

SKRIPSI

**ANALISA GAYA DALAM PADA RIGID ZONE PERTEMUAN BALOK DAN
KOLOM PORTAL BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN STRUT
AND TIE MODEL PADA GEDUNG IJEN PADJAJARAN SUITES HOTEL RESORT**

**MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG**



Disusun Oleh :

YOVY PUSPOKO KAWEDAR

1021068

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG**

2014

1914

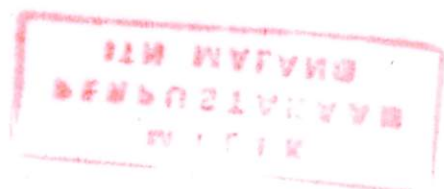
ИВТУМС

ИВТУМС ДЕКЛОГОСИ ИВТУМС
ИВТУМС ДЕКЛОГОСИ ИВТУМС
ИВТУМС ДЕКЛОГОСИ ИВТУМС

1914

ИВТУМС ДЕКЛОГОСИ ИВТУМС

ИВТУМС ДЕКЛОГОСИ ИВТУМС



ИВТУМС ДЕКЛОГОСИ ИВТУМС
ИВТУМС ДЕКЛОГОСИ ИВТУМС
ИВТУМС ДЕКЛОГОСИ ИВТУМС

ИВТУМС

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISA GAYA DALAM PADA RIGID ZONE PERTEMUAN BALOK
DAN KOLOM PORTAL BETON BERTULANG DENGAN
MENGUNAKAN STRUT AND TIE MODEL PADA GEDUNG IJEN
PADJAJARAN SUITES HOTEL RESORT**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang*

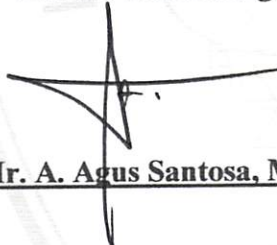
Disusun Oleh :

Yovy Puspoko Kawedar

NIM : 1021068

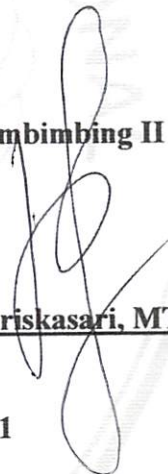
Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I



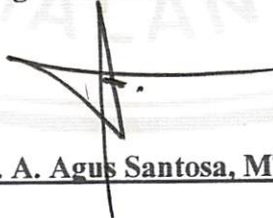
(Ir. A. Agus Santosa, MT)

Dosen Pembimbing II



(Ir. Ester Priskasari, MT)

**Mengetahui
Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1**



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2014

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA GAYA DALAM PADA RIGID ZONE PERTEMUAN BALOK
DAN KOLOM PORTAL BETON BERTULANG DENGAN
MENGUNAKAN STRUT AND TIE MODEL PADA GEDUNG IJEN
PADJAJARAN SUITES HOTEL RESORT**

SKRIPSI

*Dipertahankan dihadapan dewan penguji skripsi Strata Satu (S-1)
Pada Hari Rabu 20 Agustus 2014
Dan diterima untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Teknik Sipil*

Disusun Oleh :

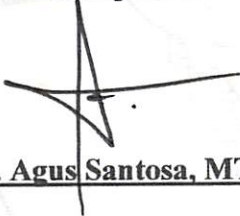
Yovy Puspoko Kawedar

NIM : 1021068

Disahkan Oleh

Panitia Ujian Skripsi :

**Ketua Program Studi
Teknik Sipil S-1**



(Ir. A. Agus Santosa, MT)

**Sekretaris Program Studi
Teknik Sipil S-1**



(Lila Ayu Ratna Winanda, ST., MT)


Anggota Penguji :

Dosen Penguji I



(Ir. Munasih, MT)

Dosen Penguji II



(Ir. Togi H. Nainggolan, MS)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2014



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2
Malang

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Yovy Puspoko Kawedar

NIM : 1021068

Program Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya Tugas Akhir (Skripsi) saya yang berjudul :

“ANALISA GAYA DALAM PADA RIGID ZONE PERTEMUAN BALOK DAN KOLOM PORTAL BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN STRUT AND TIE MODEL PADA GEDUNG IJEN PADJAJARAN SUITES HOTEL RESORT”

Adalah Skripsi saya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, kecuali disebutkan dari sumber asli.

Malang, September 2014



Yovy Puspoko Kawedar

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik serta hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan Judul **“ANALISA GAYA DALAM PADA RIGID ZONE PERTEMUAN BALOK DAN KOLOM PORTAL BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN STRUT AND TIE MODEL PADA GEDUNG IJEN PADJAJARAN SUITES HOTEL RESORT”** dengan baik dan tepat waktu.

Tak lepas dari berbagai hambatan, rintangan, dan kesulitan yang muncul, namun berkat petunjuk dan bimbingan dari semua pihak yang telah membantu penulis sehingga dapat menyelesaikan tugas besar ini. Sehubungan dengan hal tersebut dalam kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar- besarnya kepada:

1. Bapak Ir. A. Agus Santosa, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 sekaligus dosen pembimbing Tugas Akhir.
2. Ibu Lila Ayu Winanda, ST.,MT selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil S-1.
3. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT selaku Koordinator Skripsi Bidang Struktur.
4. Ibu Ir. Ester Priskasari, MT selaku dosen pembimbing tugas akhir.
5. Rekan – rekan yang telah membantu penyelesaian tugas besar ini.
6. Juga kedua orang tua yang selalu memberikan suport baik moril maupun materil.

Dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa dalam penyusunan proposal skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan, akhir kata semoga proposal skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Malang, September 2014

Penulis

ANALISA GAYA DALAM PADA RIGID ZONE PERTEMUAN BALOK DAN KOLOM PORTAL BETON BERTULANG DENGAN MENGUNAKAN STRUT AND TIE MODEL PADA GEDUNG IJEN PADJAJARAN SUITES HOTEL RESORT

Yovy Puspoko Kawedar, 1021068, Teknik Sipil S-1

Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,
Institut Teknologi Nasional Malang, Dosen Pembimbing I : Ir. A. Agus
Santosa, MT, Dosen Pembimbing II : Ir. Ester Priskasari, MT.

ABSTRAK

Strut and Tie berawal dari "*Truss Analogy Model*" yang pertama kali diperkenalkan oleh Ritter (1899), Morsch (1902). *Strut and tie* merupakan suatu teknik permodelan yang didasarkan pada asumsi bahwa aliran gaya-gaya dalam struktur beton yang terutama pada daerah yang mengalami distorsi dapat di prediksi sebagai suatu rangka batang yang terdiri dari *strut* (batang tekan atau penunjang) dan *tie* (batang tarik atau pengikat). *Strut and tie* merupakan resultan dari medan tegangan (*stres field*), dimana pada *strut* yang bekerja adalah betonnya, sedangkan yang bekerja adalah tulangan baja terpasang.

Pada perencanaan bangunan bertingkat, bagian pertemuan antara balok dan kolom adalah bagian yang sangat penting dalam suatu bangunan. Pertemuan balok dan kolom harus memiliki cukup kekuatan untuk menahan beban dari balok dan kolom yang berdekatan dengannya. Pada kasus kolom eksternal, daerah sambungan terjadi tegangan geser yang besar yang disebabkan oleh pembebanan pada balok. Kegagalan geser ini dapat menyebabkan retak diagonal pada daerah *joint*. Untuk itu, dalam sebuah perencanaan *strut and tie model* dimana aliran-aliran gaya yang bekerja dapat di visualisasikan dan di modelkan dalam bentuk rangka, dan selanjutnya dari besar gaya-gaya rangka tersebut dengan perhitungan yang tepat maka akan didapat pula gaya dalam berupa momen, geser dan normal (M, D, N) secara bersamaan.

Dari pembahasan tersebut dapat diketahui beberapa tahanan dalam perencanaan *strut and tie model* dan berapa besarnya gaya dalam yang bekerja pada titik pertemuan balok dan kolom yang sudah dibandingkan dengan hasil dari STAAD Pro 2004 yang ternyata ada beberapa perbedaan.

Kata kunci : strut and tie model, balok dan kolom, gaya dalam.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	
LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PERSEMBAHAN	
KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK.....	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	8
1.3 Tujuan Penulisan.....	8
1.4 Batasan Masalah.....	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Umum.....	10
2.2 Penentuan Daerah D dan B Strut and Tie Model.....	12
2.3 Asumsi Perancangan Strut and Tie Model.....	14
2.4 Analisa Penyebaran Tegangan.....	15
2.5 Metode Perambahan Beban (Load Path Method).....	19
2.6 Komponen Strut and Tie Model.....	20
2.6.1. Strut.....	20
2.6.2. Tie.....	22
2.6.3. Node.....	24
2.7 Pembuatan Strut and Tie Model.....	26
2.8 Batang Tekan dan Tarik pada Balok Langsing.....	27
2.9 Batang Tekan dan Tarik pada Balok Tinggi.....	27
BAB III METODOLOGI PERENCANAAN.....	29
3.1 Metodologi.....	29

3.2 Data Perencanaan.....	29
3.3 Bagan Alir.....	30
3.4 Denah Bangunan dan Denah Portal.....	31
3.5 Menentukan Dearah D dan Daerah B.....	33
3.6 Permodelan Strut and Tie.....	34
3.7 Perataan Beban Plat.....	36
3.8 Perhitungan Strut and Tie Model.....	46
3.8.1. Pembebanan Balok Batang 3.....	46
3.8.2. Perhitungan Strut and Tie Model Balok Batang 3.....	46
3.8.3. Pembebanan Balok Batang 9.....	51
3.8.4. Perhitungan Strut and Tie Model Balok Batang 9.....	51
3.8.5. Pembebanan Balok Batang 12.....	55
3.8.6. Perhitungan Strut and Tie Model Balok Batang 12.....	55
3.8.7. Pembebanan Balok Batang 15.....	59
3.8.8. Perhitungan Strut and Tie Model Balok Batang 15.....	60
3.8.9. Pembebanan Balok Batang 18.....	63
3.8.10. Perhitungan Strut and Tie Model Balok Batang 18.....	64
3.9 Perhitungan Tulangan.....	67

BAB IV ANALISA GAYA DALAM DENGAN PROGRAM STAAD

PRO 2004.....	71
4.1 Umum.....	71
4.2 Perhitungan Dengan Staad Pro 2004.....	71
4.3 Perbandingan Hasil perhitungan.....	77
4.4 Perbandingan Perhitungan Penulangan.....	78

BAB V PENUTUP..... 80

5.1 Kesimpulan.....	80
5.2 Saran.....	82

DAFTAR PUSTAKA..... 84

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 : Pembebanan Gravitasi.....	3
Gambar 1.2 : Keseimbangan gaya pada joint luar.....	4
Gambar 1.3 : Detail Penulangan.....	5
Gambar 1.4 Tegangan dan retak pada balok.....	6
Gambar 1.5 : Keseimbangan gaya pada joint.....	7
Gambar 1.6 : Truss model pada joint.....	8
Gambar 2.1 : Pembagian daerah St. Venant dan Bernoulli.....	11
Gambar 2.2 : Penentuan daerah B dan D pada Balok.....	13
Gambar 2.3 : Penentuan daerah D dan B pada portal.....	13
Gambar 2.4 : Trayektori tegangan utama akibat beban merata.....	18
Gambar 2.5 : Trayektori tegangan utama akibat beban terpusat.....	18
Gambar 2.6 :Aliran load-path dengan beban dua reaksi.....	20
Gambar 2.7 : Gambar dari berbagai bentuk dasar medan tekan.....	21
Gambar 2.8 : Menunjukkan titik pertemuan antara strut and tie.....	23
Gambar 2.9 : Gambar plastis truss model dari suatu balok tinggi.....	23
Gambar 2.10 : Jenis sambungan pertemuan (node).....	24
Gambar 2.11 : Distribusi gaya pada daerah nodal zone.....	25
Gambar 3.1 Denah Portal.....	31
Gambar 3.2 Denah gedung Hotel.....	32
Gambar 3.3 Pembagian daerah D dan daerah B.....	33
Gambar 3.4 Permodelan strut and tie pada portal.....	34

Gambar 3.5 Trayektori tegangan akibat beban merata dan analogi rangka.....	35
Gambar 3.6 Gambar denah perataan beban plat lantai.....	36
Gambar 3.7 Strut and tie model dari suatu balok beton dengan beban merata p	46
Gambar 3.8 Cremona rangka batang 3 titik 2.....	49
Gambar 3.9 Pola perubahan gaya menjadi momen.....	49
Gambar 3.10 Cremona rangka batang 9 titik 6.....	53
Gambar 3.11 Pola perubahan gaya menjadi momen.....	53
Gambar 3.12 Cremona rangka batang 12 titik 8.....	57
Gambar 3.13 Pola perubahan gaya menjadi momen.....	58
Gambar 3.14 Cremona rangka batang 15 titik 10.....	61
Gambar 3.15 Pola perubahan gaya menjadi momen.....	62
Gambar 3.16 Cremona rangka batang 18 titik 12.....	65
Gambar 3.17 Pola perubahan gaya menjadi momen.....	66
Gambar 3.18 Gambar diagram tegangan.....	69

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Tabel penulangan batang.....	70
Tabel 4.1 Perbandingan hasil perhitungan gaya momen (M) antara strut and tie model dan STAAD Pro 2004.....	77
Tabel 4.2 Perbandingan hasil perhitungan gaya normal (N) antara strut and tie model dan STAAD Pro 2004.....	77
Tabel 4.3 Perbandingan hasil perhitungan gaya lintang (D) antara strut and tie model dan STAAD Pro 2004.....	78
Tabel 4.4 Perbandingan hasil perhitungan tulangan antara strut and tie model dan STAAD Pro 2004.....	79

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Beton merupakan bahan struktur bangunan yang sudah lama dan banyak dipergunakan karena mempunyai banyak sekali keuntungan. Dalam merencanakan suatu komponen struktur, banyak dilakukan berbagai cara supaya tidak timbul retak berlebihan pada penampang sewaktu menerima beban kerja dan masih mempunyai cukup keamanan serta cadangan kekuatan untuk menahan beban dan tegangan lebih lanjut tanpa mengalami keruntuhan. Tegangan-tegangan lentur yang timbul akibat terjadinya momen karena beban luar dan tegangan, merupakan faktor yang menentukan dalam menetapkan dimensi geometris penampang komponen struktur. Proses perencanaan atau analisis umumnya dimulai dengan memenuhi persyaratan terhadap lentur, kemudian baru sisi lainnya seperti geser, retak panjang penyaluran dianalisis sehingga seluruhnya memenuhi syarat.

Perencanaan struktur berdasarkan limit analisis telah banyak diselidiki melalui berbagai penelitian hampir empat dasawarsa, belakangan ini berbagai manfaat telah diperoleh melalui penyelidikan dan penelitian tersebut terutama pada kekuatan balok dan pelat yang dibebani geser, torsi dan beban kombinasi. Berdasarkan pertimbangan bahwa perilaku struktur beton sangat beragam, maka penggunaan metode limit analisis belum meluas dan sebagian masih membutuhkan penelitian yang mendalam. Walaupun demikian, pada umumnya struktur beton dirancang ketulangan lemah (*underreinforced*) dimana kuat strukturnya terutama ditentukan oleh lelehnya ruangan, dan dari berbagai percobaan yang mendalam menunjukkan bahwa pendekatan limit analisis memberikan hasil yang sangat

memuaskan termasuk beton ketulangan kuat (*overreinforced*). Pendekatan melalui limit analisis dapat dinyatakan dalam dua kategori, pertama berdasarkan *blower bound* (static) dan kedua berdasarkan *upper bound* (kinematic). Pendekatan kinematic pada umumnya dipergunakan pada perancangan yang sudah ada (*existing design*) karena keseimbangan dari model yang dipakai hanya berlaku untuk keadaan tertentu, sedangkan pendekatan metode static dapat diterapkan langsung dalam perencanaan dan detailing karena kekuatan beton dan tulangan yang dibutuhkan dapat di peroleh dari sistem keseimbangan gaya-gaya dalam dari struktur yang dibebani sampai beban batas.

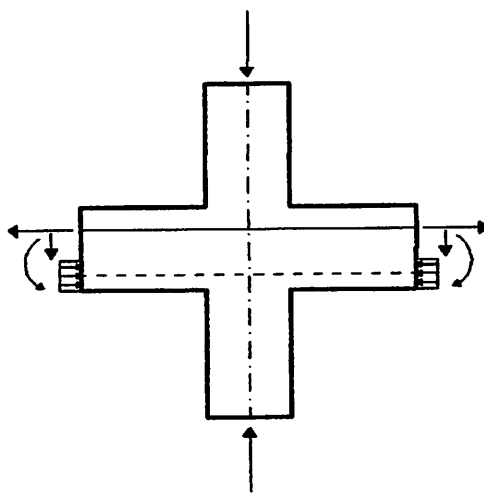
Berbagai penelitian terus maju dan mengalami perkembangan dan muncullah berbagai model yang rasional yang dianggap cukup sederhana dan cukup akurat dalam aplikasinya sudah banyak diusulkan. Dan sampai saat ini model yang dianggap konsisten dan rasional adalah pendekatan melalui “*STRUT AND TIE MODEL*”.

Pengembangan dari *Strut and Tie Model* membawa pengaruh yang besar dalam peraturan beton di beberapa Negara Eropa, Kanada dan Amerika. Namun peraturan beton di Indonesia belum mempergunakannya. *Strut and Tie* berawal dari “*Truss Analogy Model*” yang pertama kali diperkenalkan oleh Ritter (1899), Morsch (1902).

Pada perencanaan bangunan bertingkat, bagian pertemuan antara balok dan kolom adalah bagian yang sangat penting dalam suatu bangunan. Pertemuan balok dan kolom harus memiliki cukup kekuatan untuk menahan beban dari balok dan kolom yang berdekatan dengannya. Pada kasus kolom eksternal, daerah sambungan terjadi tegangan geser yang besar yang disebabkan oleh pembebanan pada balok.

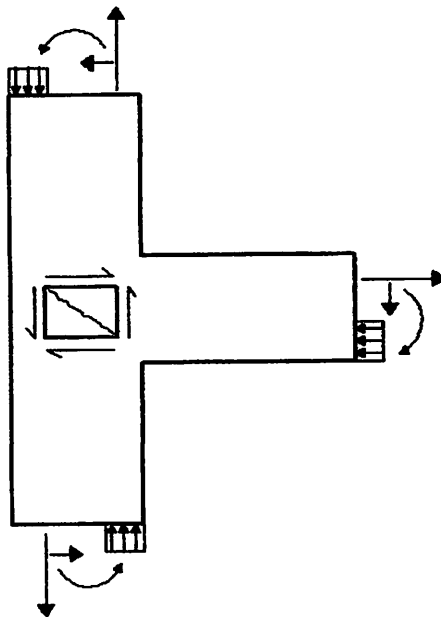
Pada kasus kolom internal, juga di sebabkan oleh pada kedua sisi. Kegagalan geser ini dapat menyebabkan retak diagonal pada daerah *joint*. Pada daerah *non-seismic*, struktur dirancang untuk menahan beban gravitasi dengan sedikit pertimbangan akibat yang dihasilkan oleh gaya lateral. Beton juga merupakan salah satu komponen dasar yang mempunyai prioritas penggunaan dalam konstruksi yang perlu penanganan dan pengawasan secara teliti. Diameter yang lebar di dalam penampang yang relatif lebih kecil terkadang dapat menyebabkan tegangan geser yang tinggi pada daerah pertemuan balok dan kolom. Gaya geser eksternal yang bekerja pada muka *joint* menimbulkan tegangan geser yang tinggi pada *joint*. Tegangan geser dapat menyebabkan tegangan diagonal sehingga menyebabkan tegangan tarik melebihi tegangan tarik beton.

Pola gaya-gaya yang bekerja pada sebuah joint bergantung pada konfigurasi dari joint itu sendiri dan jenis beban yang bekerja padanya. Efek dari beban-beban yang bekerja pada 3 (tiga) jenis joint akan di bahas sesuai dengan tegangan-tegangan dan pola retakan yang timbul padanya. Gaya-gaya pada joint dalam yang dibebani dengan beban gravitasi dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1 : Pembebanan Gravitasi

Gaya tarik dan tekan dari ujung balok dan gaya-gaya aksial dari kolom dapat disalurkan secara langsung melalui *joint*. Dalam pembebanan lateral, gaya-gaya seimbang dari balok dan kolom menyebabkan munculnya tegangan-tegangan tarik dan tegangan-tegangan tekan pada *joint*. Retak muncul dalam arah tegak terhadap diagonal tarik A-B pada *joint* dan pada muka *joint* Diana balok berpotongan dengan *joint*. *Struts* tekan ditunjukkan dengan garis putus-putus sementara *ties* tarik ditunjukkan dengan garis padat. Beton lemah terhadap tarik, sehingga tulangan melintang (transversal) dibutuhkan untuk melewati bidang retak untuk menahan gaya tarik diagonal. Gaya-gaya yang bekerja pada *joint* luar dapat diidealisasikan pada gambar 1.2.

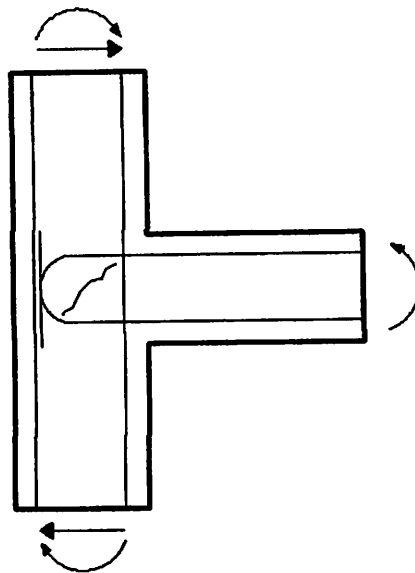


Gambar 1.2 : Keseimbangan gaya pada joint luar

Gaya geser pada *joint* menimbulkan retak diagonal sehingga membutuhkan penulangan pada *joint*. Pola-pola dari penulangan memanjang secara signifikan

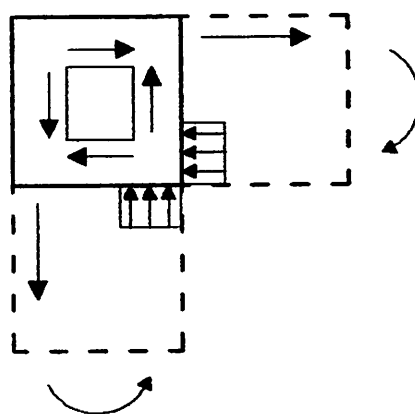
mempengaruhi efisiensi *joint*. Beberapa pola untuk *joint* luar ditunjukkan gambar

1.3.

