar 50 Pemasangan Tulangan Pondasi Telapak & Tulangan Kolom

3. Sesudah pemasangan tulangan pondasi telapak dan tulangan kolom. Kemudian didapati muka air tanah yang kembali tinggi sehingga dilakukan pemompaan lagi. Lalu 2 orang pekerja buat campuran cor beton dengan komposisi 1Pc : 2Ps : 3Kr dan tambahkan air secukupnya kemudian campuran beton dimasukkan kedalam ember cor dengan menggunakan sekop lalu dituangkan kedalam galian pondasi yang tulangannya sudah terpasang dengan benar hingga ketebalan cor sudah mencapai 30cm seperti gambar kerja yang ada.



Gambar 51 Pengecoran Pondasi Telapak

3.6.3 Pekerjaan Kaki Kolom

1. Selanjutnya oleh 2 orang tukang kayu dibuat bekisting untuk kaki kolom 35cm x 35cm dengan menggunakan tripleks 9mm yang dipotong dengan ukuran tinggi 1, dan lebar 40cm untuk masing-masing 4 sisi pada kaki kolom, lalu 2 orang pekerja memasang acuan dan dudukan besiting pada tiap-tiap pondasi telapak. Sesudah acuan dan duduka dipasang, 2 orang pekerja itu kemudian memasang keempat sisi bekisting yang dibuat dari tripleks dan dipakukan kayu 5/7 sebagai penahan agar bekisting terpasang dengan rapat sehingga mengurangi resiko keluarnya campuran cor beton. Sementara bekisting dipasangkan, kemudian dilakukan kontrol terhadap

kelurusan bekisting sehingga tidak terjadi kesalahan pengecoran yang akan mengganggu kelurusan tiang kolom.



Gambar 52 Pemasangan Bekisting Kaki Kolom

2. Sesudah pemasangan bekisting kaki kolom, kemudian 2 orang pekerja membuat campuran cor beton dengan komposisi $1P_c : 2P_s : 3K_r$ dan tambahkan air secukupnya kemudian campuran beton dimasukkan kedalam ember cor dengan menggunakan sekop lalu dituangkan kedalam bekisting kaki kolom hingga ketinggiannya 2m.



Gambar 53 Pengecoran Kaki Kolom

3.6.4 Pekerjaan Sloof

1. Sesudah dilakukan pengecoran kemudian bekisting kaki kolom dibuka oleh seorang pekerja dengan menggunakan linggis, lalu seorang pekerja yang lain membuat dudukan bekisting sloof dari kayu 5/7 pada bagian atas kaki kolom dan pasang bekisting sloof dengan lebar 25cm yang terbuat dari tripleks 9mm yang ditahan dengan kayu 5/7 pada bagian bawah bekisting untuk menahan bekisting agar pada saat pengecoran tidak terjadi lendutan dan bentuk dari sloof tetap terjaga. Sesudah bekisting dipasang lalu diperiksa kelurusan bekisting dengan menggunakan *waterpass*.



Gambar 54 Pemasangan Bekisting Sloof

2. Pada saat pemasangan bekisting hanya bagian bawah saja yang dipasang dan dilanjutkan memasang 8 besi tulangan longitudinal sloof oleh 2 orang pekerja yang menggunakan besi D16 dan seorang pekerja lain memasang tulangan begel menggunakan besi Ø10 berjarak 12,5 cm. Sesudah tulangan dipasang dan diikat dengan bendrat, lanjutkan pemasangan bekisting bagian samping oleh 4 orang pekerja dan dipakukan kayu 5/7 sebagai pengekang bekisting sehingga ketika dilakukan pengecoran bekisting tidak terbuka.



Gambar 55 Pemasangan Tulangan Sloof

3. Setelah bekisting telah terpasang, dibuat campuran beton oleh 2 orang pekerja dengan komposisi 1Pc : 2Ps : 3Kr yang dicampurkan dengan air secukupnya lalu diangkat dengan ember dan tuangkan cor beton kedalam bekisting sloof lalu permukaannya diratakan dengan sendok semen oleh seorang pekerja lain.



Gambar 56 Pengecoran Sloof

4. Sesudah dilakukan pengecoran kemudian bekisting sloof dibuka oleh seorang pekerja menggunakan linggis dengan hati-hati agar tidak merusak cor beton, lalu dibuat dudukan bekisting kolom dengan menggunakan kayu 6/6.

3.6.5 Pekerjaan Kolom Lantai 1

1. Untuk tulangan kolom sudah dipasang bersamaan dengan tulangan pondasi sehingga dilanjutkan oleh 3 orang pekerja memasang bekisting kolom dengan ukuran lebar 45cm dan tinggi 5,4m dengan ditahan dengan penahan kayu 6/6 yang dipaku, dan kelurusan bekisting di cek dengan menggunakan *waterpass* dan pastikan titik as berada tepat ditengah-tengah kolom.