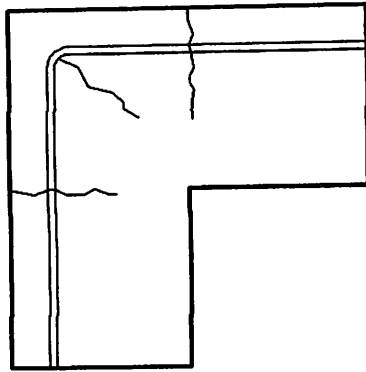


Gambar 1.3 : Detail Penulangan

Gaya-gaya pada *joint* sudut dengan kolom yang menerus di atas *joint* dapat di mengerti seperti halnya pada kolom luar dengan memperhatikan arah dari pembebanan. Tegangan-tegangan dan retak-retak yang timbulkan dapat lihat pada gambar 1.4a dan 1.4b



a. Tegangan



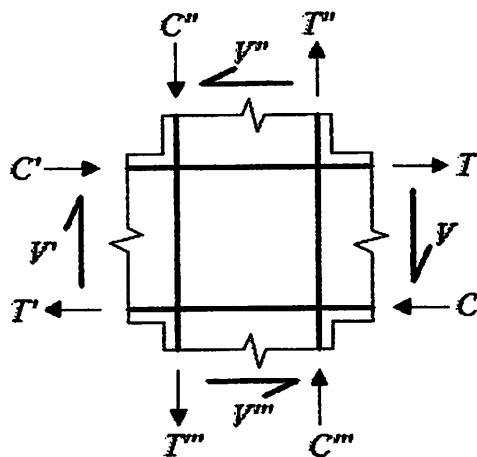
b. Retak

Gambar 1.4 Tegangan dan retak pada balok

Dalam perencanaan kolom kuat balok lemah, balok diharapkan terbentuk sendi plastis pada ujung-ujungnya dan membentuk kekuatan *flexure* yang lebih dari pada kekuatan rencana. Gaya-gaya yang terbentuk pada sendi plastis menyebabkan kondisi lekatan yang kritis pada tulangan memanjang yang melewati *joint* dan juga membebani geser yang tinggi pada inti *joint*. Perilaku Joint menunjukkan sebuah interaksi yang rumit antara *joint* dan ikatan. Perlakuan lekatan dari tulangan yang dipasang dalam sebuah *joint* mempengaruhi mekanisme dalam menahan geser ke tingkat yang lebih signifikan. Gaya-gaya *flexure* dari kolom dan balok menyebabkan gaya-gaya tarik dan tekan pada tulangan memanjang yang melalui sebuah *joint*. Selama formasi sendi plastis, gaya-gaya yang relatif besar disalurkan melalui ikatan. Ketika tulangan-tulangan memanjang di muka *joint* berada pada tegangan melebihi leleh, retak membelah mulai terbentuk sepanjang tulangan pada muka *joint* yang dapat disebut sebagai “Penetrasi Leleh”. Panjang penjangkaran yang mencukupi untuk penulangan memanjang harus dipastikan dalam *joint* yang mengalami penetrasi leleh sesuai pertimbangan. Oleh karena itu, persyaratan

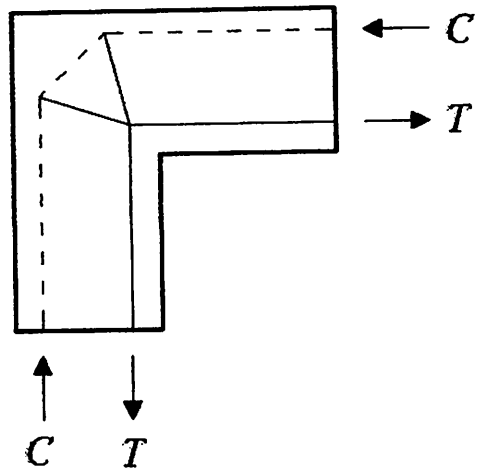
lekatan memiliki maksud yang jelas dalam dimensi ukuran kolom dan balok pada *joint*. Gaya geser pada *joint* dianggap ditahan oleh 2 (dua) mekanisme yang prinsipil yaitu mekanisme *strut* dan mekanisme rangka.

Pada pertemuan *joint* terjadi keseimbangan gaya-gaya geser. Mekanisme untuk menyalurkan gaya-gaya geser terdiri dari 2 macam yaitu yang pertama gaya geser yang dipikul oleh *strut* beton dan yang kedua mekanisme panel rangka yang terdiri dari sengkang horizontal dan *strut* diagonal beton daerah tarik *joint*. Keseimbangan gaya-gaya tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 1.5.



Gambar 1.5 : Keseimbangan gaya pada joint.

Gaya-gaya yang bekerja pada daerah joint tersebut dapat dijelaskan dengan strut and tie model seperti pada contoh model yang dapat dilihat pada gambar 1.6 di bawah ini.



Gambar 1.6 : Truss model pada joint

1.2 Rumusan Masalah

Untuk memperjelas lingkup pembahasan, maka dibuatlah rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah cara membuat permodelan struktur dengan *Strut and Tie Model*?
2. Bagaimanakah cara menghitung gaya dalam pada portal pertemuan balok dan kolom dengan menggunakan *Strut and Tie Model*?

1.3 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Untuk mencari gaya-gaya dalam (momen, geser dan normal) dengan strut and tie pada daerah pertemuan balok-kolom pada portal beton bertulang.
2. Untuk mengetahui hasil analisis sederhana mengenai gaya-gaya yang bekerja pada daerah *joint* dan sekitarnya.

1.4 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan suatu pembahasan dalam penulisan ini, maka ada beberapa batasan masalah sebagai berikut :

1. Model yang digunakan adalah Gedung Ijen Padjajaran Suites Hotel Resort
2. Beban yang bekerja adalah kombinasi beban mati dan hidup. Beban gempa diabaikan.
3. Material yang digunakan adalah beton bertulang.
4. Peraturan yang digunakan adalah SNI 2847_2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
5. Program bantu yang digunakan adalah Staad Pro 2004.

BAB II

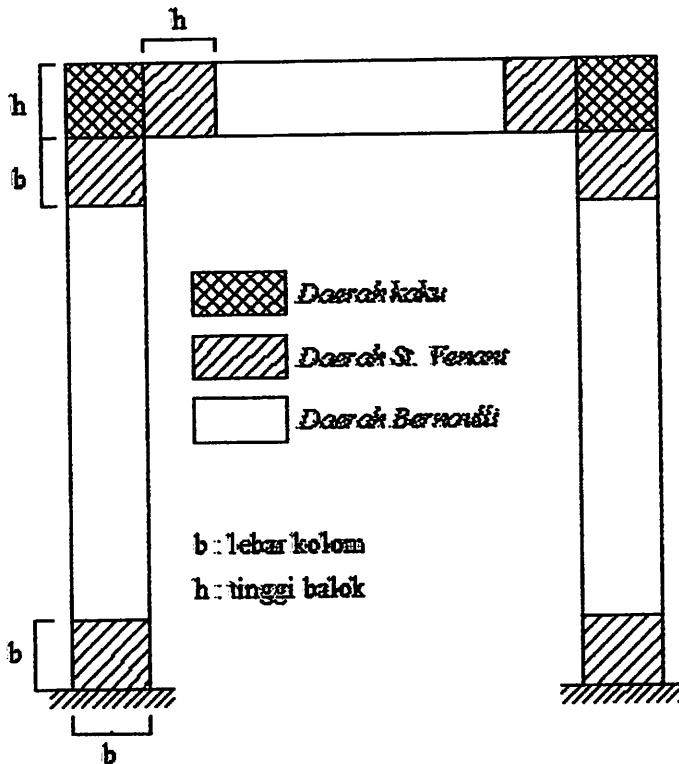
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Dalam merencanakan suatu portal beton bertulang, analisa dari suatu struktur yang sering digunakan adalah berdasarkan analisa elastis dengan metode *slope deflection*, metode distribusi momen (*cross*), metode elemen hingga (*finite elemen method*), dan lain sebagainya. Dari metode-metode analisa struktur inilah akan diperoleh nilai gaya-gaya dalam dari portal yang direncanakan. Nilai-nilai gaya inilah nantinya akan dipergunakan untuk menentukan dimensi balok dan kolom serta tulangan-tulangan yang diperlukan untuk kekuatan portal tersebut.

Strut and tie model merupakan hasil pengembangan dari metode *Truss Analogy* yang pertama kali diperkenalkan oleh Mörch (Stuttgart) dan Ritter (Zurich) pada tahun 1920. Sebuah pendekatan yang rasional dalam memvisualisasikan aliran gaya-gaya yang bekerja dimana gaya-gaya tersebut dimodelkan ke dalam sebuah bentuk elemen rangka, dan selanjutnya dari besar gaya-gaya tersebut dengan perhitungan yang tepat maka akan didapat pula momen, geser dan normal (M, D, N) secara bersamaan. Konsepsi truss analogi umumnya dipakai dalam menganalisa atau merencanakan elemen-elemen beton bertulang dan beton prategang didaerah peralihan gaya yang dikenal sebagai daerah D-region. Berdasarkan teori St. Venant ; pola regangan di daerah peralihan ini tidak mengikuti teori Bernoulli yang menyatakan bahwa regangan akibat pembebanan beralih secara linier sepanjang tinggi potongan penampang yang mengalami

deformasi. Pembagian daerah yang mengalami pola-pola tersebut dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 : Pembagian daerah St. Venant dan Bernoulli

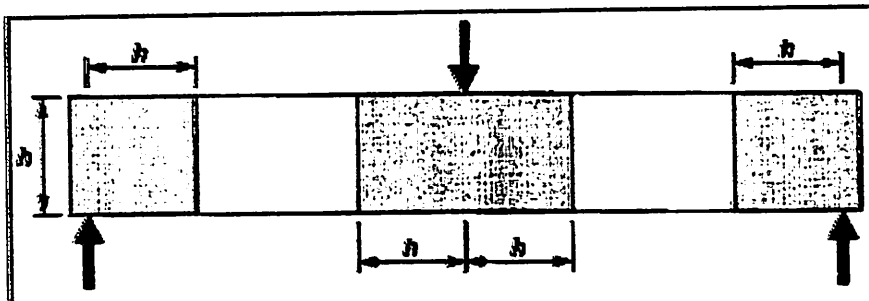
Menggunakan Model *Strut and Tie* dalam menghitung tulangan geser balok merupakan salah satu langkah yang dilakukan untuk merencanakan struktur konstruksi beton bertulang. Selain cara-cara konvensional yang selama ini diketahui luas oleh para *engineer* maupun mahasiswa sipil di Indonesia pada umumnya terdapat cara lain yang mungkin masih belum terlalu di kenal masyarakat sampai saat ini yaitu *Strut and Tie Model*.

Pada analisis struktur, biasanya digunakan hipotesis Bernoulli yaitu penampang di anggap rata dan tegak lurus dengan garis netral sebelum dan sesudah lentur. Dalam kenyataannya, pada daerah kerja terpusat, tumpuan dan dimana

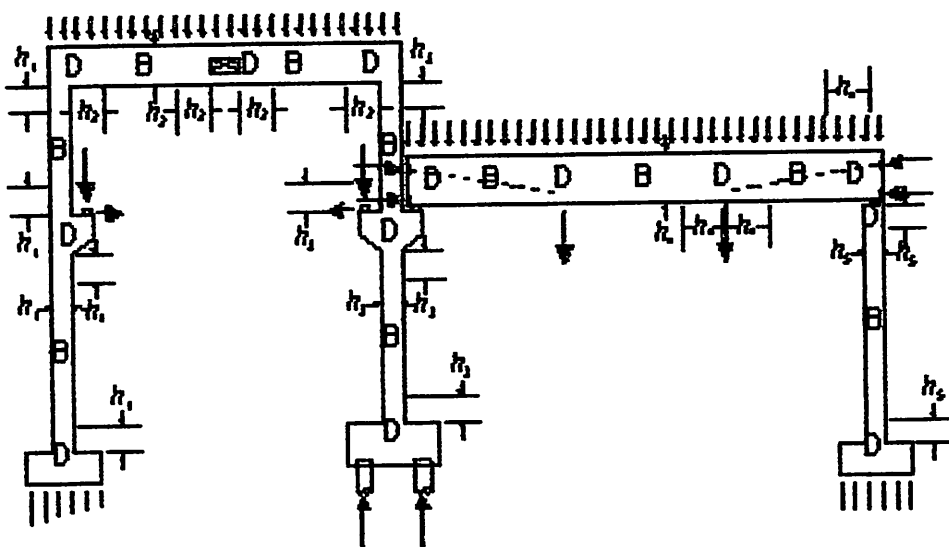
terdapat konsentrasi tegangan yang besar asumsi kondisi penampang tetap datar pada saat deformasi ini, umumnya tidak berlaku. Penampang struktur terbagi-bagi atas 2 tipe daerah yaitu daerah D dan B. Daerah yang tidak datar disebut daerah D (*Disturbed* atau *Discontinuity*), yaitu daerah D dapat ditentukan dengan Saint Venant *Principle* yang menyatakan bahwa gaya-gaya yang bekerja pada bidang dan dalam keseimbangan akan mempengaruhi daerah sekitarnya sejauh h dengan tegangan f akan mengecil menjadi nol menjauhi pusat gaya-gaya tersebut. Asas Saint Venant dari penyebaran tegangan yang terlokasikan menyatakan bahwa pengaruh gaya atau tegangan yang bekerja pada suatu luasan yang kecil boleh diperlakukan sebagai suatu sistem yang secara statis pada jarak selebar atau setebal benda yang dibebani hingga menyebabkan distribusi tegangan dapat mengikuti hukum yang sederhana yaitu $f = N / A$. Daerah dimana berlaku hukum Bernoulli, disebut daerah B (bening atau Bernoulli). Pada daerah ini tegangan dapat dicari dengan menggunakan momen lentur. Perencanaanya dengan menggunakan model rangka batang atau juga *Modified Compression Field* (MFC).

2.2 Penentuan Daerah D dan B Strut and Tie Model

Slaich (1982-1983) telah membangun suatu dasar filosofi perancangan yang konsisten pada struktur yang berada di daerah B dan D yaitu perancangan dengan *Strut and Tie model*. Dalam Prakteknya, *Strut and Tie* lebih banyak diterapkan pada daerah D, sedangkan pada daerah B lebih di khususkan pada perancangan terhadap pengaruh geser dan torsi. Penerapan *Strut and Tie model* dalam perancangan struktur beton diawali dengan penentuan daerah D dan B.



Gambar 2.2 : Penentuan daerah B dan D pada Balok



Gambar 2.3 : Penentuan daerah D dan B pada portal

Prosedur penentuan daerah D dan B dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Ganti struktur riil dengan struktur fiktif dapat dibebani sedemikian rupa hingga hukum Bernoulli berlaku dan keseimbangan dari semua gaya-gaya terpenuhi.
- Tentukan suatu sistem keseimbangan pada suatu sistem keseimbangan pada suatu sistem struktur bila yang disuperposisikan dengan keseimbangan akan memenuhi syarat-syarat batas.

- c. Terapkan Asas Saint Venant pada sistem struktur sejarak $d=h$ dari titik keseimbangan gaya-gaya.
- d. Pada daerah B tegangan sudah tidak dipengaruhi lagi oleh unsur diskontinuitas, dari penjelasan tersebut bahwa penentuan daerah D dan B dipengaruhi oleh geometri dan jenis dari lokasi beban yang bekerja.

2.3 Asumsi Perancangan Strut and Tie Model

Dasar teori dari *strut and tie model* adalah teori plastis. Model ini akan memberikan "*blower bound solution*". Teori *blower bound plasticity* menyatakan bahwa struktur tidak akan berada diambang keruntuhan bila terjadi keseimbangan antara beban dan distribusi tegangan dimana setiap titik struktur tersebut mengalami tegangan lelehnya. Dengan demikian perencana perlu meninjau beberapa alternatif model dan paling sedikit ada dari *load-path* yang memadai dan memastikan bahwa tidak ada bagian dari *load-path* yang mengalami tegangan yang berlebihan (*overstressed*). Dengan kata lain model dengan *load-path* yang dipilih memberikan kapasitas struktur yang terendah (model dengan *load-path* yang lain akan memberikan kapasitas struktur yang lebih besar dibandingkan dengan model *load-path* yang dipilih sebelumnya), dengan demikian penggunaan metode ini dianggap konservatif. Pemilihan bentuk arah *load-path* atau pola distribusi tegangan tidak boleh berada jauh antara sebelumnya dan sesudah beton mengalami peretakan sehingga keruntuhan lebih awal (prematur) dapat dihindari. Struktur yang ditinjau diidealisasikan sebagai suatu sistem rangka batang plastis (*plastis truss analogy*) yang berada dalam keseimbangan. Keseimbangan rangka batang terpenuhi jika :

- a. Beban luar dan reaksi-reaksi tumpuan serta semua titik simpul berada dalam keseimbangan.
- b. Semua gaya tarik dipikul oleh baja tulangan dengan atau tanpa tendon prategang.
- c. Titik simpul merupakan titik tangkap dari sumbu-sumbu dengan atau tanpa garis-garis gaya luar termasuk reaksi perletakan. Semua garis-garis gaya tersebut bertemu pada satu titik sehingga titik simpul tersebut tidak timbul momen.
- d. Kehilangan keseimbangan rangka batang terjadi bila beton akan mengalami kehancuran atau sejumlah batang tarik mengalami pelelehan yang mengakibatkan rangka batang berada dalam mekanisme labil.
- e. *Strut and tie* merupakan resultan dari berbagai medan tegangan.

2.4 Analisa Penyebaran Tegangan

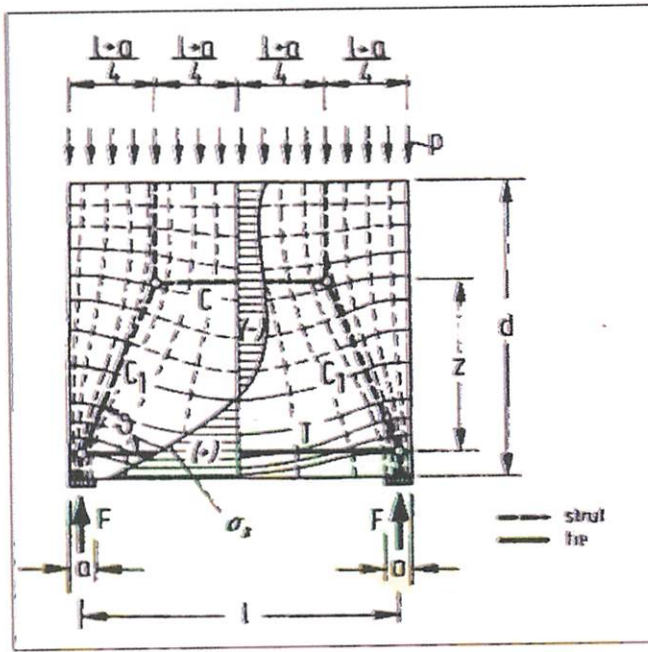
Konsep tekan dan tarik didasarkan atas pendekatan elastisitas untuk aliran gaya di zona angker dengan menggunakan sejumlah batang-batang lurus tarik dan tekan yang bertemu di disket yang disebut nodal, sehingga membentuk rangka batang. Gaya tekan dipikul oleh batang tekan (*strut*) dan gaya tarik dipikul oleh penulangan non prategang dari baja lunak yang berfungsi sebagai tulangan tarik pengekang atau oleh baja prategang. Kuat leleh tulangan pengekang angker digunakan untuk menentukan luas penulangan total yang dibutuhkan di dalam balok angker sesudah retak signifikan terjadi, trayektori tegangan-tegangan tekan beton cenderung memusat menjadi garis lurus yang dapat diidealisasikan menjadi batang lurus yang mengalami tekan uniaksial. Batang tekan ini dapat dipandang

sebagai bagian dari unit rangka batang dimana tegangan tarik utama diidealisasikan sebagai batang tarik di unit rangka batang dengan lokasi nodal yang ditentukan oleh arah batang tekan. Suatu benda elastis yang dibebani sebelum retak akan menghasilkan medan tekan (*compression field*) dan medan tarik (*tendon field*). Garis trayektori tegangan utama adalah garis “tempat kedudukan” titik-titik dari suatu tegangan utama (*principal stress*) yang memiliki nilai (aljabar) yang sama terdiri dari garis trayektori tekan dan trayektori tarik. Garis-garis trayektori menunjukkan arah dari tegangan utama pada setiap titik yang ditinjau. Jadi trayektori tegangan merupakan suatu kumpulan garis-garis kedudukan dari titik-titik yang mempunyai tegangan utama yang mempunyai nilai tertentu. Telah diungkapkan di depan bahwa penggunaan *strut and tie model* perlu didukung oleh pengertian medan tegangan utama yang kemudian diterapkan pada perancangan model struktur berdasarkan teori plastisitas. Dari ungkapan tersebut terlihat bahwa adanya hal yang kurang konsisten, yaitu dimana awalnya berorientasi pada distribusi dan trayektori tegangan berdasarkan teori plastis. Selanjutnya diketahui bahwa struktur beton bukan merupakan bahan yang elastis linear sempurna dan homogen karena struktur beton terdiri dari beton dan berbagai baja tulangan. Pada keadaan retak terjadi redistribusi tegangan dimana tegangan induk tarik pada beton bervariasi dari nol pada lokasi retak dan mencapai nilai maksimum pada lokasi antar retakan, sehingga pada struktur beton akan mengalami perubahan kekakuan struktur. Walaupun demikian hasil dari percobaan dan penelitian menunjukkan bahwa perancangan model struktur beton bertulang berdasarkan teori plastisitas yang berorientasikan trayektori tegangan utama masih cukup konservatif, ini juga dikarenakan kuat tarik beton sangat rendah dibandingkan dengan kuat tekannya.

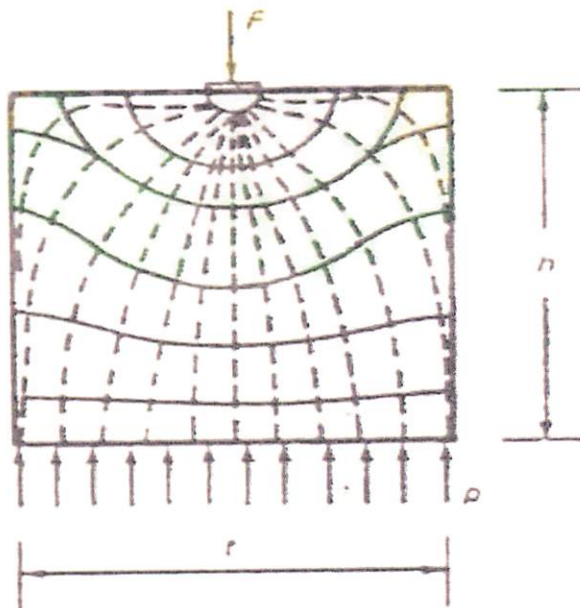
Untuk memperoleh distribusi dan trayektori tegangan yang akurat, Cook dan Michell (1988) menyarankan penggunaan metode *finite-element* (elemen hingga) non linear. Kotsovos dan Pavlovic (1995) cukup banyak membahas analisis *finite-element* (elemen hingga) untuk perancangan struktur beton dalam keadaan batas (*limit-state design*), tetapi dalam penggunaan praktis masih banyak berorientasi pada distribusi dan trayektori tegangan utama karena dianggap lebih praktis dan cukup konservatif disamping perangkat lunak komputer untuk struktur beton yang non linear masih sangat terbatas untuk penggunaan praktis. Oleh karenanya, pembahasan selanjutnya masih didasarkan pada distribusi dan trayektori tegangan yang berorientasi pada struktur beton elastis dan diikuti dengan perancangan pada teori plastisitas. Beberapa karakteristik penting dari trayektori tegangan adalah :

- a. Ditiap-tiap titik ada trayektori tekan dan trayektori tarik yang saling tegak lurus.
- b. Dalam komponen struktur yang dibebani terdapat suatu kelompok trayektori tekan dan kelompok trayektori tarik, dan kedua kelompok trayektori adalah ortogonal. Ini disebabkan karena tegangan utama tekan dan tegangan utama tarik, di dalam suatu titik yang arahnya saling tegak lurus sehingga kelompok trayektori tekan dan kelompok trayektori tarik menyatakan suatu sistem yang ortogonal.
- c. Trayektori tekan dan trayektori tarik berakhir pada sisi tepi dengan sudut 90° .
- d. Di dalam titik-titik di garis netral arah trayektori-trayektori adalah 45° .
- e. Lebih dekat jarak trayektori-trayektori, lebih besar nilai tegangan utamanya.