Gambar 57 Pemasangan Bekisting Kolom

2. Dibuat campuran beton oleh 3 orang pekerja dengan komposisi 1Pc : 2Ps : 3Kr yang dicampurkan menggunakan sekop ditambahkan dengan air secukupnya lalu campuran beton diangkat dengan ember oleh seorang pekerja lain untuk menuangkan cor beton kedalam bekisting kolom. Sementara campuran beton dituangkan kedalam bekisting, seorang pekerja yang lain melakukan pemadatan dengan menusukkan besi D16 kedalam bekisting yang berisikan cor beton. Pemadatan dilakukan agar tidak ada rongga atau celah kosong pada kolom tersebut.



Gambar 58 Pengecoran Kolom

3. Bekisting dibuka oleh 2 orang pekerja dengan menggunakan linggis lalu dibuat dudukan bekisting balok pada bagian atas kolom.

3.6.6 Pekerjaan Balok

1. Kemudian 2 orang pekerja lainnya memasang bekisting bagian bawah balok dengan ukuran lebar 35cm dipasang dengan kontrol kelurusannya menggunakan *waterpass*. Buat penahan dengan menggunakan kayu 6/16 dan bambu untuk menopang pada bagian bawah kayu 6/16 hingga ke tanah.



Gambar 59 Pemasangan Bekisting Balok

2. Dipasang 8 tulangan longitudinal dengan menggunakan besi D19 dan pasang 2 tulangan ekstra D16 masing-masing untuk daerah tumpuan diberikan dibagian atas karena pada daerah tumpuan serat atas yang tertarik, sedangkan untuk daerah lapangan 2 tulangan ekstra D16 dipasang pada tulangan dibagian bawah karena pada daerah lapangan serat bawahlah yang tertarik, kemudian dilanjutkan memasang begelnya menggunakan besi Ø10 dipasang berjarak 12,5 cm dan diikatkan dengan kawat bendrat. Lalu bekisting dari tripleks 9mm dengan tinggi 55cm untuk bagian samping dipasang dan dipaku dengan rapat.



Gambar 60 Pemasangan Tulangan Balok

3.6.7 Pekerjaan Tangga

1. Pemasangan bekisting tangga bagian bawahnya oleh 2 orang tukang kayu menggunakan tripleks 9mm, yang ditahan dengan gelagar kayu 5/7 dan bambu sebagai penahan gelagar kayu ke tanah, lalu dipasangkan 12 tulangan longitudinal tangga menggunakan besi Ø12 pada bagian atas dan bagian bawahnya, sedangkan untuk tulangan arah melintang dipasang 26 besi tulangan Ø12. Pada tulangan untuk masing-masing anak tangga menggunakan 12 tulangan Ø12 yang diikatkan dengan bendrat pada

tulangan longitudinalnya. Setelah itu dilanjutkan dengan pemasangan bekisting tangga pada bagian anak tangganya.



Gambar 61 Pemasangan Bekisting Tangga

2. Sementara dilakukan pemasangan bekisting dibuat pondasi telapak oleh 2 orang pekerja dan untuk tangga menggunakan besi Ø12, kemudian pondasi telapaknya di cor dengan menggunakan sekop yang komposisi campurannya 1Pc : 2Ps : 3Kr serta ditambahkan air secukupnya.



Gambar 62 Pembuatan Pondasi Tangga

3. Periksa bekisting tangga jika sudah terpasang dengan rapat, lalu dilakukan pengecoran tangga oleh 2 orang pekerja dengan cara manual yaitu dengan menggunakan sekop. Campuran cor beton yang digunakan pada pengecoran tangga ialah 1Pc : 2Ps : 3Kr yang ditambahkan air secukupnya. Kemudian campuran cor beton di masukkan ke dalam ember dan dituangkan ke dalam bekisting tangga, sementara pengecoran dilakukan pemadatan dengan menusukkan besi diantara tulangan-tulangan yang terpasang. Sesudah cor sesuai bekisting yang ada, permukaan cor lalu diratakan menggunakan sendok semen.



Gambar 63 Pengecoran Tangga

3.6.8 Pengecoran Balok dan Pekerjaan Pelat Lantai 2

1. Jika balok sudah terpasang dengan baik, kemudian buat gelagar penahan bondek oleh 4 pekerja dengan menggunakan kayu 6/6 yang dipakukan pada bekisting balok dan bambu pada bagian bawah gelagar yang berfungsi sebagai penahan bondek agar ketika dilakukan pengecoran tidak akan terjadi penurunan pada pelat.