- f. Trayektori tegangan pada daerah B jauh lebih teratur (*smooth*) dibandingkan pada daerah D (lihat gambar 2.3 dan 2.4).



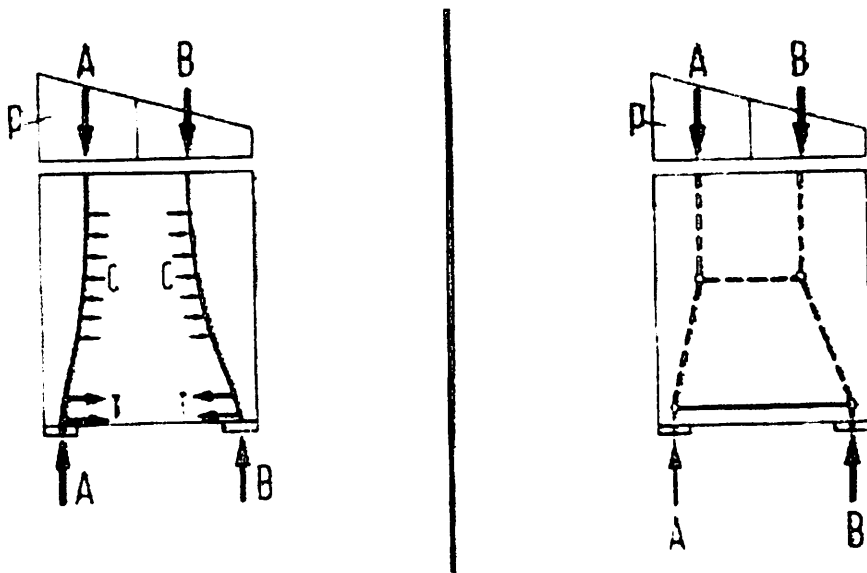
Gambar 2.4 : Trayektori tegangan utama akibat beban merata



Gambar 2.5 : Trayektori tegangan utama akibat beban terpusat

2.5 Metode Perambahan Beban (Load-Path Method)

Trayektori tegangan utama adalah salah satu alat bantu dalam membentuk *Strut and Tie model*. Di samping pemanfaatan trayektori tegangan utama, Schlaich (1987) memberikan alternatif lain, yaitu penggunaan perambahan beban (*load-path method*). Metode ini dapat dijelaskan seperti pada gambar 2.5 dan 2.6, pada awalnya harus ditentukan terlebih dahulu keseimbangan luar sehingga beban kerja dan reaksi-reaksi pada *D-region* tersebut berada dalam keseimbangan. Kemudian diasumsikan tegangan p berlangsung linear. Pada gambar 2.5, diagram p yang semuanya dalam keadaan tekan dibagi dalam dua bagian sedemikian rupa, sehingga masing-masing bagian mempunyai resultan sebesar A dan B (bekerja pada titik berat masing-masing). Selanjutnya diasumsikan bahwa *load-path* rekanan A-A tidak berpotongan dengan *load-path* rekanan B-B. *Load-path* dari masing-masing pasangan bermuara dari titik berat masing-masing diagram tegangan dan berakhir pada titik berat tumpuan masing-masing. Karena masing-masing pasangan melengkung dan selanjutnya *load-path* A-A harus berkorelasi dengan *load-path* B-B, ini dimungkinkan dengan menambah batang-batang horizontal berupa *strut and tie* sehingga tercapai keseimbangan horizontal. Dengan mengidealisasikan *load-path* A-A berupa poligon yang digabungkan dengan batang tarik dan batang tekan, maka terbentuklah *strut and tie model*.



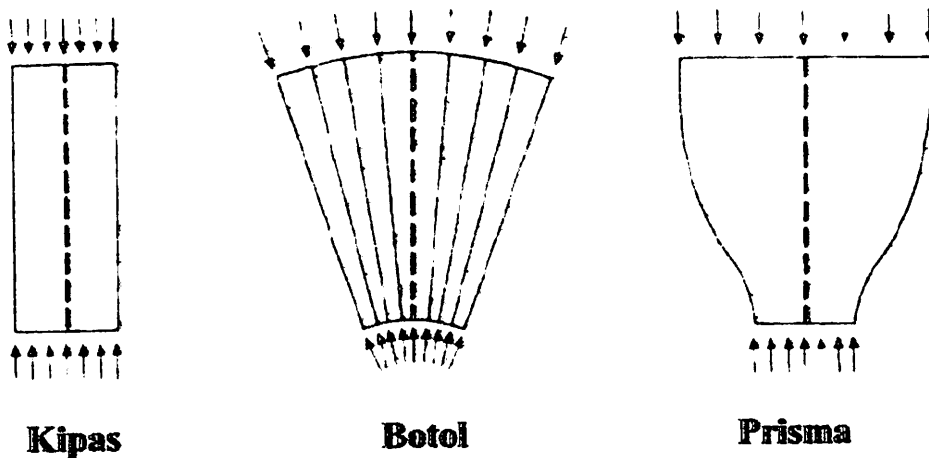
Gambar 2.6 : Aliran load-path dengan beban dua reaksi

2.6 Komponen Strut and Tie Model

Strut and Tie adalah suatu bentuk dan model *truss* (rangka batang) yang mereduksi suatu struktur kompleks menjadi suatu model *truss* sederhana yang mudah di mengerti. Dalam *Strut and Tie Model* hanya gaya axial (tarik/tekan) yang bekerja.

2.6.1 Strut

Strut atau batang tekan merupakan batang uniaxial tekan dan tegangannya adalah tegangan tekan efektif beton pada saat beton mencapai batasnya. *Strut* tersebut memiliki lebar dan tebal tertentu yang besarnya tergantung pada gaya batang serta tingkat tegangan yang diizinkan. *Strut* beton dalam keadaan tekan dan *tie* beton dalam keadaan tarik yang cenderung menyebar ke titik simpul penyebaran gaya-gaya di dalam medan tekan dapat berbentuk prisma, botol dan kipas.



Gambar 2.7 : Gambar dari berbagai bentuk dasar medan tekan

Kuat tekan dari batang *strut* tanpa tulangan longitudinal (menurut ACI 318-02M) dapat ditulis sebagai berikut :

$$F_{ns} = f_{cu} A_e$$

Dimana : F_{ns} = gaya tekan batas terfaktor

f_{cu} = tegangan tekan efektif beton

A_e = luas efektif landasan *strut*

Dimana : f_c' = kuat spesifik tekan beton

$\beta_s = 1$ untuk penyokong prismatis di daerah tekan utuh (*undisturb*)

$\beta_s = 0,75$ untuk *strut* berbentuk botol dengan tulangan retak

$\beta_s = 0,4$ untuk *strut* yang berada di daerah tarik

$\beta_s = 0,6$ untuk *strut* semua kasus

penulangan tekan harus digunakan untuk menambah kekuatan dari *strut*, tulangan ini biasanya diangkur paralel dengan sumbu pusat *strut*, kasus seperti ini adalah kuat tekan tulangan longitudinal yang ditulis :

$$F_{ns} = f_{cu}A_c + A_s'f_s'$$

Dimana : A_s' = luas tulangan tekan dalam batang tekan

f_s' = tegangan tulangan tekan

2.6.2 Tie

Bagian kedua dari komponen *Strut and Tie Model* adalah *tension tie* atau batang tarik. Pada beton struktur batang tarik dapat berupa satu atau kumpulan baja tulangan biasa atau dapat juga berupa satu atau kumpulan beton prategang yang dijangkar dengan baik. Karena reruntuhan tarik dari baja lebih daktail dibandingkan dengan keruntuhan tekan dari *strut* atau keruntuhan dari *node elemen*, maka dalam perancangan struktur, keadaan batasnya lebih ditentukan oleh lelehnya tulangan atau batang tarik (*tie*). Penempatan batang tarik juga harus diperhatikan karena dapat mengakibatkan perubahan dimensi dari *node* atau elemen yang membahayakan seperti ditunjukkan pada gambar 2.7 dimana akan meningkatkan tegangan pada *strut* tekan dan *node* elemen. Karena *strut and tie model* diberlakukan pada beton struktur dalam keadaan batas, maka pada kondisi layan (*serviceability limit state*) lebar retak pada batang tarik perlu diperiksa, yaitu melalui pembatasan lebar retak atau melalui pembatasan tegangan baja yang lebih rendah. Gaya tarik pada batang tarik *tie* tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$F_{nt} = A_{st}f_y + A_{ps}(f_{sc} + \Delta f_p)$$

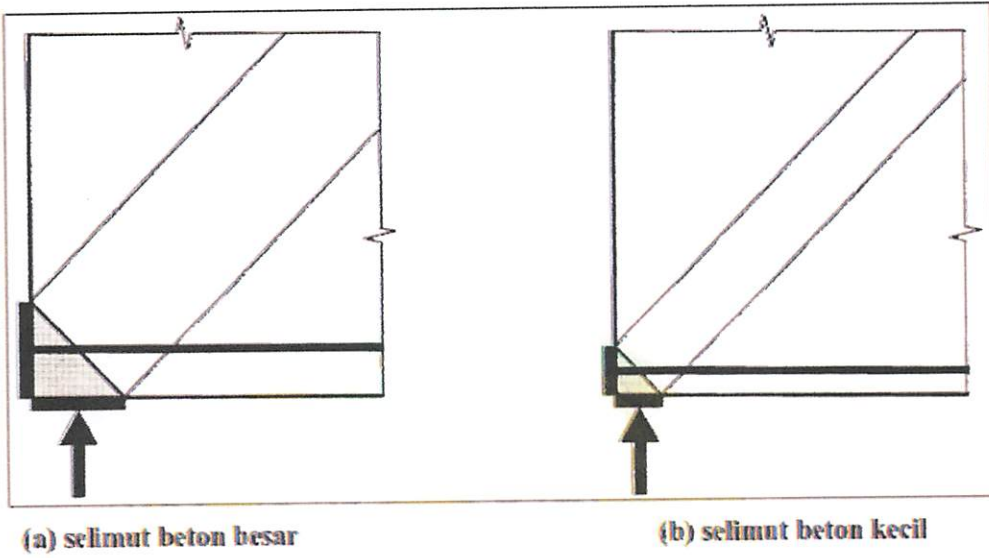
Dimana : F_{nt} = gaya tarik batas terfaktor

A_{st} = luas baja tulangan biasa

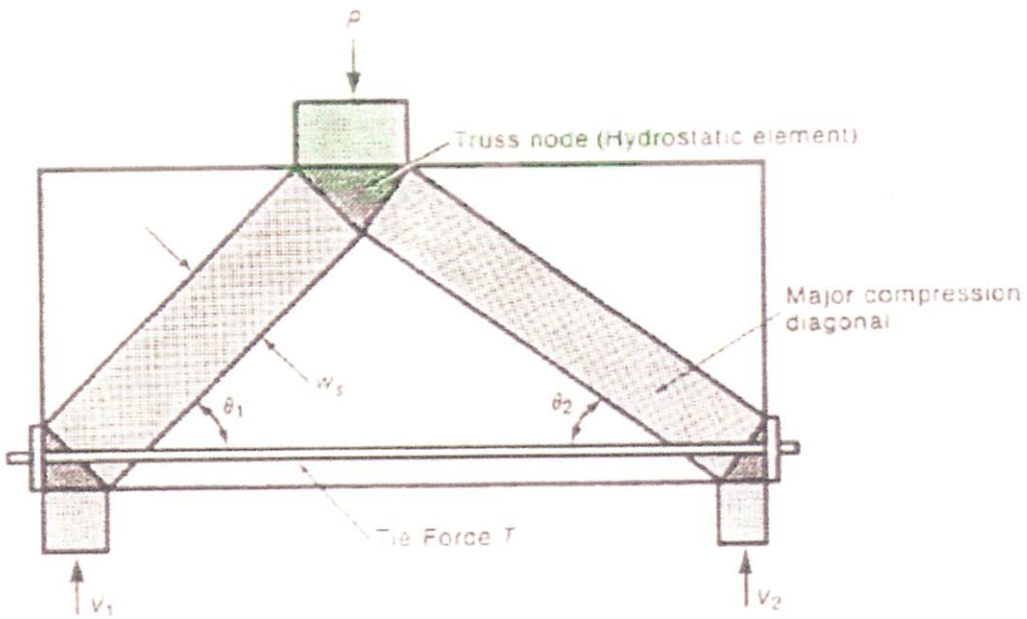
A_{ps} = luas baja tendon prategang

f_{sc} = tegangan efektif yang hilang di dalam baja tendon prategang

Δf_p = penambahan gaya prategang disamping level load ($f_{sc} + \Delta f_p$)



Gambar 2.8 : Menunjukkan titik pertemuan antara strut and tie

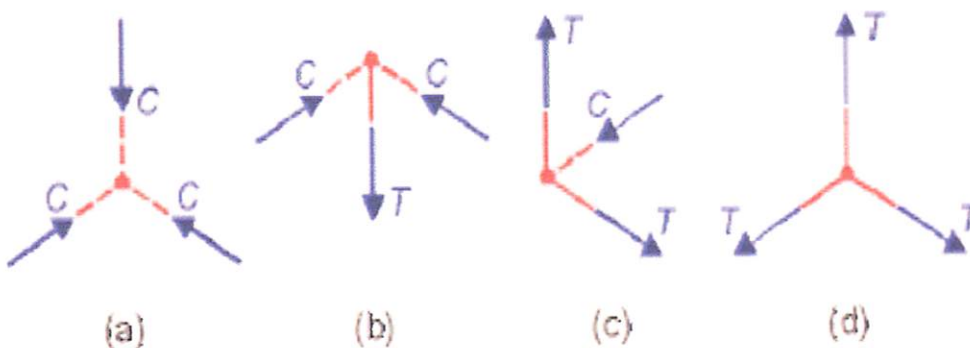


Gambar 2.9 : Gambar plastis truss model dari suatu balok tinggi

2.6.3 Node

Pertemuan dari *strut and tie model* adalah *node zone*. Tiga atau lebih gaya ini bertemu dalam sebuah *node* dan harus dalam keadaan seimbang. Titik simpul/*joint* ini harus atau mode membentuk suatu elemen yang dinamakan *node-element* atau *hydrostatic-element*. Daerah ini merupakan titik tangkap gaya-gaya yang bertemu pada 1 titik sehingga tegangan yang terjadi cukup rumit karena daerah ini mengalami tegangan biaxial dan triaxial. Dalam perancangan, *node* elemen harus mendapat perhatian yang baik, khususnya pada pertemuan batang-batang tarik yang harus dijangkar. Penjangkaran batang tarik yang tidak baik akan mengakibatkan keruntuhan lebih awal. Penjangkaran dapat dilakukan dengan memberikan panjang penjangkaran, panjang penyaluran dan kait yang cukup. Titik simpul/*node* merupakan titik tangkap dari tiga batang atau lebih dari *strut and tie* dengan berbagai kombinasi yang secara umum dapat dibagi ke dalam empat jenis sambungan. Adapun jenis pertemuan adalah sebagai berikut :

- C-C-C *node* jika di dalam *node* terjadi pertemuan tiga gaya tekan .
- C-C-T *node* yang terdiri dari satu batang tarik
- C-T-T *node* yang terdiri dari dua batang tarik
- T-T-T *node* yang terdiri dari tiga batang tarik



Gambar 2.10 : Jenis sambungan pertemuan (node)

Kuat tekan dari *node zone* dapat ditulis :

$$F_{nn} = f_{cu}A_n$$

Dimana : F_{nn} = gaya batas terfaktor bagian depan dari *noda zone*

A_n = luas bagian depan dari *node zone*

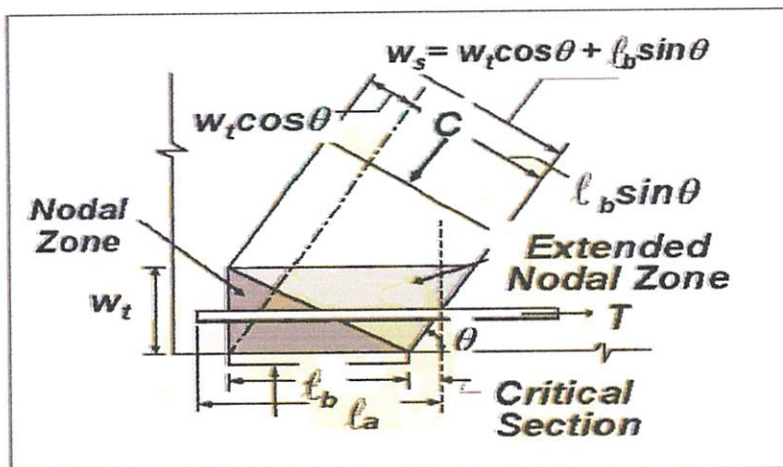
Tegangan transversal menguntungkan bila transversal bekerja dalam dua arah dan dikekang (*confined concrete*). Pengekangan dapat dilakukan dengan memberikan tulangan kekang transversal tertentu di sekeliling daerah medan tekan. Tulangan kekang dan efeknya telah dianalisis dan diuji di laboratorium, perhitungan tegangan tekan dari *noda zone* dalam *strut and tie model* adalah :

$$F_{cu} = 0,85 \beta_n f_n'$$

Dimana : $\beta_n = 1,0$ pada *node zone* yang dibentuk oleh *strut* tekan dan landasan/tumpuan.

$\beta_n = 0,8$ pada *noda zone* yang mengandung satu batang tarik.

$\beta_n = 0,8$ pada *noda zone* yang mengandung satu batang tarik (*tendon/tie*) lebih dari satu arah.



Gambar 2.11 : Distribusi gaya pada daerah nodal zone

Pengendalian retak

$\Sigma \rho_{Y_i} \sin Y_i \geq 0,003$ dimana $\Sigma \rho_{Y_i}$ rasio tulangan lapisan ke i yang memotong unsur penyokong yang ditinjau, dan Y_i adalah sudut antara sumbu penyokong dengan tulangan. Faktor reduksi kekuatan Φ senantiasa diambil 0,75 untuk penyokong, penggantung dan simpul. *Critical section* adalah daerah kritis atau daerah dimana beton lebih mudah hancur.

2.7 Pembuatan Strut and Tie Model

Pada suatu struktur, umumnya hanya terdapat beberapa bentuk standar karena itu dapat dibuat analisis yang mendetail untuk menentukan model standar yang dapat ditetapkan pada bentuk yang sama dengan ukuran yang berbeda. Standarisasi ini dapat memudahkan pekerjaan seorang perencana dan menghindari variasi penggunaan model oleh perencana yang berbeda. Pembuatan model *strut and tie* pada dasarnya merupakan prosedur grafis yang bersifat iteratif. Tidak ada prosedur yang pasti dalam menentukan *strut and tie model*. Konsep dasar dalam pembuatan *strut and tie model* adalah :

1. Model harus dalam keadaan seimbang.
2. Batang tarik harus tetap lurus.
3. Tulangan geser dapat dimodelkan satu persatu atau ekivalennya.
4. Jarak antara batang atas dan batang bawah ditentukan oleh momen *ultimate*.
5. Kemiringan maksimum batang tekan adalah $25^\circ - 65^\circ$ dimana idealnya 45° .

2.8 Batang Tekan dan Tarik pada Balok Langsing

Balok beton bertulang diasumsikan runtuh akibat geser dapat dimodelkan sebagai suatu rangka batang yang sederhana dimana batang tekan diwakili oleh batang atas (beton dengan atau tanpa tulangan tekan), batang tarik diwakili oleh tulangan tarik, dan batang diagonal oleh *strut* tekan beton, serta sekumpulan tulangan sengkang sejarak $jd/\tan\theta$ diwakili oleh batang tegak dari rangka batang tersebut. Pada gambar tersebut batang tekan dinyatakan oleh batang tegak dari rangka batang tersebut. Pada gambar tersebut batang tekan dinyatakan oleh garis putus-putus dan batang tarik dinyatakan oleh garis utuh.

2.9 Batang Tekan dan Tarik pada Balok Tinggi

Amerika *Concrete Institute* ACI-Code menjelaskan bahwa suatu balok dinyatakan balok tinggi (*deep beam*) dalam perencanaan lentur bila rasio bentang bersih balok dibandingkan dengan tinggi balok $l/n/d \leq 1,25$ untuk balok atas dua tumpuan dan $l/n/d \leq 2,5$ untuk balok di atas beberapa tumpuan. Selanjutnya balok juga dinyatakan sebagai balok tinggi dalam perencanaan geser bila $l/n/d \leq 5,0$ dan balok tersebut dibebani dari permukaan atas serta ditumpu pada sisi bawah balok. Permasalahan muncul bila dihadapi suatu keadaan dimana suatu balok dengan $l/n/d \leq 6,0$ yang dibebani beban terpusat sejarak d dari salah satu tumpuan. Di sini terlihat pada sisi bentang geser yang pendek sejarak d tadi dinyatakan sebagai balok tinggi dan pada sisi lainnya dinyatakan sebagai balok biasa (bukan sebagai *deep beam*). Kedua pernyataan tersebut cukup menimbulkan kebingungan. Untuk menghindari permasalahan tersebut, MacGregor (1988) mendefinisikan suatu balok dinyatakan sebagai balok tinggi apabila sebagian besar beban yang dipikul dapat diteruskan

atau dihubungkan langsung ke tumpuan-tumpuannya melalui batang tekan (*compression strut*). Sebagai alternatif, kadang kala balok tinggi dianalisis berdasarkan analisa tegangan dengan menggunakan “*elastis continuum finite element method*”. Pada struktur balok tinggi yang dikategorikan sebagai *D-region*, balok tinggi diidealisasikan sebagai suatu rangkaian batang-batang tarik (*tie*), batang-batang tekan (*strut*), beban-beban kerja dan tumpuan-tumpuan yang saling berhubungan melalui titik-titik simpul (*nodes*) sehingga terbentuk suatu rangka batang.