Gambar 64 Pemasangan Gelagar Penahan Bondek

2. Bondek dan wiremess Ø10 di potong oleh 2 orang pekerja dengan ukuran untuk satu panel pelat lantai yaitu 5,25m x 5,25m atau sesuai gambar kerja yang ada dengan menggunakan gurinda, kemudian bondek dipasang dengan benar dan sesudah itu bondek di paku ke bekisting balok yang ada. Sesudah pemasangan bondek, kemudian dilanjutkan dengan pemasangan tahu beton dan dilanjutkan pemasangan wiremess diikatkan dengan bendrat.



Gambar 65 Pemasangan Bondek dan Wiremess

3. Pastikan tidak ada celah pada bekisting balok dan bondek. Kemudian untuk persiapan pengecoran diatur penempatan *concretepump* agar pipa cor mampu menjangkau keseluruhan tempat pengecoran dan mengurangi resiko terjadinya segregasi.



Gambar 66 Persiapan Pengecoran

4. Jika *mixertruck* sudah ada dilokasi, dilakukan pengecoran balok dan pelat lantai untuk bangunan blok A (Gedung Pasar Ratahan) menggunakan cor *readymix* K-250 sedangkan untuk blok B (Gedung Plaza Ratahan) menggunakan cor *readymix* K-300.



Gambar 67 Pengecoran Balok dan Pelat

3.6.9 Pekerjaan Kolom Lantai 2

1. Tulangan kolom dipasang bersamaan dengan tulangan pondasi sehingga dilanjutkan oleh 3 orang pekerja memasangkan bekisting kolom dengan ukuran lebar 45cm dan tinggi 5,4m dengan ditahan dengan penahan kayu 6/6 yang dipaku, dan kelurusan bekisting di cek dengan menggunakan *waterpass* dan pastikan titik as berada tepat ditengah-tengah kolom.
2. Dibuat campuran beton oleh 3 orang pekerja dengan komposisi 1Pc : 2Ps : 3Kr yang dicampurkan menggunakan sekop ditambahkan dengan air secukupnya lalu campuran beton diangkat dengan ember oleh seorang pekerja lain untuk menuangkan cor beton kedalam bekisting kolom. Sementara campuran beton dituangkan kedalam bekisting, seorang pekerja yang lain melakukan pemadatan dengan menusukkan besi D16 kedalam bekisting yang berisikan cor beton. Pemadatan dilakukan agar tidak ada rongga atau celah kosong pada kolom tersebut.



Gambar 68 Pembuatan Kolom dan Pemasangan Bekisting Ringbalok

3.6.10 Pekerjaan Ringbalok

1. Sesudah dilakukan pengecoran kolom lantai 2 kemudian dilanjutkan dengan pemasangan bekisting bagian bawah pada ringbalok oleh 3 orang

pekerja dengan lebar bekisting 30cm terbuat dari tripleks 9mm yang ditahan dengan menggunakan kayu 5/7 yang ditopang oleh bambu.

2. Dipasang 8 tulangan longitudinal ringbalok yang menggunakan besi Ø12 serta pasang tulangan begel menggunakan besi Ø8 berjarak 12,5 cm oleh 2 orang pekerja, ikatkan tulangan yang ada menggunakan bendrat. Setelah itu 2 orang pekerja lainnya memasangkan bekisting bagian samping dengan tinggi 35cm dan rapatkan bekistingnya agar tidak ada celah sehingga pada saat pengecoran tidak ada campuran cor beton yang keluar dari bekisting. Sesudah itu dilakukan pengecoran manual dengan komposisi 1Pc : 2Ps : 3Kr dengan menggunakan sekop dan kemudian diangkat dengan ember cor lalu dituangkan kedalam bekisting ringbalok.



Gambar 69 Pengecoran Ringbalok

3.7 Evaluasi Metode Pelaksanaan Pekerjaan

Tinjauan dilakukan dengan membandingkan metode pelaksanaan dilapangan dengan standar pelaksanaan pekerjaan berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI)

1. Tidak adanya pemasangan tahu beton pada kolom dan balok yang berfungsi membuat sela atau jarak antara permukaan bekisting dengan tulangan.

2. Jarak pengiriman beton siap pakai atau *readymix* yang terlalu jauh dengan durasi waktu melebihi 2 jam dengan tanpa zat aditif untuk memperhambat pengikatan dan kemudian saat tiba dilokasi cor beton siap pakai ditambahkan air, sehingga diindikasikan terjadi pengurangan mutu beton.
3. Tidak adanya perawatan beton sesudah pengecoran yang berfungsi untuk menjaga dan menjamin mutu beton.
4. Perancah bekisting pelat beton yang dilepas sebelum 28 hari atau sebelum cor beton dalam pengikatan sempurna, sedangkan pada pelat selalu ada beban atau pekerja yang bekerja diatasnya.
5. Kurangnya tempat penyimpanan material mengakibatkan adanya material yang terganggu seperti besi yang sering terkena hujan menyebabkan terjadinya korosi pada besi tulangan.