BAB III

METODOLOGI PERENCANAAN

3.1 Metodologi

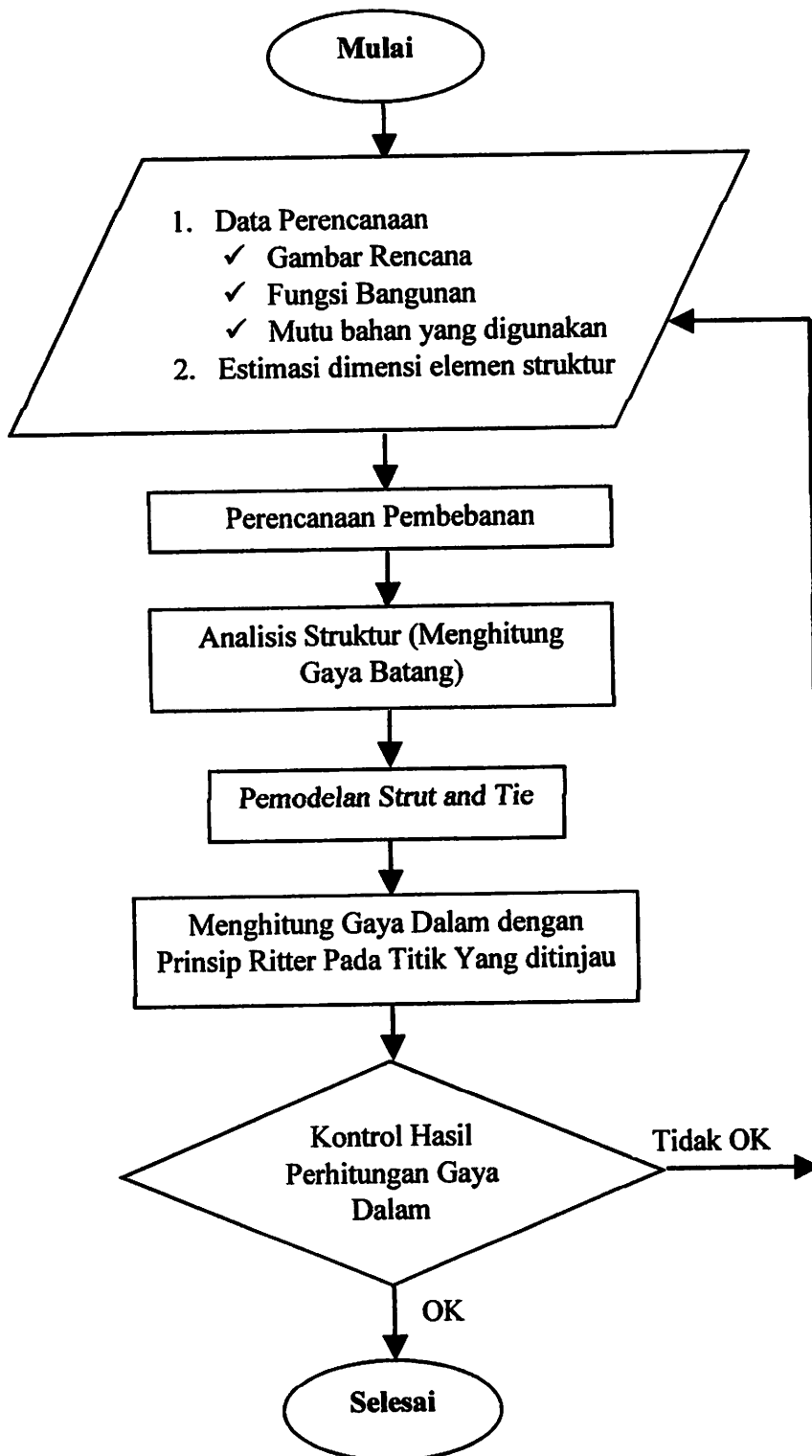
Metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah studi literatur yang menyangkut mengenai *Strut and Tie Model* dalam struktur beton bertulang. Untuk mempermudah perhitungan gaya batang maka dibantu dengan Program Staad Pro 2004.

3.2 Data Perencanaan

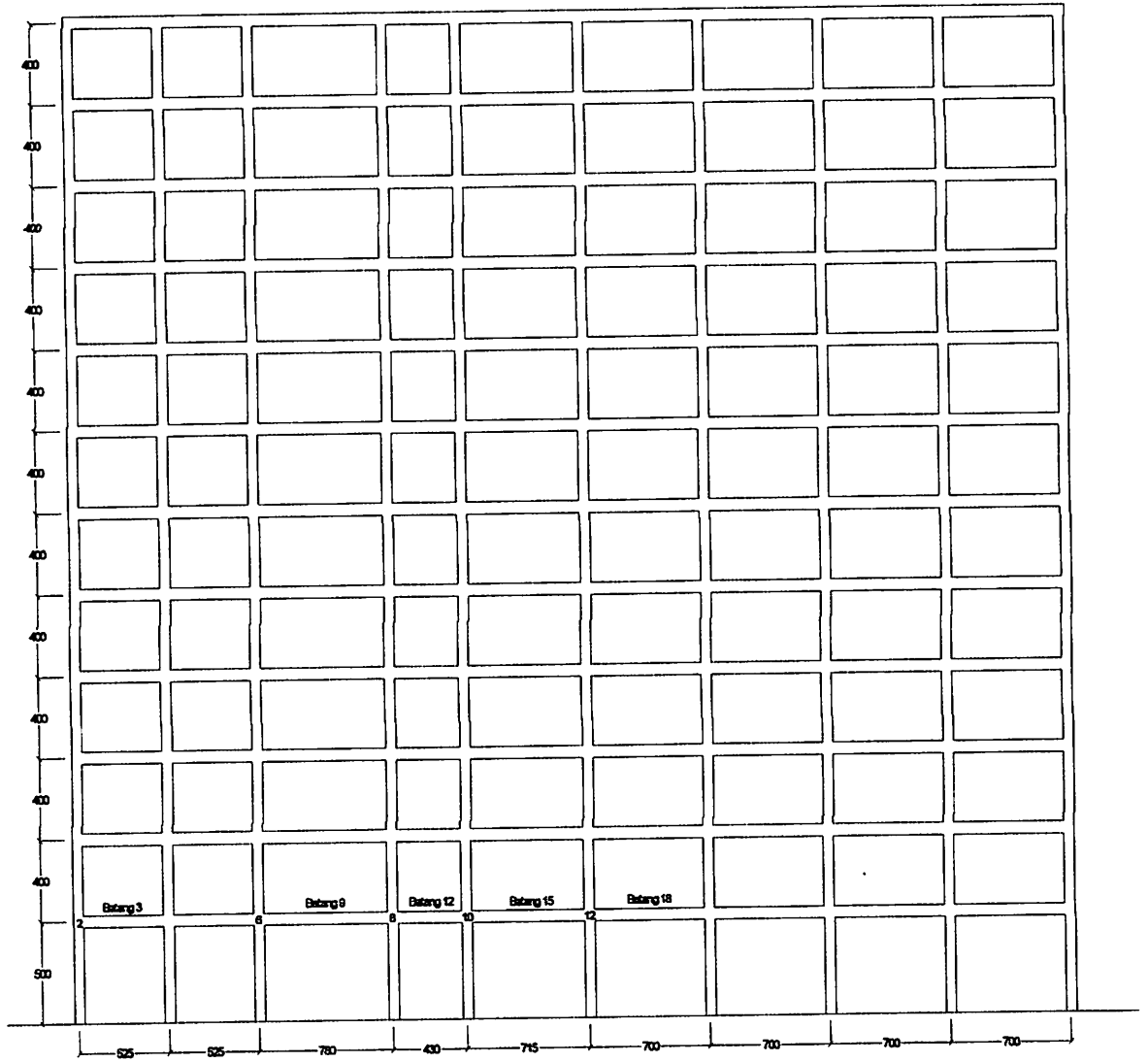
Data yang digunakan adalah sebagai berikut :

Nama Gedung	: Ijen Padjajaran Suites Hotel Resort
Fungsi Gedung	: Hotel
Jumlah Lantai	: Rencana 12
Rencana Bahan	: Beton Bertulang
Bentuk Kolom dan Balok	: Persegi
Ukuran Kolom	: 60 cm x 100 cm
Ukuran Balok	: 40 cm x 60 cm
Tegangan Leleh Tulangan Ulir (f_y)	: 390 Mpa
Tegangan Leleh Tulangan Polos (f_y)	: 240 Mpa
Kuat Tekan Beton (f_c)	: 30 Mpa

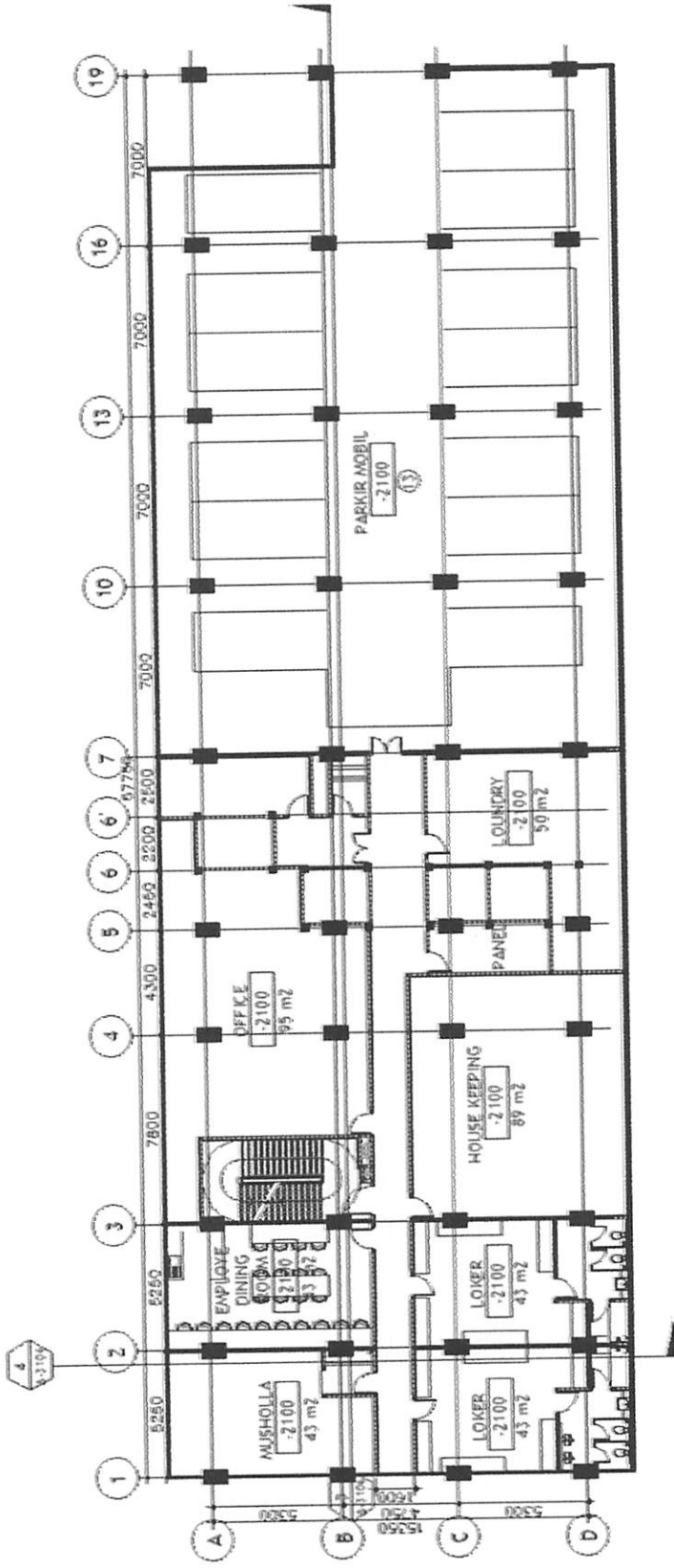
3.3 Bagan Alir



3.4 Denah Portal dan Denah Bangunan



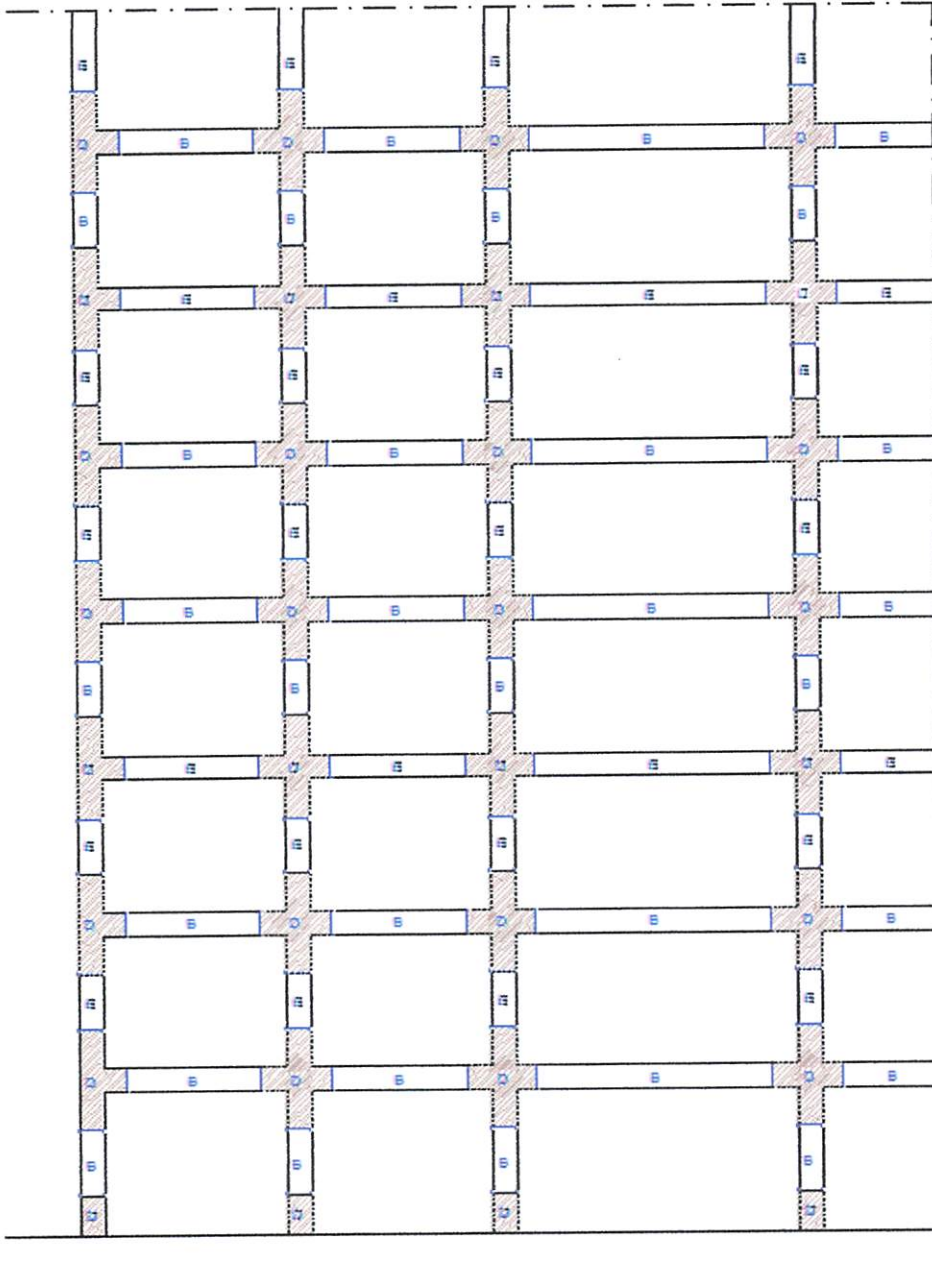
Gambar 3.1 Denah Portal



Gambar 3.2 Denah gedung Hotel

3.5 Menentukan Daerah D dan Daerah B

Dalam perencanaan struktur beton menggunakan *strut and tie model* terlebih dahulu struktur yang akan ditinjau harus dibagi menjadi dua daerah, yaitu daerah D dan daerah B seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah.

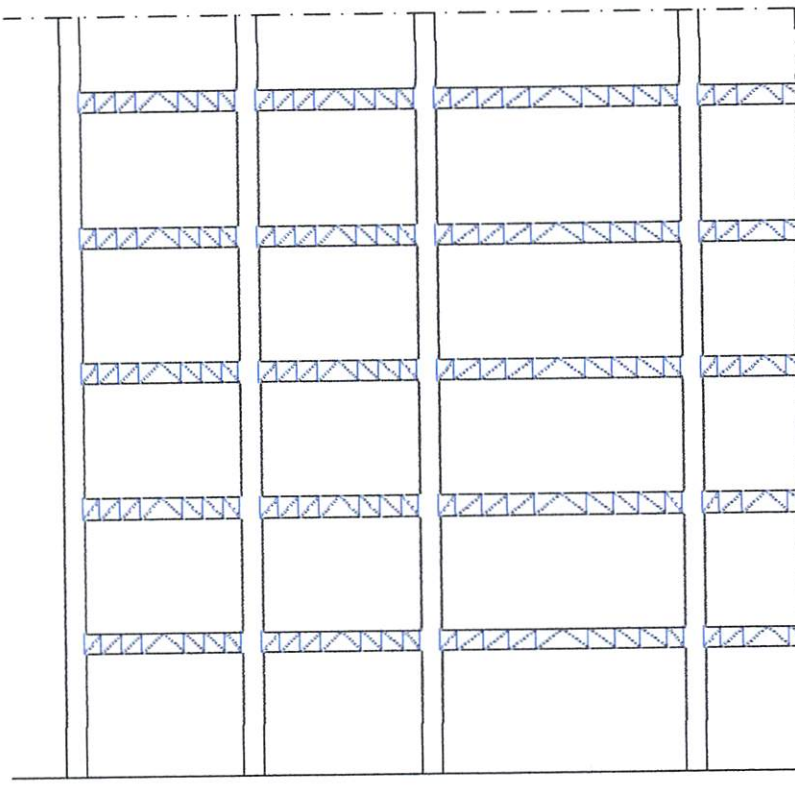


Gambar 3.3 Pembagian daerah D dan daerah B

Pada gambar 3.3 tersebut, daerah D ditandai dengan daerah yang diarsir dan daerah B ditandai dengan daerah yang tidak diarsir. Untuk luasan masing-masing daerah tersebut dipengaruhi oleh geometri dan jenis dari lokasi beban yang bekerja.

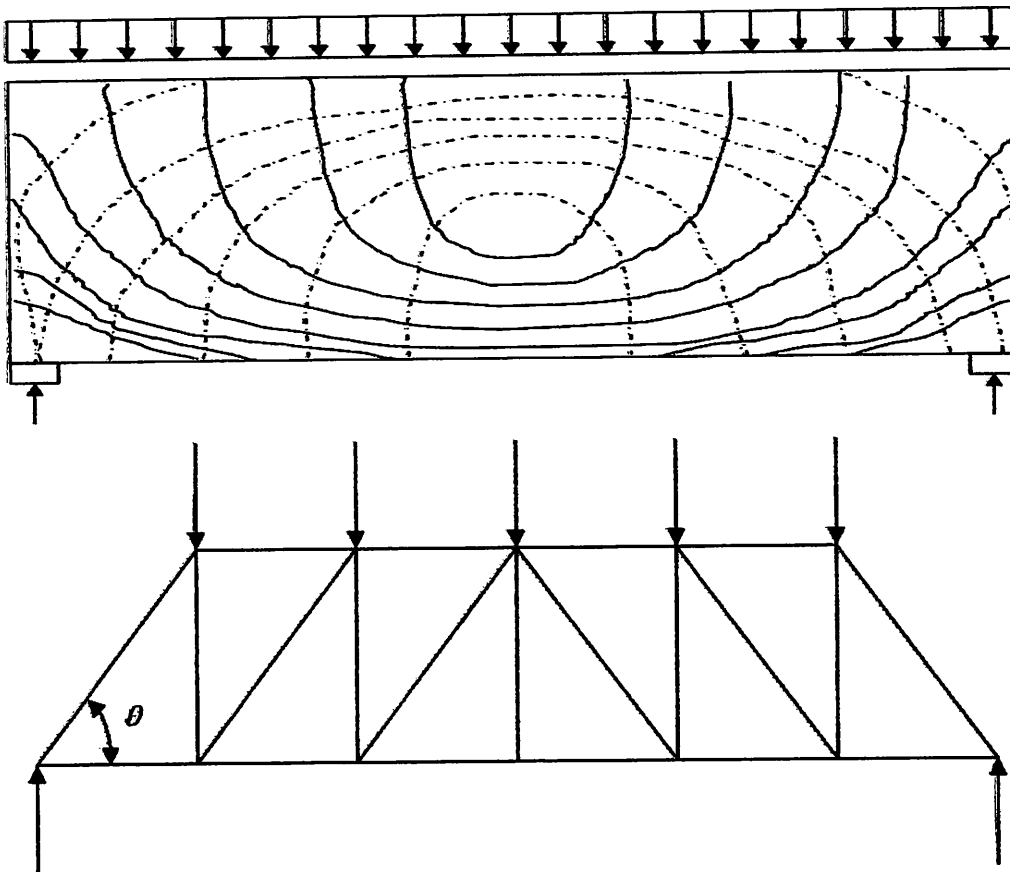
3.6 Permodelan Strut and Tie

Pada struktur balok tinggi yang dikategorikan sebagai D-region, balok tinggi diidealisasikan sebagai suatu rangkaian batang-batang tekan (strut), batang-batang tarik (tie), beban-beban yang bekerja dan tumpuan-tumpuan yang saling berhubungan melalui titik simpul (nodes) sehingga terbentuk suatu rangka batang. Dibawah ini merupakan permodelan strut and tie pada portal gedung Ijen Padjajaran Suites Hotel Resort.



Gambar 3.4 Permodelan strut and tie pada portal

Balok beton bertulang biasanya diasumsikan runtuh akibat gaya geser dan kemudian dapat di modelkan sebagai suatu rangka batang yang sederhana dimana batang tekan diwakili oleh batang atas, batang tarik diwakili oleh tulangan tarik dan batang diagonal oleh *strut* (tekan) beton serta sekumpulan tulangan sengkang sejarak $jd/\tan \theta$ di wakili oleh batang tegak dari rangka batang tersebut.

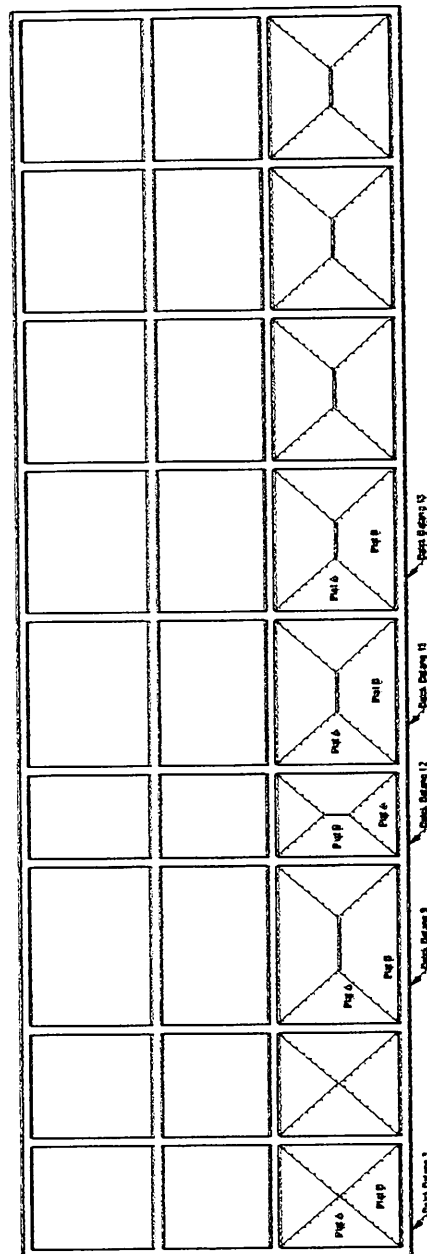


Gambar 3.5 Trayektori tegangan akibat beban merata dan analogi rangka

Gambar diatas menunjukkan bahwa balok beton mengalami retak diagonal akibat geser dan sistem rangka batang berupa rangka batang statis tak tentu. Rangka batang tersebut dinamakan *plastic truss model* karena model rangka batang statis tertentu terjadi dikarenakan oleh plastisitas pada sengkang-sengkang balok. Salah

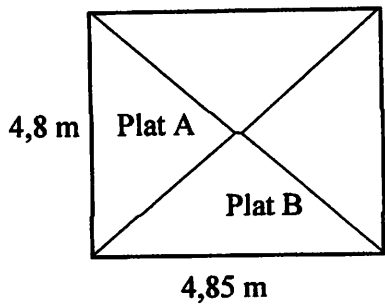
satu unsur yang penting dalam membentuk rangka batang adalah menentukan nilai sudut inklinasi dari strut diagonal.