BAB IV

PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang ada didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Reaksi Perletakan dan Gaya-Gaya Dalam

Tabel 4 Perbandingan Hasil Perhitungan

	PUTARAN SUDUT	DISTRIBUSI MOMEN	PROGRAM SAP2000
<i>Reaksi Perletakan:</i>			
VA	1347.63	1347.63	1126
VB	-850.69	-891.28	-69.69
<i>Gaya-Gaya Dalam:</i>			
Normal (N) - kg			
1A	-1347.63	-1347.63	-1126
12	-29.80	-29.80	-432.25
32	29.80	29.80	-431.12
3B	850.69	891.28	69.69
Lintang (Q) – kg			
1A - Q1	-1617.16	-1686.82	804.08
1A - Q2	569.851	500.197	608.66
12 - Q1	-207.06	-207.06	-608.68
12 - Q2	3975.55	3975.55	-392.69
32 - Q1	207.055	207.0552	631.57
32 - Q2	-4549.069	-4549.07	619.16
3B - Q1	-1322.8	-1322.8	-40.79
3B - Q2	-2294.8	-2294.8	-626.80
Momen (M) –kgm			

1A – M1	-182.251	-825.172	370.72
1A - M2	-1860.11	-2564.85	403.96
1A - M3	-4023.2	-4789.76	473.61
1A – M4	-6671.55	-7499.92	749.34
1A - M5	-9805.13	-10695.3	1051.45
12 – M1	-673.348	-825.174	-370.53
12 - M2	-12.6906	-164.52	245.56
12 - M3	1170.792	1018.97	869.74
12 – M4	2877.101	2725.274	513.10
12 – M5	5106.235	4954.41	158.81
32 – M1	765.678	805.425	197.35
32 - M2	2659.13	144.768	-365.13
32 - M3	9137.96	-1038.72	-924.58
32 – M4	20202.17	-2745.02	-384.46
32 - M5	34320.42	-49764.16	158.81
3B – M1	-81.00	-805.425	197.35
3B - M2	1033.662	476.3883	360.71
3B - M3	2363.989	1973.865	521.09
3B – M4	3909.98	3687.01	815.03
3B - M5	5671.63	5615.812	1095.96

Dari perbandingan hasil diatas didapatkan kesimpulan bahwa ketiga cara tersebut mendapatkan hasil yang berbeda-beda dan agak cukup jauh antara manual dengan program.

2. Setelah dilakukan tinjauan metode pelaksanaan pekerjaan pada Pembangunan Pasar Ratahan terhadap standar pelaksanaan pekerjaan SNI 03-2847-2002 tentang Beton didapatkan hasil evaluasi sebagai berikut:
 - Tidak adanya pemasangan tahu beton pada kolom dan balok yang berfungsi membuat sela atau jarak antara permukaan bekisting dengan tulangan.

- Jarak pengiriman beton siap pakai atau *readymix* yang terlalu jauh dengan durasi waktu melebihi 2 jam dengan tanpa zat aditif untuk memperlambat pengikatan dan kemudian saat tiba di lokasi cor beton siap pakai ditambahkan air, sehingga diindikasikan terjadi pengurangan mutu beton.
- Tidak adanya perawatan beton sesudah pengecoran yang berfungsi untuk menjaga dan menjamin mutu beton.
- Perancah bekisting pelat beton yang dilepas sebelum 28 hari atau sebelum cor beton dalam pengikatan sempurna, sedangkan pada pelat selalu ada beban atau pekerja yang bekerja di atasnya.
- Kurangnya tempat penyimpanan material mengakibatkan adanya material yang terganggu seperti besi yang sering terkena hujan menyebabkan terjadinya korosi pada besi tulangan.

4.2 Saran

1. Untuk perhitungan metode Putaran Sudut harus memperhatikan perputaran sudut yang terjadi serta redundan yang ada, dan juga cara ini dianggap yang paling baik dari ketiga cara dalam pembahasan Tugas Akhir ini karena bisa lebih cepat dihitung.
2. Pada perhitungan metode Distribusi Momen membutuhkan langkah-langkah yang lebih panjang sehingga untuk menghitung portal yang lebih besar sebaiknya tidak menggunakan cara ini karena akan memakan waktu yang cukup lama.
3. Perhitungan menggunakan program SAP perlu dilakukan oleh orang yang tahu fungsi dan cara menggunakan program sehingga tidak terjadi kesalahan dalam perhitungan, dan untuk hasilnya didapatkan lebih cepat dibandingkan dengan kedua cara manual di atas.