3.7 Perataan Beban Plat

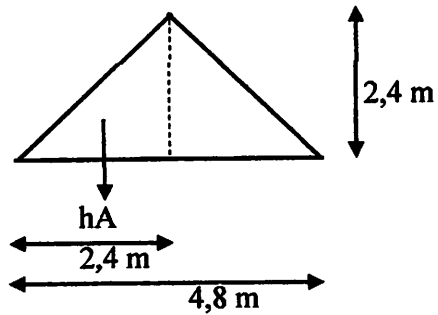


Gambar 3.6 Gambar denah perataan beban plat lantai

Perataan Beban Plat Lantai Balok Batang 3

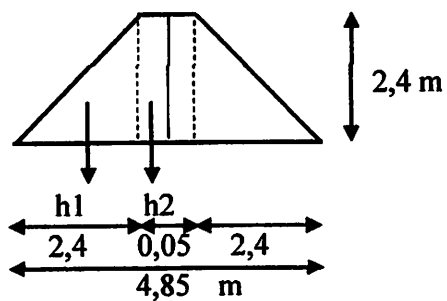


Plat A



$$\begin{aligned} h_A &= \frac{2}{3} \times 2,4 \\ &= 1,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Plat B



$$\begin{aligned} h_1 &= \frac{1}{2} \times 2,4 \times 2,4 \\ &= 2,880 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_2 &= 0,025 \times 2,4 \\
 &= 0,060 \text{ m}
 \end{aligned}$$

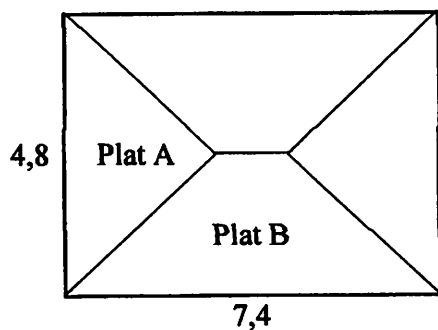
$$\begin{aligned}
 RA &= RB = h_1 + h_2 \\
 &= 2,880 + 0,060 \\
 &= 2,940 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max I} &= RA \times 2,425 - h_1 \left(\left(\frac{1}{3} \times 2,4 \right) + 0,025 \right) - h_2 \times \left(\frac{1}{2} \times 0,025 \right) \\
 &= 2,940 \times 2,425 - 2,880 \times (0,8 + 0,025) - 0,060 \times (0,5 \times 0,025) \\
 &= 4,753 \text{ m}
 \end{aligned}$$

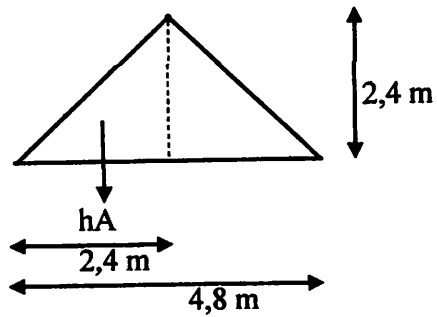
$$\begin{aligned}
 M_{\max II} &= \frac{1}{8} \times h_B \times l_n^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times h_B \times 4,85^2 \\
 &= 2,940 \text{ hB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max I} &= M_{\max II} \\
 4,753 &= 2,940 \text{ hB} \\
 h_B &= 1,616 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perataan Beban Plat Lantai Balok Batang 9

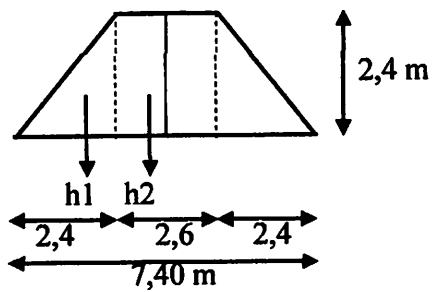


Plat A



$$\begin{aligned} hA &= \frac{2}{3} \times 2,4 \\ &= 1,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Plat B



$$\begin{aligned} h1 &= \frac{1}{2} \times 2,4 \times 2,4 \\ &= 2,880 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h2 &= 1,300 \times 2,4 \\ &= 3,120 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} RA = RB &= h1 + h2 \\ &= 2,880 + 3,120 \\ &= 6,000 \text{ m} \end{aligned}$$

$$M \text{ max I} = RA \times 3,7 - h1 \left(\left(\frac{1}{3} \times 2,4 \right) + 1,3 \right) - h2 \times \left(\frac{1}{2} \times 1,3 \right)$$

$$= 6,0 \times 3,7 - 2,880 \times (0,8 + 1,3) - 3,12 \times (0,5 \times 1,3)$$

$$= 14,12 \text{ m}$$

$$M \text{ max II} = \frac{1}{8} \times hB \times ln^2$$

$$= \frac{1}{8} \times hB \times 7,40^2$$

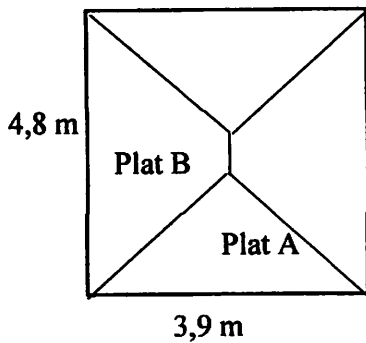
$$= 6,845 \text{ hB}$$

$$M \text{ max I} = M \text{ max II}$$

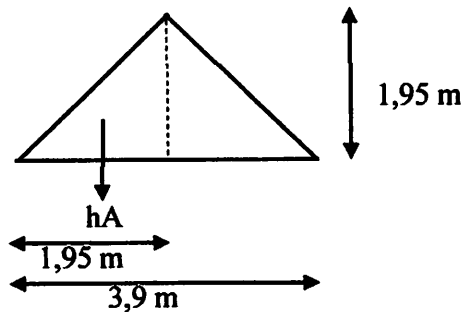
$$14,12 = 6,845 \text{ hB}$$

$$hB = 2,063 \text{ m}$$

Perataan Beban Plat Lantai Balok Batang 9

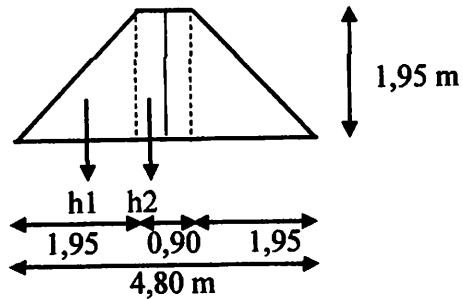


Plat A



$$\begin{aligned}
 h_A &= \frac{2}{3} \times 1,95 \\
 &= 1,3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Plat B



$$\begin{aligned}
 h_1 &= \frac{1}{2} \times 2,0 \times 2,0 \\
 &= 1,901 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_2 &= 0,450 \times 2,0 \\
 &= 0,878 \text{ m}
 \end{aligned}$$

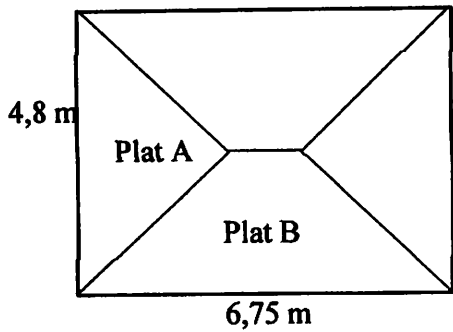
$$\begin{aligned}
 R_A &= R_B = h_1 + h_2 \\
 &= 1,901 + 0,878 \\
 &= 2,779 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\text{max I}} &= R_A \times 2,4 - h_1 \left(\left(\frac{1}{3} \times 1,95 \right) + 0,45 \right) - h_2 \times \left(\frac{1}{2} \times 0,45 \right) \\
 &= 2,779 \times 2,4 - 1,901 \times (0,7 + 0,45) - 0,878 \times (0,5 \times 0,45) \\
 &= 4,38 \text{ m}
 \end{aligned}$$

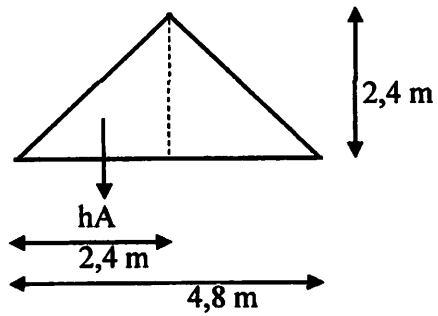
$$\begin{aligned}
 M_{\text{max II}} &= \frac{1}{8} \times h_B \times l^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times h_B \times 4,80^2 \\
 &= 2,880 \text{ hB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M \max I &= M \max II \\
 4,38 &= 2,880 \ hB \\
 hB &= 1,521 \ m
 \end{aligned}$$

Perataan Beban Plat Lantai Balok Batang 15

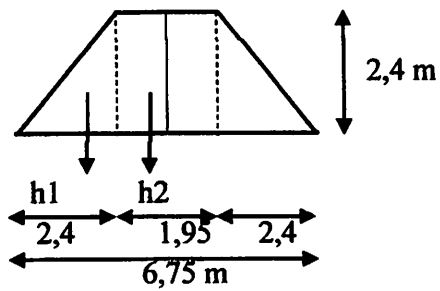


Plat A



$$\begin{aligned}
 hA &= \frac{2}{3} \times 2,4 \\
 &= 1,6 \ m
 \end{aligned}$$

Plat B



$$\begin{aligned}
 h1 &= \frac{1}{2} \times 2,4 \times 2,4 \\
 &= 2,880 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h2 &= 0,975 \times 2,4 \\
 &= 2,340 \text{ m}
 \end{aligned}$$

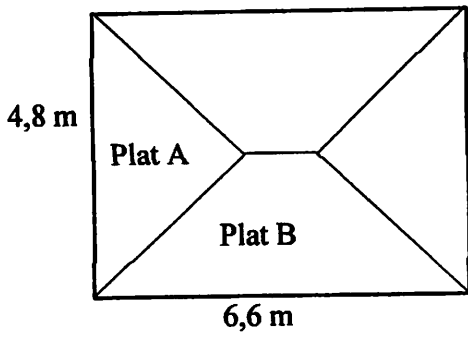
$$\begin{aligned}
 RA &= RB = h1 + h2 \\
 &= 2,880 + 2,340 \\
 &= 5,220 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M \text{ max I} &= RA \times 3,375 - h1 \left(\left(\frac{1}{3} \times 2,4 \right) + 0,975 \right) - h2 \times \left(\frac{1}{2} \times 0,975 \right) \\
 &= 5,22 \times 3,375 - 2,88 \times (0,8 + 0,975) - 2,34 \times (0,5 \times 0,975) \\
 &= 11,36 \text{ m}
 \end{aligned}$$

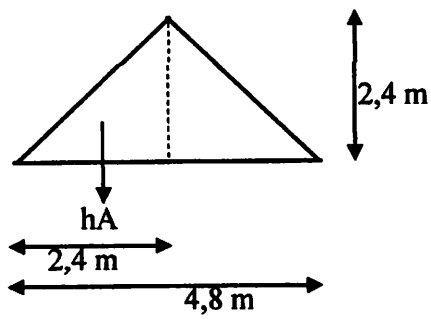
$$\begin{aligned}
 M \text{ max II} &= \frac{1}{8} \times hB \times hB^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times hB \times 6,75^2 \\
 &= 5,695 \text{ hB}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M \text{ max I} &= M \text{ max II} \\
 11,36 &= 5,695 \text{ hB} \\
 hB &= 1,995 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perataan Beban Plat Lantai Balok Batang 18

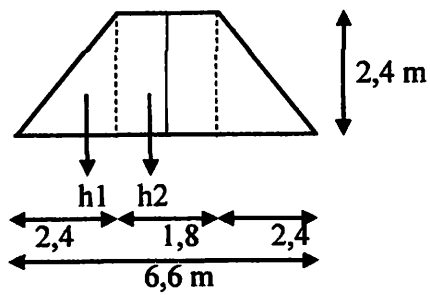


Plat A



$$\begin{aligned} hA &= \frac{2}{3} \times 2,4 \\ &= 1,6 \text{ m} \end{aligned}$$

Plat B



$$\begin{aligned} h1 &= \frac{1}{2} \times 2,4 \times 2,4 \\ &= 2,880 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 h_2 &= 0,900 \times 2,4 \\
 &= 2,160 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_A = R_B &= h_1 + h_2 \\
 &= 2,880 + 2,160 \\
 &= 5,040 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max I} &= R_A \times 3,3 - h_1 \left(\left(\frac{1}{3} \times 2,4 \right) + 0,9 \right) - h_2 \times \left(\frac{1}{2} \times 0,9 \right) \\
 &= 5,04 \times 3,3 - 2,88 \times (0,8 + 0,9) - 2,16 \times (0,5 \times 0,9) \\
 &= 10,76 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{\max II} &= \frac{1}{8} \times h_B \times l_n^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times h_B \times 6,60^2 \\
 &= 5,445 h_B
 \end{aligned}$$

$$M_{\max I} = M_{\max II}$$

$$10,76 = 5,445 h_B$$

$$H_b = 1,977 \text{ m}$$

Beban yang bekerja pada plat lantai :

Beban Mati (qd)

- Berat sendiri plat = $0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$
- Berat spesi per-cm = $3 \times 21 = 63 \text{ kg/m}^2$
- Berat tegel per-cm = $2 \times 24 = 48 \text{ kg/m}^2$
- Berat plafon + penggantung = $11 + 7 = 18 \text{ kg/m}^2$

$$q_d = 417 \text{ kg/m}^2$$

3.8 Perhitungan Strut and Tie Model

3.8.1 Pembebanan Balok Batang 3

Beban Mati (qd)

- Berat sendiri = $b_j \times h \times b = 2400 \times 0,6 \times 0,4 = 576,0 \text{ kg/m}$
 - Beban plat = $q_d \text{ plat} \times h_B = 417 \times 1,616 = 674,0 \text{ kg/m}$
 - Berat bata hebel = $b_j \text{ hebel} \times H \times b = 650 \times 3,4 \times 0,15 = 331,5 \text{ kg/m}$
- $q_d = 1581,5 \text{ kg/m}$

Beban Hidup (ql)

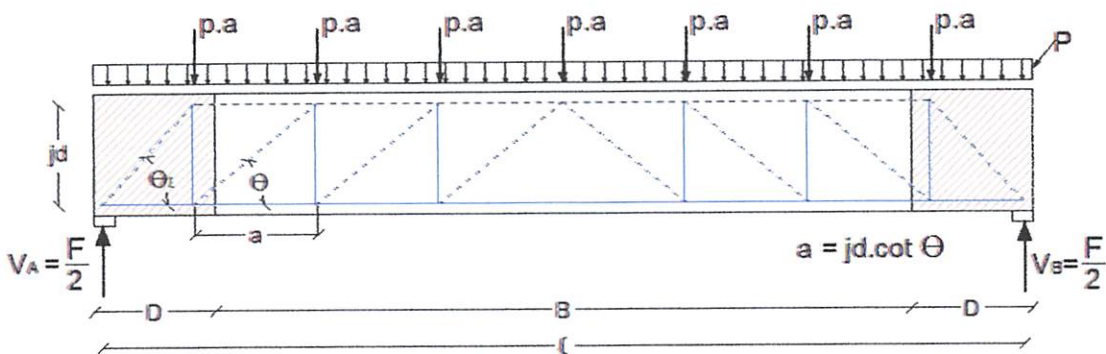
- Beban hidup pada hotel (PPIUG 1983) : $q_l = 250 \text{ kg/m}^2$

Beban Terfaktor (qu) = $1,2 q_d + 1,6 q_l$

= $1,2 \times 1581,5 + 1,6 \times 250 = 2297,9 \text{ kg/m}$

= $23,424 \text{ kN/m}$

3.8.2 Perhitungan Strut and Tie Model Balok Batang 3

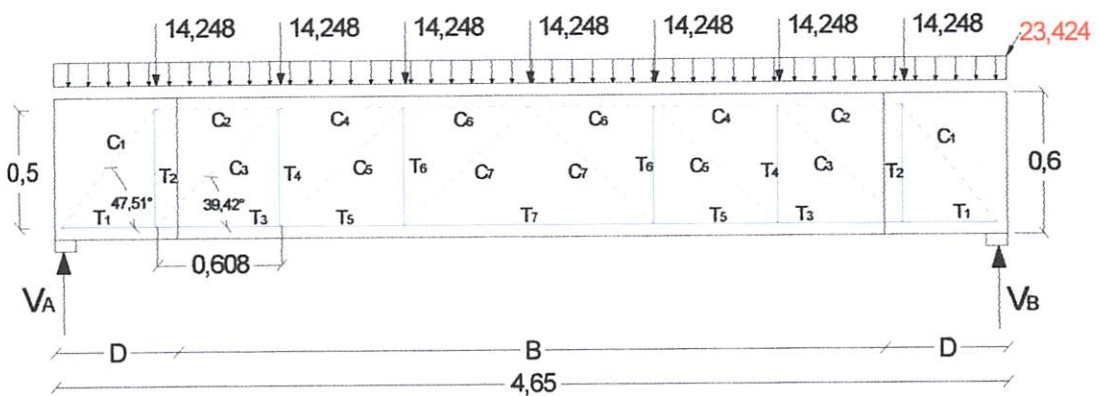


Gambar 3.7 Strut and tie model dari suatu balok beton dengan beban merata p

Gambar 3.6 Strut and tie model dari suatu balok beton dengan beban merata p , sebagai rangka batang dengan kelipatan satu. Resultan beban $p \cdot a$ bekerja sebagai beban terpusat pada titik keseimbangan dari rangka batang. θ adalah sudut batang diagonal tekan pada daerah B.

- Keterangan :
- jd = tinggi rangka
 - P = beban merata
 - θ = sudut daerah B
 - F = jumlah beban terpusat
 - V_A, V_B = gaya reaksi vertikal

Balok Batang 3 titik 2



$$\begin{aligned}
 \Theta &= \text{arc tan } \frac{jd}{a} \\
 &= \text{arc tan } \frac{0,5}{0,608} \\
 &= \text{arc tan } 0,822 \\
 &= 39,42
 \end{aligned}$$

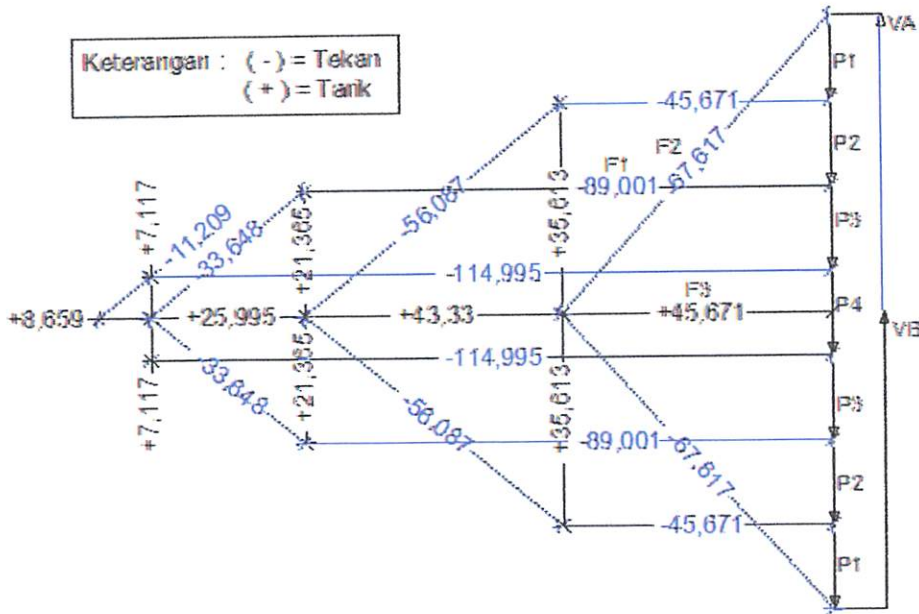
$$\begin{aligned}
 a &= jd \cdot \cot \Theta \\
 &= 0,5 \times \cot 39,42 \\
 &= 0,608
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= p \cdot a \\
 &= 23,424 \times 0,608 \\
 &= 14,248 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_A &= \frac{F}{2} \\
 &= \frac{14,248 \times 7}{2} \\
 &= 49,868 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

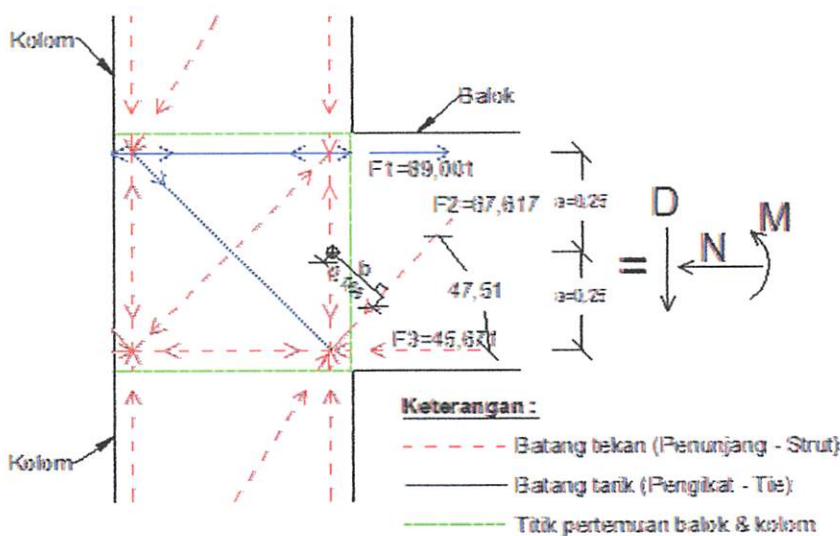
$$V_B = 49,868 \text{ kN}$$

Setelah didapat V_A dan V_B dari hasil perhitungan diatas, maka dilanjutkan perhitungan gaya batang dengan menggunakan metode cremona seperti di bawah ini :



Gambar 3.8 Cremona rangka batang 3 titik 2

Setelah didapat gaya-gaya batang tersebut maka kita dapat mencari gaya-gaya dalam (Momen, Lintang dan Normal) dengan prinsip Ritter yaitu memotong titik yang di tinjau. Cara untuk mencari gaya dalam tersebut dapat di lihat melalui gambar di bawah ini. Misalkan diambil sebuah titik perpotongan di bawah ini :



Gambar 3.9 Pola perubahan gaya menjadi momen

Maka gaya momen dapat diperoleh dari hasil perkalian gaya dan jarak :

$$M = F1(a) + F2(b) + F3(a)$$

Sedangkan untuk gaya normal dapat diperoleh dengan mencari hasil resultan gaya horizontal dari gaya-gaya batang yang dipotong :

$$N = F2\cos\beta + F3 - F1$$

Dan untuk gaya lintang dapat diperoleh dengan mencari resultan gaya-gaya vertikal dari gaya-gaya batang yang dipotong :

$$D = F2\sin\beta$$

Perhitungan gaya dalam :

$$\begin{aligned} M &= F1 (a) + F2 (b) + F3 (a) \\ &= 89,001 \times 0,250 + 67,617 \times 0,168 + 45,617 \times 0,250 \\ &= 22,250 + 11,360 + 11,418 \\ &= 45,028 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= F2 \cos\beta + F3 - F1 \\ &= 67,617 \times 0,675 + 45,617 - 89,001 \\ &= 2,343 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= F2 \sin\beta \\ &= 67,617 \times 0,737 \\ &= 49,860 \text{ kN} \end{aligned}$$

3.8.3 Pembebanan Balok Batang 9

Beban Mati (qd)

- Berat sendiri = $b_j \times h \times b = 2400 \times 0,6 \times 0,4 = 576,0 \text{ kg/m}$
 - Beban plat = $q_d \text{ plat} \times h_B = 417 \times 2,063 = 860,4 \text{ kg/m}$
 - Berat bata hebel = $b_j \text{ hebel} \times H \times b = 650 \times 3,4 \times 0,15 = 331,5 \text{ kg/m}$
- $q_d = 1767,9 \text{ kg/m}$

Beban Hidup (ql)

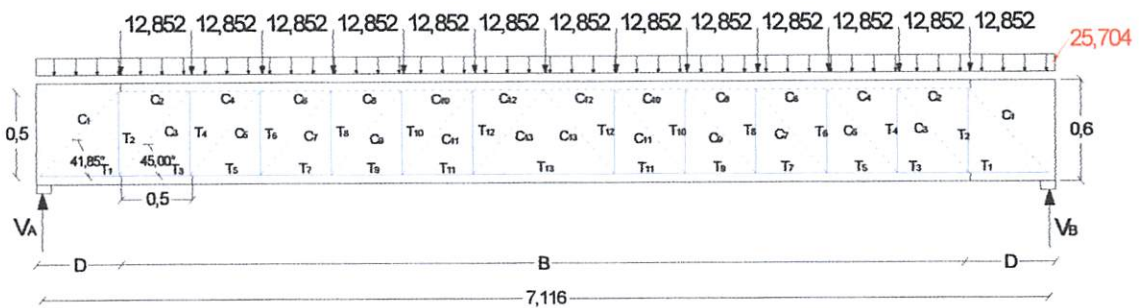
- Beban hidup pada hotel (PPIUG 1983) : $q_l = 250 \text{ kg/m}^2$

Beban Terfaktor = $1,2 q_d + 1,6 q_l$

$$= 1,2 \times 1767,9 + 1,6 \times 250 = 2521,5 \text{ kg/m}$$

$$= 25,704 \text{ kN/m}$$

3.8.4 Perhitungan Strut and Tie Model Balok Batang 9



$$\begin{aligned}
 \Theta &= \text{arc tan } \frac{jd}{a} \\
 &= \text{arc tan } \frac{0,5}{0,5} \\
 &= \text{arc tan } 1 \\
 &= 45
 \end{aligned}$$

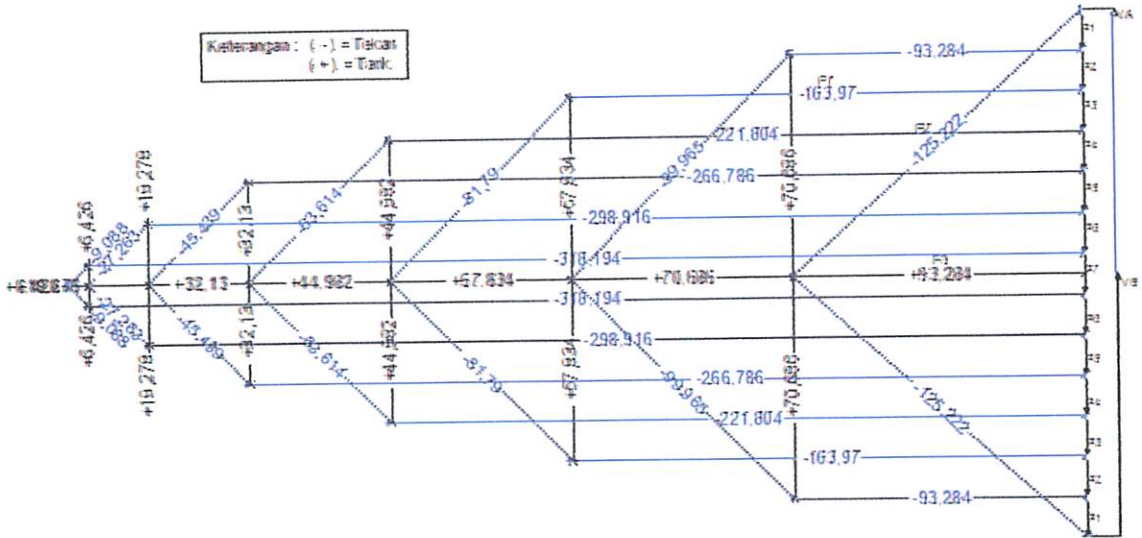
$$\begin{aligned}
 a &= jd \cdot \cot \Theta \\
 &= 0,5 \times \cot 45 \\
 &= 0,50
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F &= p \cdot a \\
 &= 25,704 \times 0,5 \\
 &= 12,852 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 VA &= \frac{F}{2} \\
 &= \frac{12,852 \times 13}{2} \\
 &= 83,537 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$VB = 83,537 \text{ kN}$$

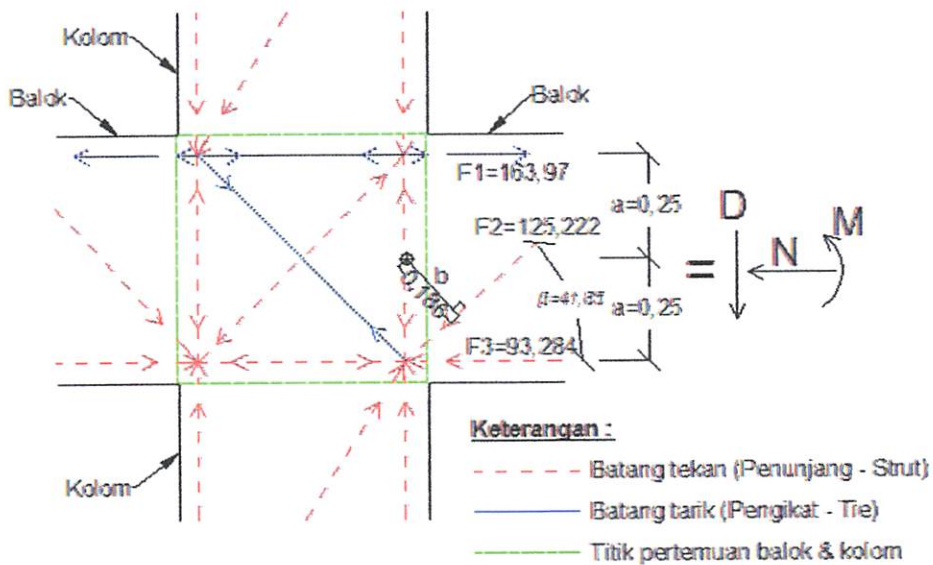
Setelah didapat VA dan VB dari hasil perhitungan diatas, maka dilanjutkan perhitungan gaya batang dengan menggunakan metode cremona seperti di bawah ini :



Gambar 3.10 Cremona rangka batang 9 titik 6

Setelah didapat gaya-gaya batang tersebut maka kita dapat mencari gaya-gaya dalam (Momen, Lintang dan Normal) dengan prinsip Ritter yaitu memotong titik yang di tinjau. Cara untuk mencari gaya dalam tersebut dapat di lihat melalui gambar di bawah ini.

Misalkan diambil sebuah titik perpotongan di bawah ini :



Gambar 3.11 Pola perubahan gaya menjadi momen

Maka gaya momen dapat diperoleh dari hasil perkalian gaya dan jarak :

$$M = F1(a) + F2(b) + F3(a)$$

Sedangkan untuk gaya normal dapat diperoleh dengan mencari hasil resultan gaya horizontal dari gaya-gaya batang yang dipotong :

$$N = F2\cos\beta + F3 - F1$$

Dan untuk gaya lintang dapat diperoleh dengan mencari resultan gaya-gaya vertikal dari gaya-gaya batang yang dipotong :

$$D = F2\sin\beta$$

Perhitungan gaya dalam :

$$\begin{aligned} M &= F1 (a) + F2 (b) + F3 (a) \\ &= 163,970 \times 0,250 + 125,222 \times 0,186 + 98,284 \times 0,250 \\ &= 40,993 + 23,291 + 23,321 \\ &= 87,605 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N &= F2 \cos\beta + F3 - F1 \\ &= 125,222 \times 0,745 + 93,284 - 163,97 \\ &= 22,591 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= F2 \sin\beta \\ &= 125,222 \times 0,737 \\ &= 92,338 \text{ kN} \end{aligned}$$

3.8.5 Pembebanan Balok Batang 12

Beban Mati (qd)

- Berat sendiri = $b_j \times h \times b = 2400 \times 0,6 \times 0,4 = 576,0 \text{ kg/m}$
 - Beban plat = $q_d \text{ plat} \times h_B = 417 \times 1,3 = 542,1 \text{ kg/m}$
 - Berat bata hebel = $b_j \text{ hebel} \times H \times b = 650 \times 3,4 \times 0,15 = 331,5 \text{ kg/m}$
- $q_d = 1449,6 \text{ kg/m}$

Beban Hidup (ql)

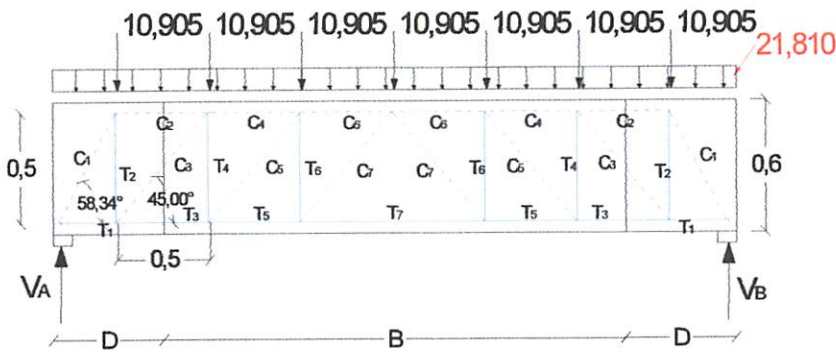
- Beban hidup pada hotel (PPIUG 1983) : $q_l = 250 \text{ kg/m}^2$

Beban Terfaktor = $1,2 q_d + 1,6 q_l$

= $1,2 \times 1449,6 + 1,6 \times 250 = 2139,5 \text{ kg/m}$

= $21,810 \text{ kN/m}$

3.8.6 Perhitungan Strut and Tie Model Balok Batang 12



$$\begin{aligned} \Theta &= \arctan \frac{jd}{a} \\ &= \arctan \frac{0,5}{0,5} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \text{arc tan } 1 \\ &= 45 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= jd \cdot \cot \Theta \\ &= 0,5 \times \cot 45 \\ &= 0,50 \end{aligned}$$

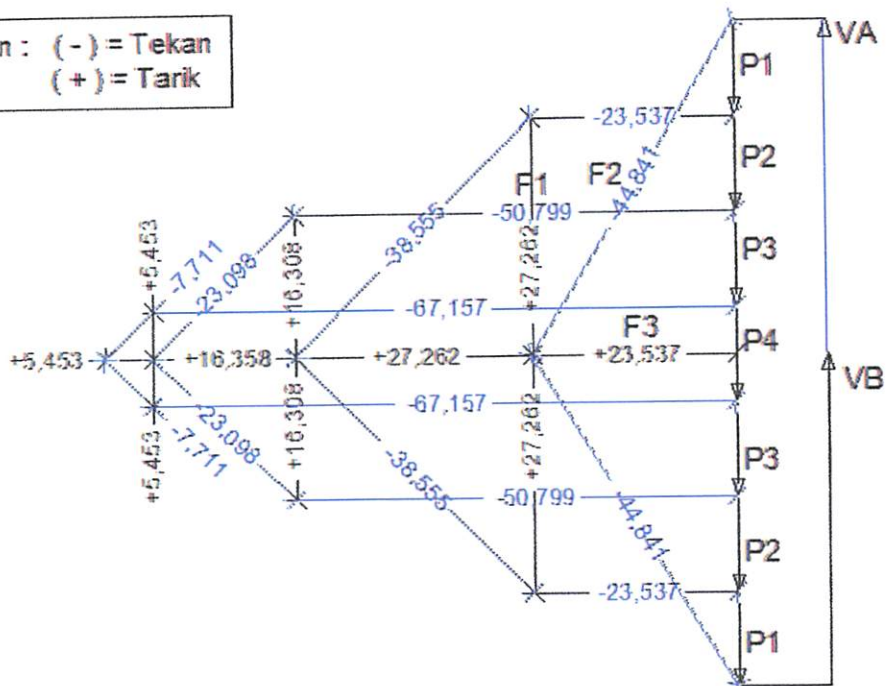
$$\begin{aligned} F &= p \cdot a \\ &= 21,810 \times 0,5 \\ &= 10,905 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_A &= \frac{F}{2} \\ &= \frac{10,905 \times 7}{2} \\ &= 38,167 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_B = 38,167 \text{ kN}$$

Setelah didapat V_A dan V_B dari hasil perhitungan diatas, maka dilanjutkan perhitungan gaya batang dengan menggunakan metode cremona seperti di bawah ini :

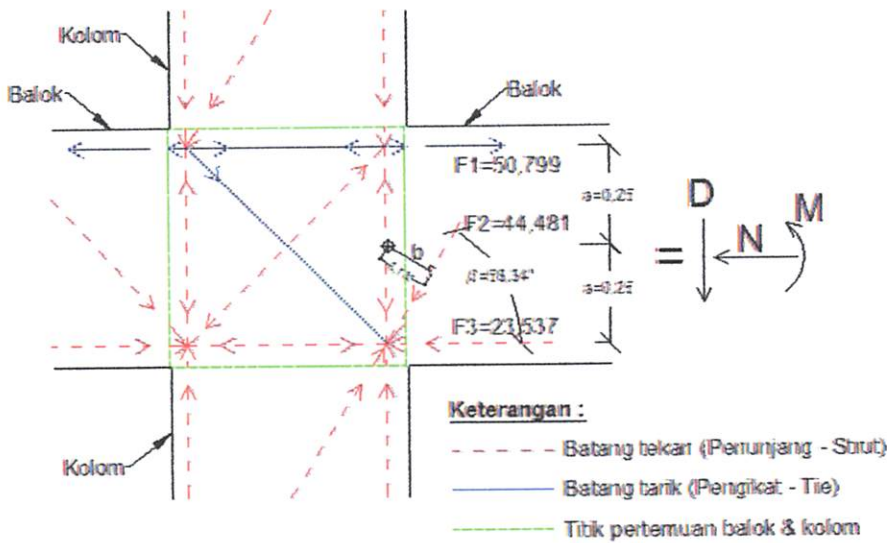
Keterangan : (-) = Tekan
(+) = Tarik



Gambar 3.12 Cremona rangka batang 12 titik 8

Setelah didapat gaya-gaya batang tersebut maka kita dapat mencari gaya-gaya dalam (Momen, Lintang dan Normal) dengan prinsip Ritter yaitu memotong titik yang di tinjau. Cara untuk mencari gaya dalam tersebut dapat di lihat melalui gambar di bawah ini.

Misalkan diambil sebuah titik perpotongan di bawah ini :



Gambar 3.13 Pola perubahan gaya menjadi momen

Maka gaya momen dapat diperoleh dari hasil perkalian gaya dan jarak :

$$M = F1(a) + F2(b) + F3(a)$$

Sedangkan untuk gaya normal dapat diperoleh dengan mencari hasil resultan gaya horizontal dari gaya-gaya batang yang dipotong :

$$N = F2\cos\beta + F3 - F1$$

Dan untuk gaya lintang dapat diperoleh dengan mencari resultan gaya-gaya vertikal dari gaya-gaya batang yang dipotong :

$$D = F2\sin\beta$$

Perhitungan gaya dalam :

$$\begin{aligned}
 M &= F1 (a) + F2 (b) + F3 (a) \\
 &= 50,799 \times 0,250 + 44,481 \times 0,131 + 23,537 \times 0,250 \\
 &= 12,700 + 5,827 + 5,884
 \end{aligned}$$

$$= 24,411 \text{ kNm}$$

$$\begin{aligned} N &= F2 \cos\beta + F3 - F1 \\ &= 44,481 \times 0,525 + 23,537 - 50,799 \\ &= -3,951 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= F2 \sin\beta \\ &= 44,481 \times 0,851 \\ &= 37,861 \text{ kN} \end{aligned}$$

3.8.7 Pembebanan Balok Batang 15

Beban Mati (qd)

- Berat sendiri = $b_j \times h \times b = 2400 \times 0,6 \times 0,4 = 576,0 \text{ kg/m}$
 - Beban plat = $q_d \text{ plat} \times h_B = 417 \times 1,995 = 832,1 \text{ kg/m}$
 - Berat bata hebel = $b_j \text{ hebel} \times H \times b = 650 \times 3,4 \times 0,15 = \underline{331,5 \text{ kg/m}}$
- $q_d = 1739,6 \text{ kg/m}$

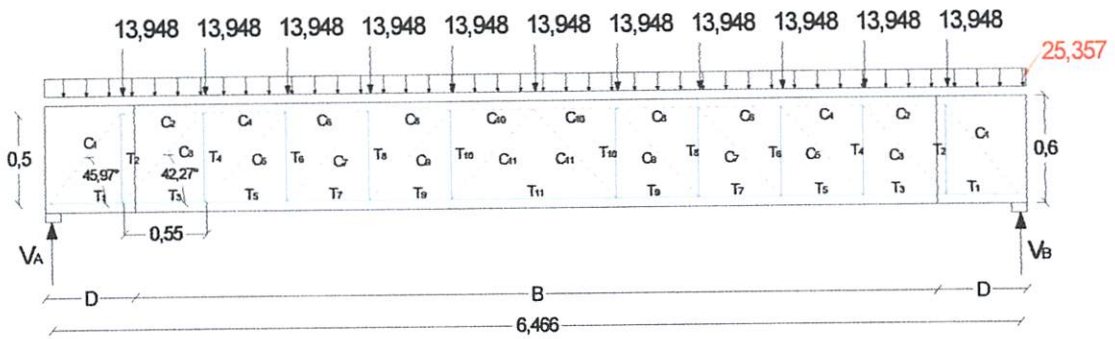
Beban Hidup (ql)

- Beban hidup pada hotel (PPIUG 1983) : $q_l = 250 \text{ kg/m}^2$

$$\text{Beban Terfaktor} = 1,2 q_d + 1,6 q_l$$

$$\begin{aligned} &= 1,2 \times 1739,6 + 1,6 \times 250 &&= 2487,5 \text{ kg/m} \\ &&&= 25,357 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

3.8.8 Perhitungan Strut and Tie Model Balok Batang 15

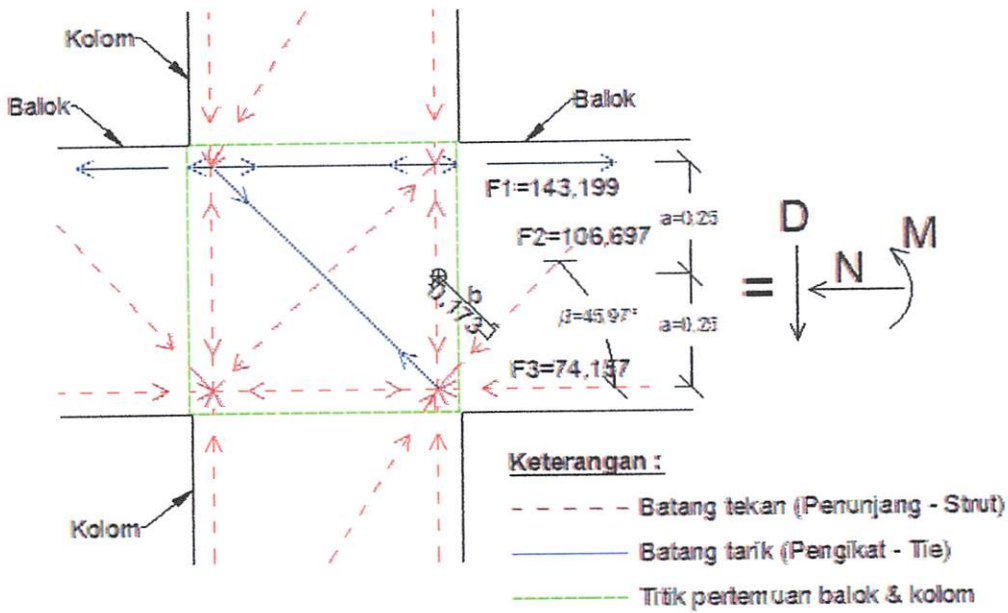


$$\begin{aligned} \Theta &= \text{arc tan } \frac{jd}{a} \\ &= \text{arc tan } \frac{0,5}{0,55} \\ &= \text{arc tan } 0,909 \\ &= 42,27 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= jd \cdot \cot \Theta \\ &= 0,5 \times \cot 42,27 \\ &= 0,55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= p \cdot a \\ &= 25,357 \times 0,55 \\ &= 13,948 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_A &= \frac{F}{2} \\ &= \frac{13,948 \times 11}{2} \\ &= 76,715 \text{ kN} \end{aligned}$$



Gambar 3.15 Pola perubahan gaya menjadi momen

Maka gaya momen dapat diperoleh dari hasil perkalian gaya dan jarak :

$$M = F1(a) + F2(b) + F3(a)$$

Sedangkan untuk gaya normal dapat diperoleh dengan mencari hasil resultan gaya horizontal dari gaya-gaya batang yang dipotong :

$$N = F2\cos\beta + F3 - F1$$

Dan untuk gaya lintang dapat diperoleh dengan mencari resultan gaya-gaya vertikal dari gaya-gaya batang yang dipotong :

$$D = F2\sin\beta$$

Perhitungan gaya dalam :

$$\begin{aligned}
 M &= F1 (a) + F2 (b) + F3 (a) \\
 &= 143,199 \times 0,250 + 106,697 \times 0,173 + 74,157 \times 0,250
 \end{aligned}$$

$$= 35,800 + 18,459 + 18,539$$

$$= 72,798 \text{ kNm}$$

$$N = F2 \cos\beta + F3 - F1$$

$$= 106,697 \times 0,695 + 74,157 - 143,199$$

$$= 5,116 \text{ kN}$$

$$D = F2 \sin\beta$$

$$= 106,697 \times 0,719$$

$$= 76,713 \text{ kN}$$

3.8.9 Pembebanan Balok Batang 18

Beban Mati (qd)

- Berat sendiri = $b_j \times h \times b = 2400 \times 0,6 \times 0,4 = 576,0 \text{ kg/m}$
 - Beban plat = $q_d \text{ plat} \times h_B = 417 \times 1,977 = 824,4 \text{ kg/m}$
 - Berat bata hebel = $b_j \text{ hebel} \times H \times b = 650 \times 3,4 \times 0,15 = \underline{331,5 \text{ kg/m}}$
- $q_d = 1731,9 \text{ kg/m}$

Beban Hidup (ql)

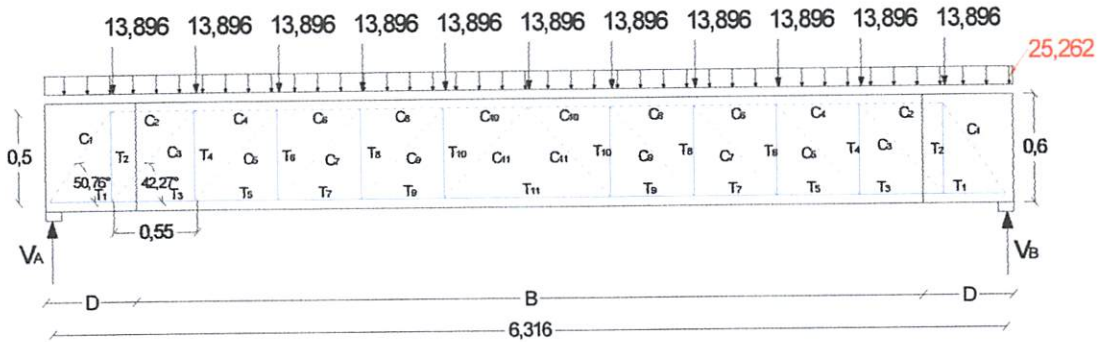
- Beban hidup pada hotel (PPIUG 1983) : $q_l = 250 \text{ kg/m}^2$

$$\text{Beban Terfaktor} = 1,2 q_d + 1,6 q_l$$

$$= 1,2 \times 1731,9 + 1,6 \times 250 = 2478,2 \text{ kg/m}$$

$$= 25,262 \text{ kN/m}$$

3.8.10 Perhitungan Strut and Tie Model Balok Batang 18



$$\begin{aligned} \Theta &= \text{arc tan } \frac{jd}{a} \\ &= \text{arc tan } \frac{0,5}{0,55} \\ &= \text{arc tan } 0,909 \\ &= 42,27 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= jd \cdot \cot \Theta \\ &= 0,5 \times \cot 42,27 \\ &= 0,55 \end{aligned}$$

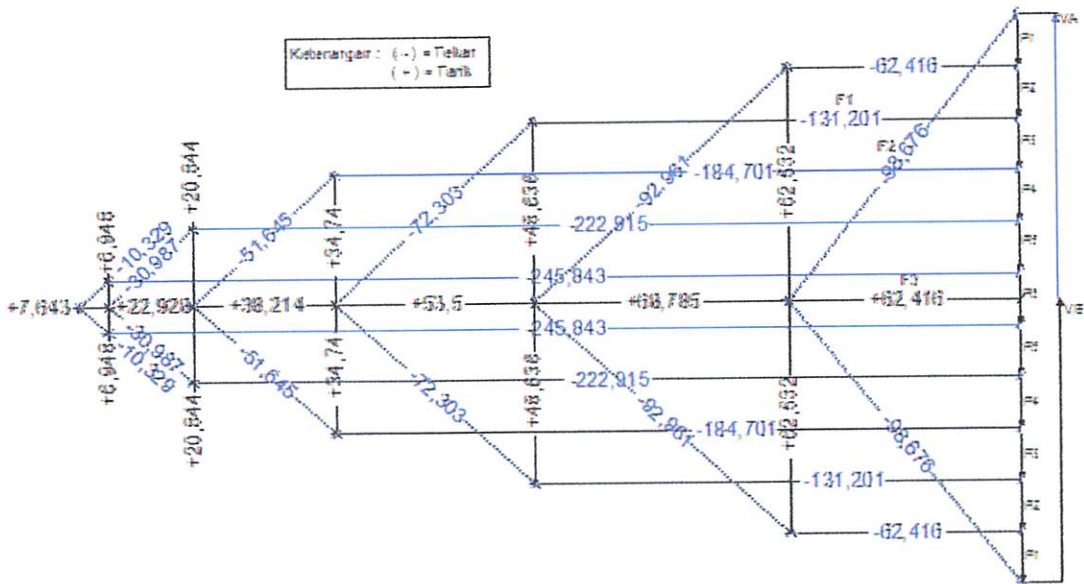
$$\begin{aligned} F &= p \cdot a \\ &= 25,262 \times 0,550 \\ &= 13,896 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_A &= \frac{F}{2} \\ &= \frac{13,896 \times 11}{2} \end{aligned}$$

$$= 76,428 \text{ kN}$$

$$V_B = 76,428 \text{ kN}$$

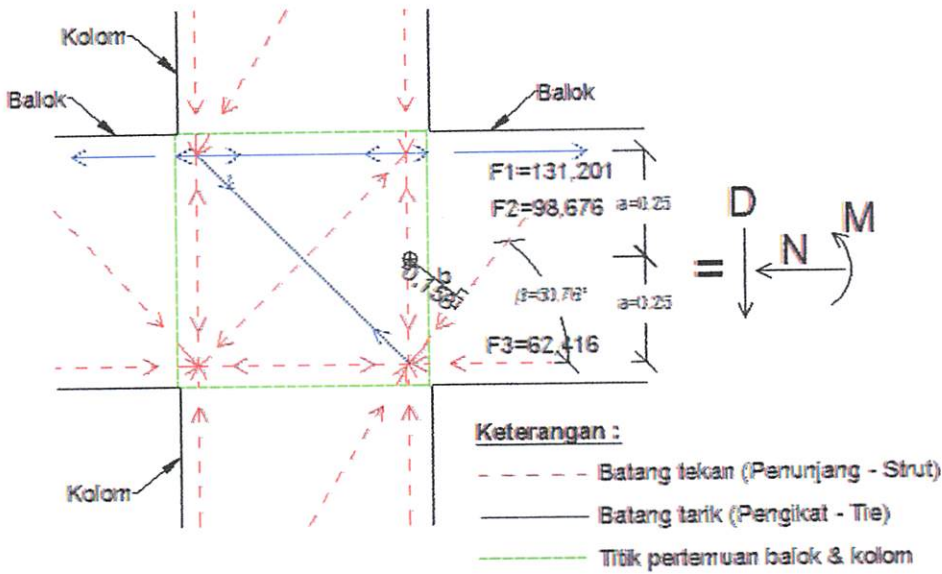
Setelah didapat VA dan VB dari hasil perhitungan diatas, maka dilanjutkan perhitungan gaya batang dengan menggunakan metode cremona seperti di bawah ini :



Gambar 3.16 Cremona rangka batang 18 titik 12

Setelah didapat gaya-gaya batang tersebut maka kita dapat mencari gaya-gaya dalam (Momen, Lintang dan Normal) dengan prinsip Ritter yaitu memotong titik yang di tinjau. Cara untuk mencari gaya dalam tersebut dapat di lihat melalui gambar di bawah ini.

Misalkan diambil sebuah titik perpotongan di bawah ini :



Gambar 3.17 Pola perubahan gaya menjadi momen

Maka gaya momen dapat diperoleh dari hasil perkalian gaya dan jarak :

$$M = F1(a) + F2(b) + F3(a)$$

Sedangkan untuk gaya normal dapat diperoleh dengan mencari hasil resultan gaya horizontal dari gaya-gaya batang yang dipotong :

$$N = F2\cos\beta + F3 - F1$$

Dan untuk gaya lintang dapat diperoleh dengan mencari resultan gaya-gaya vertikal dari gaya-gaya batang yang dipotong :

$$D = F2\sin\beta$$

Perhitungan gaya dalam :

$$\begin{aligned} M &= F1 (a) + F2 (b) + F3 (a) \\ &= 131,201 \times 0,250 + 98,676 \times 0,158 + 62,416 \times 0,250 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 32,800 + 15,591 + 15,604 \\
 &= 63,995 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N &= F2 \cos\beta + F3 - F1 \\
 &= 98,676 \times 0,633 + 62,416 - 131,201 \\
 &= -6,366 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 D &= F2 \sin\beta \\
 &= 98,676 \times 0,775 \\
 &= 76,425 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

3.9 Perhitungan Tulangan

Direncanakan penulangan pada balok batang 3 dengan data perencanaan sebagai berikut :

- $M_u = 45,028 \text{ kNm}$
- $d = 550 \text{ mm}$
- $b = 400 \text{ mm}$
- $f_c' = 30 \text{ MPa}$
- $f_y = 390 \text{ MPa}$

Direncanakan dengan tulangan pokok D19, dan bentang balok $L = 5250 \text{ mm}$.

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{45,028}{0,8} = 56,285 \text{ kNm}$$

$$M_n = 56,285 \text{ kNm} = 56284570 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As Perlu} &= \frac{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d}{f_y} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot Mn}{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot d^2}} \right) \\
 &= \frac{0,85 \cdot 30 \cdot 400 \cdot 550}{390} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 56284570}{0,85 \cdot 30 \cdot 400 \cdot 550^2}} \right) \\
 &= 14384,615 \times 0,018 = 264,837 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{As maks} = \frac{0,75 \times 0,85 \times f_c' \times \beta_1}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \times b \times d$$

$$f_c' = 30 \text{ MPa} \longrightarrow \beta_1 = 0,85 - [30 - 30] \times 0,05 / 7 = 0,85$$

$$\begin{aligned}
 \text{As maks} &= \frac{0,75 \times 0,85 \times 30 \times 0,85}{390} \times \frac{600}{600 + 390} \times 400 \times 550 \\
 &= 5557,692 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{As min} &= \frac{\sqrt{f_c'}}{4 f_y} \times b_w \times d \\
 &= \frac{\sqrt{30}}{4 \times 390} \times 400 \times 550 \\
 &= 772,429 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Dan tidak boleh lebih kecil dari :

$$\begin{aligned}
 \text{As min} &= \frac{1,4}{f_y} \times b_w \times d \\
 &= \frac{1,4}{390} \times 400 \times 550 \\
 &= 789,744 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= 264,837 \text{ mm}^2 < \text{As maks} &= 5557,692 \text{ mm}^2 \\ &< \text{As min} &= 772,429 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

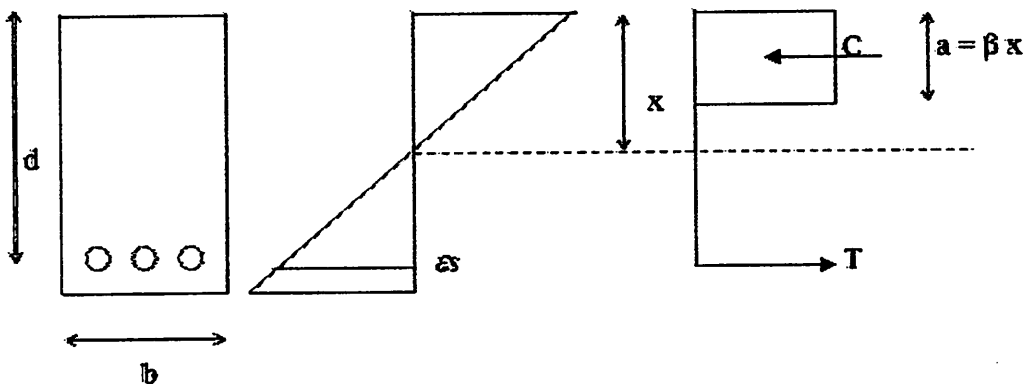
Dipakai tulangan diameter = D19

$$\begin{aligned} \text{As} &= \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \\ &= 283,39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= \text{As min} / \text{As} \\ &= 772,43 / 283,39 \end{aligned}$$

$$= 2,726 \text{ buah} \longrightarrow 3 \text{ buah}$$

Untuk penulangan pada batang lain di tabelkan.



Gambar 3.18 Gambar diagram tegangan

Dari perhitungan di atas didapat hasil penulangan yaitu 3 D19. Untuk bab selanjutnya akan dibandingkan dengan perhitungan menggunakan STAAD Pro 2004.

Tabel 3.1 Tabel penulangan batang

No. Batang	Batang 3	Batang 9	Batang 12	Batang 15	Batang 18
Mu	45,028 kNm	87,605 kNm	24,411 kNm	72,798 kNm	63,995 kNm
Mn	56284570 Nmm	109505990,0 Nmm	30513764 Nmm	90996976 Nmm	79993823 Nmm
d	550 mm	550 mm	550 mm	550 mm	550 mm
b	400 mm	400 mm	400 mm	400 mm	400 mm
Diameter Tulangan	D19	D19	D19	D19	D19
Selimut beton	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm	50 mm
fc'	30 MPa	30 MPa	30 MPa	30 MPa	30 MPa
fy	390 MPa	390 MPa	390 MPa	390 MPa	390 MPa
As perlu	264,837 mm ²	519,913 mm ²	142,966 mm ²	430,676 mm ²	377,895 mm ²
As maks	5557,692 mm ²	5557,692 mm ²	5557,692 mm ²	5557,692 mm ²	5557,692 mm ²
As min	772,429 mm ²	772,429 mm ²	772,429 mm ²	772,429 mm ²	772,429 mm ²
As	283,385 mm ²	283,385 mm ²	283,385 mm ²	283,385 mm ²	283,385 mm ²
n	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah	3 buah

BAB IV

ANALISA GAYA DALAM DENGAN PROGRAM STAAD PRO 2004

4.1 Umum

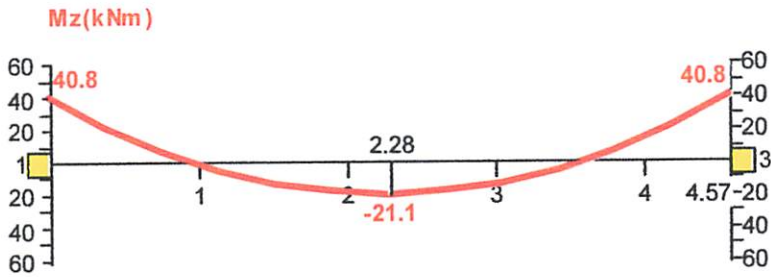
STAAD adalah singkatan dari *S*tructural *A*nalysis *A*nd *D*esign, yang dirilis oleh *Research Engineering* di Amerika. STAAD Pro merupakan salah satu program analisa struktur yang cukup populer di dunia dan banyak dipakai oleh konsultan-konsultan struktur diseluruh dunia. STAAD Pro 2004 menggunakan teknologi yang paling mutakhir dalam metode finite-element, dengan metode input yang sangat interaktif dan mudah. *Software* ini dibuat untuk memenuhi kebutuhan para *civil engineer* dalam menyelesaikan tugas-tugas yang berkaitan dengan analisa dan design struktur baik berupa struktur rangka (baja dan beton), *plate and shell*. STAAD pro merupakan sebuah *software* yang sangat baik dalam pemodelan struktur maupun dalam menampilkan output/hasil dari sebuah analisa struktur.

4.2 Perhitungan Dengan Staad Pro 2004

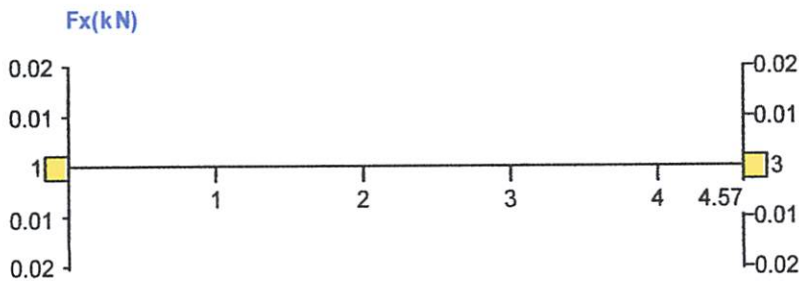
Setelah dilakukan perhitungan pada portal Ijen Padjajaran Suites Hotel Resort dengan menggunakan program bantu Staad Pro 2004 maka di dapatkan hasil gaya-gaya dalam dari beban kombinasi 1,2 beban mati + 1,6 beban hidup. Hasil gaya-gaya dalam dari perhitungan tersebut antara lain sebagai berikut :

1. Batang 3 titik 2

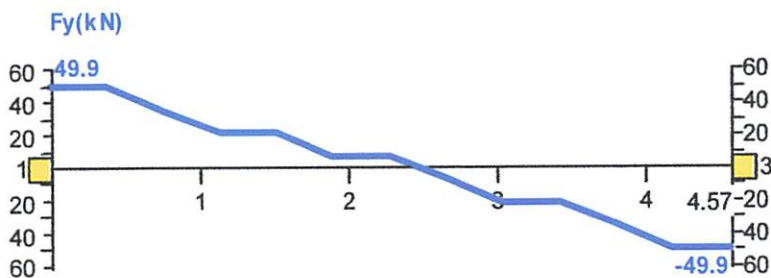
Hasil perhitungan gaya Momen (M) :



Hasil perhitungan gaya Normal (N) :



Hasil perhitungan gaya Lintang (D) :

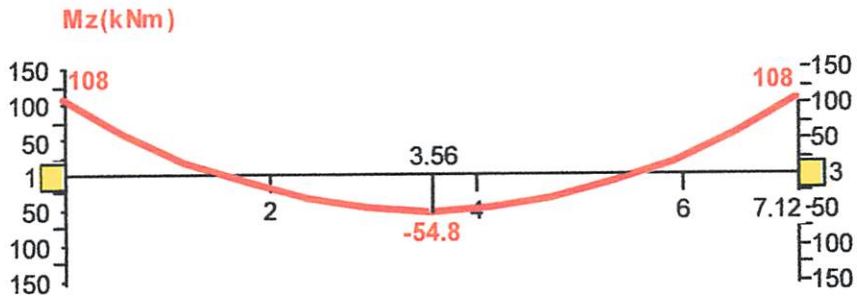


Rekapitulasi hasil gaya-gaya dalam :

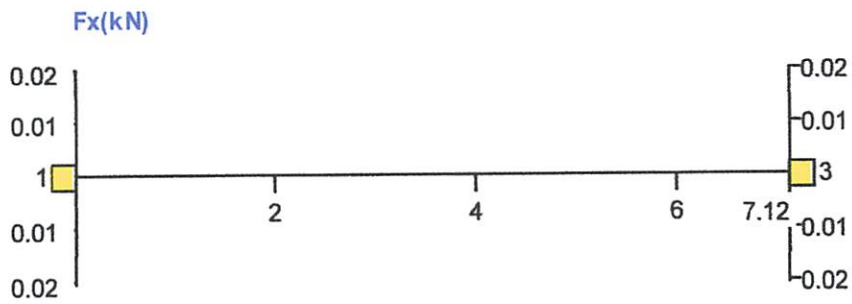
- Gaya Momen (M) : 40,757 kNm
- Gaya Normal (N) : 0,000 kN
- Gaya Lintang (D) : 49,872 kN

2. Batang 9 titik 6

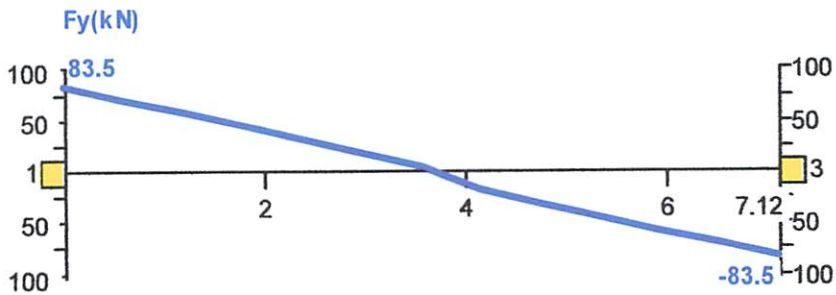
Hasil perhitungan gaya Momen (M) :



Hasil perhitungan gaya Normal (N) :



Hasil perhitungan gaya Lintang (D) :

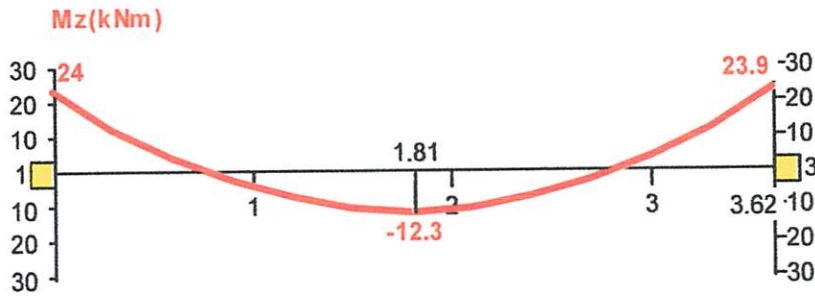


Rekapitulasi hasil gaya-gaya dalam :

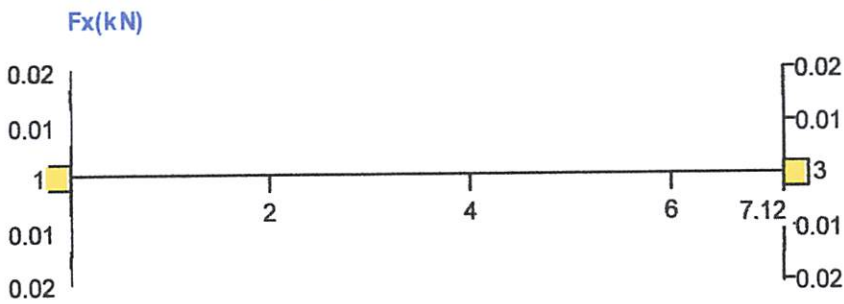
- Gaya Momen (M) : 107,526 kNm
- Gaya Normal (N) : 0,000 kN
- Gaya Lintang (D) : 83,538 kN

3. Batang 12 titik 8

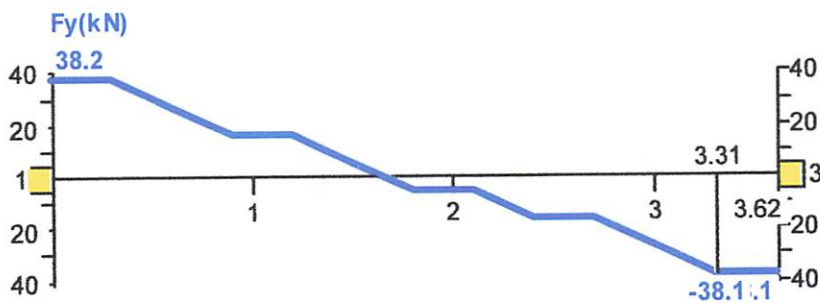
Hasil perhitungan gaya Momen (M) :



Hasil perhitungan gaya Normal (N) :



Hasil perhitungan gaya Lintang (D) :

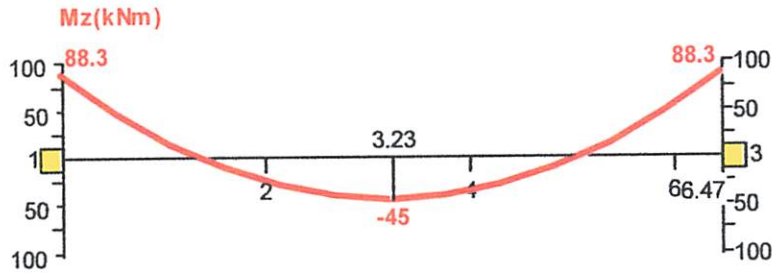


Rekapitulasi hasil gaya-gaya dalam :

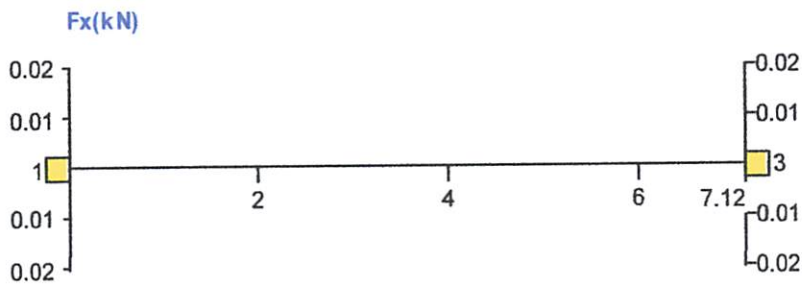
- a. Gaya Momen (M) : 38,206 kNm
- b. Gaya Normal (N) : 0,000 kN
- c. Gaya Lintang (D) : 23,978 kN

4. Batang 15 titik 10

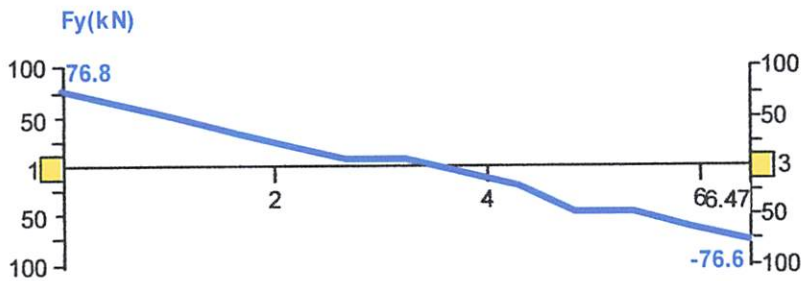
Hasil perhitungan gaya Momen (M) :



Hasil perhitungan gaya Normal (N) :



Hasil perhitungan gaya Lintang (D) :

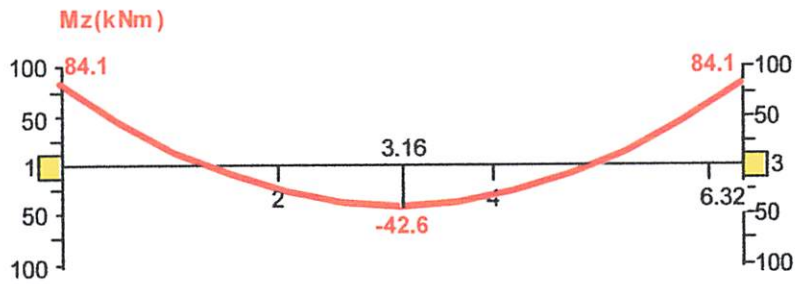


Rekapitulasi hasil gaya-gaya dalam :

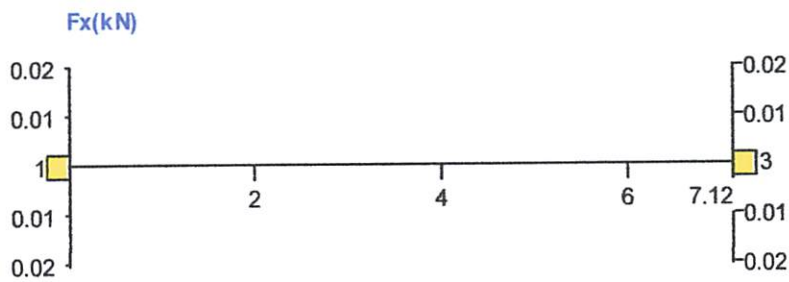
- Gaya Momen (M) : 88,336 kNm
- Gaya Normal (N) : 0,000 kN
- Gaya Lintang (D) : 76,835 kN

5. Batang 18 titik 12

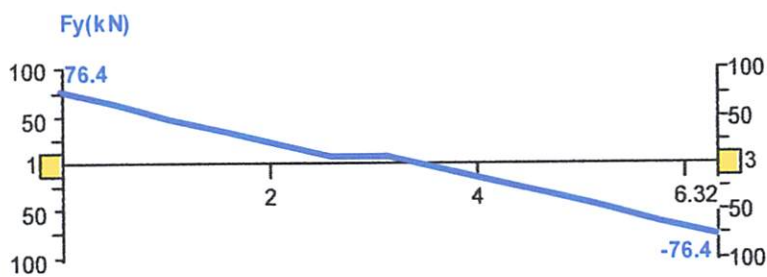
Hasil perhitungan gaya Momen (M) :



Hasil perhitungan gaya Normal (N) :



Hasil perhitungan gaya Lintang (D) :



Rekapitulasi hasil gaya-gaya dalam :

- a. Gaya Momen (M) : 84,075 kNm
- b. Gaya Normal (N) : 0,000 kN
- c. Gaya Lintang (D) : 76,428 kN

4.3 Perbandingan Hasil Perhitungan Gaya Dalam

Setelah didapat hasil perhitungan gaya dalam dengan menggunakan *Strut and Tie Model* dan program bantu STAAD Pro 2004, maka dari hasil perhitungan tersebut dibandingkan untuk mengetahui perbedaan dari hasil gaya-gaya dalam tersebut.

Tabel 4.1 Perbandingan hasil perhitungan gaya momen (M) antara strut and tie model dan STAAD Pro 2004

No.	No. Batang dan titik	Strut and Tie Model	STAAD Pro 2004
1	Batang 3 titik 2	45,028 kNm	40,757 kNm
2	Batang 9 titik 6	87,605 kNm	107,526 kNm
3	Batang 12 titik 8	24,411 kNm	38,206 kNm
4	Batang 15 titik 10	72,798 kNm	88,336 kNm
5	Batang 18 titik 12	63,995 kNm	84,075 kNm

Tabel 4.2 Perbandingan hasil perhitungan gaya normal (N) antara strut and tie model dan STAAD Pro 2004

No.	No. Batang dan titik	Strut and Tie Model	STAAD Pro 2004
1	Batang 3 titik 2	2,343 kN	0,000 kN
2	Batang 9 titik 6	22,591 kN	0,000 kN
3	Batang 12 titik 8	-3,915 kN	0,000 kN
4	Batang 15 titik 10	5,116 kN	0,000 kN
5	Batang 18 titik 12	-6,366 kN	0,000 kN

Tabel 4.3 Perbandingan hasil perhitungan gaya lintang (D) antara strut and tie model dan STAAD Pro 2004

No.	No. Batang dan titik	Strut and Tie Model	STAAD Pro 2004
1	Batang 3 titik 2	49,860 kN	49,872 kN
2	Batang 9 titik 6	92,338 kN	83,538 kN
3	Batang 12 titik 8	37,861 kN	23,978 kN
4	Batang 15 titik 10	76,713 kN	76,835 kN
5	Batang 18 titik 12	76,425 kN	76,428 kN

4.4 Perbandingan Perhitungan Penulangan

Dari hasil perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan STAAD Pro 2004 maka didapatkan hasil penulangan yaitu 7 D12. Karena hasil diameter besi dari perhitungan menggunakan STAAD Pro 2004 berbeda dengan perhitungan secara manual maka hasil diameter besi dari perhitungan STAAD Pro dikonversi ke besi diameter D19 dengan perhitungan sebagai berikut :

Dipakai diameter Tulangan = D 19

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2$$

$$= 283,39 \text{ mm}^2$$

$$n = A_{s \text{ min}} / A_s$$

$$= 772 / 283,39$$

$$= 2,726 \text{ buah} \longrightarrow 3 \text{ buah}$$

Dipakai diameter Tulangan = D 12

$$A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times 12^2$$

$$= 113,04 \text{ } 0$$

$$n = A_{s \text{ min}} / A_s$$

$$= 772 / 113,04$$

$$= 6,833 \text{ buah} \longrightarrow 7 \text{ buah}$$

Untuk mengkonversi kebutuhan tulangan maka A_s D19 dibagi dengan A_s D12.

$$= A_s \text{ D19} / A_s \text{ D12}$$

$$= 238,93 / 113,04$$

$$= 2,114 \text{ buah} \longrightarrow 3 \text{ buah}$$

Tabel 4.4 Perbandingan hasil perhitungan tulangan antara strut and tie model dan
STAAD Pro 2004

No.	No. Batang dan titik	Strut and Tie Model	STAAD Pro 2004
1	Batang 3 titik 2	3 D19	3 D19
2	Batang 9 titik 6	3 D19	3 D19
3	Batang 12 titik 8	3 D19	3 D19
4	Batang 15 titik 10	3 D19	3 D19
5	Batang 18 titik 12	3 D19	3 D19

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pembahasan diatas, dapat diketahui bahwa dalam perencanaan struktur dengan menggunakan *strut and tie model* ada beberapa tahapan yang harus di ikuti mulai dari penentuan daerah D dan B, membuat permodelan strut and tie dengan menentukan analogi rangka sesuai dengan pembebanan pada struktur dan perhitungan itu sendiri.

Untuk menghitung gaya dalam pada pertemuan balok dan kolom dengan menggunakan *strut and tie model*, dapat diketahui dengan menghitung gaya batang pada analogi rangka yang di asumsikan berdasarkan pembebanan yang bekerja pada balok tersebut. Untuk mencari gaya momen dapat diketahui dengan perkalian gaya dan jarak, kemudian gaya normal dapat diperoleh dengan mencari hasil resultan gaya horizontal dari gaya-gaya batang yang dipotong dan untuk mencari gaya lintang dapat diperoleh dengan mencari resultan gaya-gaya vertikal dari gaya-gaya batang yang dipotong. Dari hasil analisa gaya dalam dengan menggunakan *strut and tie model* dan hasil analisa gaya dalam yang diperoleh dengan program bantu STAAD Pro 2004 dapat dilihat sebagai berikut :

Perbandingan hasil perhitungan gaya momen (M) antara strut and tie model dan
STAAD Pro 2004

No.	No. Batang dan titik	Strut and Tie Model	STAAD Pro 2004
1	Batang 3 titik 2	45,028 kNm	40,757 kNm
2	Batang 9 titik 6	87,605 kNm	107,526 kNm
3	Batang 12 titik 8	24,411 kNm	38,206 kNm
4	Batang 15 titik 10	72,798 kNm	88,336 kNm
5	Batang 18 titik 12	63,995 kNm	84,075 kNm

Perbandingan hasil perhitungan gaya normal (N) antara strut and tie model dan
STAAD Pro 2004

No.	No. Batang dan titik	Strut and Tie Model	STAAD Pro 2004
1	Batang 3 titik 2	2,343 kN	0,000 kN
2	Batang 9 titik 6	22,591 kN	0,000 kN
3	Batang 12 titik 8	-3,915 kN	0,000 kN
4	Batang 15 titik 10	5,116 kN	0,000 kN
5	Batang 18 titik 12	-6,366 kN	0,000 kN

Perbandingan hasil perhitungan gaya lintang (D) antara strut and tie model dan
STAAD Pro 2004

No.	No. Batang dan titik	Strut and Tie Model	STAAD Pro 2004
1	Batang 3 titik 2	49,860 kN	49,872 kN
2	Batang 9 titik 6	92,338 kN	83,538 kN
3	Batang 12 titik 8	37,861 kN	23,978 kN
4	Batang 15 titik 10	76,713 kN	76,835 kN
5	Batang 18 titik 12	76,425 kN	76,428 kN

Dan hasil penulangan antara strut and tie model dan STAAD Pro 2004 adalah sebagai berikut :

No.	No. Batang dan titik	Strut and Tie Model	STAAD Pro 2004
1	Batang 3 titik 2	3 D19	3 D19
2	Batang 9 titik 6	3 D19	3 D19
3	Batang 12 titik 8	3 D19	3 D19
4	Batang 15 titik 10	3 D19	3 D19
5	Batang 18 titik 12	3 D19	3 D19

5.2 Saran

1. Dalam melakukan perencanaan struktur dengan menggunakan strut and tie model diharapkan memahami tentang pola penyebaran gaya dan asumsi analogi rangka yang dihasilkan dari pembebanan yang bekerja.

2. Karena masih sedikitnya literatur perencanaan struktur dengan metode ini di Indonesia, maka untuk perencanaan harus benar-benar paham dan melihat literatur dari peraturan internasional.
3. Untuk perencanaan selanjutnya diharapkan untuk membuat perbandingan dengan perencanaan yang sebenarnya supaya dapat memastikan metode ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Hariato, Hardjasaputra dan Steffie Tumilar (2002). “*Model Penunjang dan Pengikat (Strut and Tie Model) Pada Perancangan Struktur Beton*”, Universitas Pelita Harapan – Press. CV. Hidup Baru
- Hartoyo (2012). *Memprediksi Lendutan Menggunakan Strut And Tie Dengan Pendekatan Luas Tampang efektif* (internet). Digilib ITS, 2 Mei 2012 (diakses April 2014). Tersedia dari: <http://hartoyo.com/memprediksi-lendutan-menggunakan-strut-and-tie-dengan-pendekatan-luas-tampang-efektif>.
- Kotsovos dan Pavlovic (1995). *Analisa Gaya Dalam Pada Rigid Zone Pertemuan Balok dan Kolom Portal Beton Bertulang Dengan Menggunakan Model Strut and Tie* (internet). Lentera informasi pendidikan dan pengetahuan Indonesia, 17 Juni 2012 (diakses April 2014). Tersedia dari: <http://kotsovos.com/analisis-gaya-dalam-pada-rigid-zone-pertemuan-balok-dan-kolom-portal-beton-bertulang-dengan-menggunakan-model-strut-and-tie>.
- Pasaribu, Daniel (2009). *Analisa Gaya Dalam Pada Rigid Zone Pertemuan Balok dan Kolom Portal Beton Bertulang Dengan Menggunakan Model Strut and Tie* : Tugas Akhir
- Ritter (2002). *Model Penunjang Dan Pengikat (Strut And Tie Model) pada Rancangan Struktur Beton*. Universitas Pelita Harapan – Press. CV. Hidup Baru,.

LAMPIRAN

FORMATION
E 23-Jul-14
RMATION
79
N
NATES
.566 0 0;
ENCES

IAL START
NCRETE
07
'
616
'

MATERIAL
NCRETE MEMB 2
ERTY AMERICAN
.6 ZD 0.4

N TERPUSAT F

4.248 0.458
4.248 1.066
4.248 1.674
4.248 2.283
4.248 2.891
4.248 3.5
4.248 4.108

LYSIS
LYSIS
ETE DESIGN

KE

ALL
ALL
ALL
ALL
KE
KE
MB 2
00 MEMB 2
'
ALL
MN ALL
MN ALL
KE
KE
E DESIGN
LYSIS PRINT ALL

```
*****
*
*          STAAD.Pro
*          Version 2004    Bld 1001.INDIA
*          Proprietary Program of
*          Research Engineers, Intl.
*          Date=    SEP 19, 2014
*          Time=    23:16:56
*
*          USER ID: Snow Panther [LZ0]
*****
```

```
LE: Batang I.STD
STAAD PLANE
START JOB INFORMATION
ENGINEER DATE 23-JUL-14
END JOB INFORMATION
INPUT WIDTH 79
UNIT METER KN
JOINT COORDINATES
1 0 0 0; 3 4.566 0 0
MEMBER INCIDENCES
2 1 3
DEFINE MATERIAL START
ISOTROPIC CONCRETE
E 2.17185E+007
POISSON 0.17
DENSITY 23.5616
ALPHA 1E-005
DAMP 0.05
END DEFINE MATERIAL
CONSTANTS
MATERIAL CONCRETE MEMB 2
MEMBER PROPERTY AMERICAN
2 PRIS YD 0.6 ZD 0.4
SUPPORTS
1 3 FIXED
LOAD 1 BEBAN TERPUSAT F
```

```
STAAD.Pro WARNING - ALL DEGREES OF FREEDOM FIXED.
STAAD WILL RELEASE MOMENT-X AT FIRST JOINT ENTERED.
```

```
MEMBER LOAD
2 CON GY -14.248 0.458
2 CON GY -14.248 1.066
2 CON GY -14.248 1.674
2 CON GY -14.248 2.283
2 CON GY -14.248 2.891
2 CON GY -14.248 3.5
2 CON GY -14.248 4.108
PERFORM ANALYSIS
```

P R O B L E M S T A T I S T I C S

NUMBER OF JOINTS/MEMBER+ELEMENTS/SUPPORTS = 2/ 1/ 2
INITIAL/FINAL BAND-WIDTH= 1/ 1/ 1 DOF
TOTAL PRIMARY LOAD CASES = 1, TOTAL DEGREES OF FREEDOM = 1
SIZE OF STIFFNESS MATRIX = 0 DOUBLE KILO-WORDS
INITIAL/AVAIL. DISK SPACE = 12.0/ 20276.8 MB, EXMEM = 2732.0 MB

PERFORM ANALYSIS

START CONCRETE DESIGN
CODE ACI
CONCRETE TAKE
TRACK 1 ALL
TRACK 1 ALL
DESIGN BEAM ALL

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - FLEKURE PER CODE ACI 318-02

4566. MM FY - 414. FC - 28. MPA, SIZE - 400. X 600. MMS

HEIGHT (MM)	BAR INFO	FROM (MM)	TO (MM)	ANCHOR	
				STA	END

57.	7 - 12MM	639.	3737.	NO	NO
-----	----------	------	-------	----	----

CRITICAL POS MOMENT= 21.08 KN-MET AT 2283.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 724.MM2, ROW=0.0033, ROWMX=0.0214 ROWMN=0.0033 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 169./ 312. MMS |

Checked Moment of Inertia Iz at above location = 137016.7 cm⁴

543.	7 - 12MM	0.	1205.	YES	NO
------	----------	----	-------	-----	----

CRITICAL NEG MOMENT= 40.76 KN-MET AT 0.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 724.MM2, ROW=0.0033, ROWMX=0.0214 ROWMN=0.0033 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 169./ 444. MMS |

Checked Moment of Inertia Iz at above location = 137016.7 cm⁴

543.	7 - 12MM	3171.	4566.	NO	YES
------	----------	-------	-------	----	-----

CRITICAL NEG MOMENT= 40.75 KN-MET AT 4566.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 724.MM2, ROW=0.0033, ROWMX=0.0214 ROWMN=0.0033 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 169./ 444. MMS |

Checked Moment of Inertia Iz at above location = 137016.7 cm⁴

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - SHEAR

START SUPPORT - Vu= 39.83 KNS Vc= 196.71 KNS Vs= 0.00 KNS
 0.00 KN-MET Tc= 9.4 KN-MET Ts= 0.0 KN-MET LOAD 1
 STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.
 END SUPPORT - Vu= 39.82 KNS Vc= 196.71 KNS Vs= 0.00 KNS
 0.00 KN-MET Tc= 9.4 KN-MET Ts= 0.0 KN-MET LOAD 1
 STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.

PLANE

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - FLEXURE PER CODE ACI 318-02
4566. MM FY - 414. FC - 28. MPA, SIZE - 400. X 600. MMS

HEIGHT (MM)	BAR INFO	FROM (MM)	TO (MM)	ANCHOR	
				STA	END

57.	7 - 12MM	639.	3737.	NO	NO
-----	----------	------	-------	----	----

 CRITICAL POS MOMENT= 21.08 KN-MET AT 2283.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 724.MM2, ROW=0.0033, ROWMX=0.0214 ROWMN=0.0033 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 169./ 312. MMS

Checked Moment of Inertia Iz at above location = 137016.7 cm⁴

543.	7 - 12MM	0.	1205.	YES	NO
------	----------	----	-------	-----	----

 CRITICAL NEG MOMENT= 40.76 KN-MET AT 0.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 724.MM2, ROW=0.0033, ROWMX=0.0214 ROWMN=0.0033 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 169./ 444. MMS

Checked Moment of Inertia Iz at above location = 137016.7 cm⁴

543.	7 - 12MM	3171.	4566.	NO	YES
------	----------	-------	-------	----	-----

 CRITICAL NEG MOMENT= 40.75 KN-MET AT 4566.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 724.MM2, ROW=0.0033, ROWMX=0.0214 ROWMN=0.0033 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 169./ 444. MMS

Checked Moment of Inertia Iz at above location = 137016.7 cm⁴

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - SHEAR

START SUPPORT - Vu= 39.83 KNS Vc= 196.71 KNS Vs= 0.00 KNS
 0.00 KN-MET Tc= 9.4 KN-MET Ts= 0.0 KN-MET LOAD 1
 STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.
 END SUPPORT - Vu= 39.82 KNS Vc= 196.71 KNS Vs= 0.00 KNS
 0.00 KN-MET Tc= 9.4 KN-MET Ts= 0.0 KN-MET LOAD 1
 STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.

PLANE

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - FLEKURE PER CODE ACI 318-02

4566. MM FY - 414. FC - 28. MPA, SIZE - 400. X 600. MMS

HEIGHT (MM)	BAR INFO	FROM (MM)	TO (MM)	ANCHOR STA	END
-------------	----------	-----------	---------	------------	-----

57.	7 - 12MM	639.	3737.	NO	NO
-----	----------	------	-------	----	----

CRITICAL POS MOMENT= 21.08 KN-MET AT 2283.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 724.MM2, ROW=0.0033, ROWMX=0.0214 ROWMN=0.0033 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 169./ 312. MMS |

Checked Moment of Inertia Iz at above location = 137016.7 cm⁴

543.	7 - 12MM	0.	1205.	YES	NO
------	----------	----	-------	-----	----

CRITICAL NEG MOMENT= 40.76 KN-MET AT 0.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 724.MM2, ROW=0.0033, ROWMX=0.0214 ROWMN=0.0033 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 169./ 444. MMS |

Checked Moment of Inertia Iz at above location = 137016.7 cm⁴

543.	7 - 12MM	3171.	4566.	NO	YES
------	----------	-------	-------	----	-----

CRITICAL NEG MOMENT= 40.75 KN-MET AT 4566.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 724.MM2, ROW=0.0033, ROWMX=0.0214 ROWMN=0.0033 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 169./ 444. MMS |

Checked Moment of Inertia Iz at above location = 137016.7 cm⁴

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - SHEAR

START SUPPORT - Vu= 39.83 KNS Vc= 196.71 KNS Vb= 0.00 KNS
 0.00 KN-MET Tc= 9.4 KN-MET Tb= 0.0 KN-MET LOAD 1
 STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.
 END SUPPORT - Vu= 39.82 KNS Vc= 196.71 KNS Vb= 0.00 KNS
 0.00 KN-MET Tc= 9.4 KN-MET Tb= 0.0 KN-MET LOAD 1
 STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.

PLANE

J _____ 4566X 400X 600 _____ 3J _____

```

=====
H 543. 0.TO 1205          7No12 H 543.3171.TO 4566
=====
7No12 H 57. 639.TO 3737
=====

```

DO	0000000 7#12			0000000 7#12	0000000 7#12
	7#12 0000000	7#12 0000000	7#12 0000000	7#12 0000000	

*****END OF BEAM DESIGN*****

DESIGN BEAM ALL

PLANE

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - FLEXURE PER CODE ACI 318-02

4566. MM FY - 414. FC - 28. MPA, SIZE - 400. X 600. MMS

HEIGHT (MM)	BAR INFO	FROM (MM)	TO (MM)	ANCHOR STA	END
----------------	----------	--------------	------------	---------------	-----

57.	7 - 12MM	639.	3737.	NO	NO
-----	----------	------	-------	----	----

CRITICAL POS MOMENT= 21.08 KN-MET AT 2283.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 724.MM2, ROW=0.0033, ROWMX=0.0214 ROWMN=0.0033 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 169./ 312. MMS |

Checked Moment of Inertia Iz at above location = 137016.7 cm⁴

543.	7 - 12MM	0.	1205.	YES	NO
------	----------	----	-------	-----	----

CRITICAL NEG MOMENT= 40.76 KN-MET AT 0.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 724.MM2, ROW=0.0033, ROWMX=0.0214 ROWMN=0.0033 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 169./ 444. MMS |

Checked Moment of Inertia Iz at above location = 137016.7 cm⁴

543.	7 - 12MM	3171.	4566.	NO	YES
------	----------	-------	-------	----	-----

CRITICAL NEG MOMENT= 40.75 KN-MET AT 4566.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 724.MM2, ROW=0.0033, ROWMX=0.0214 ROWMN=0.0033 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 169./ 444. MMS |

Checked Moment of Inertia Iz at above location = 137016.7 cm⁴

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - SHEAR

START SUPPORT - Vu= 39.83 KNS Vc= 196.71 KNS Vs= 0.00 KNS
 0.00 KN-MET Tc= 9.4 KN-MET Ts= 0.0 KN-MET LOAD 1
 STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.
 END SUPPORT - Vu= 39.82 KNS Vc= 196.71 KNS Vs= 0.00 KNS
 0.00 KN-MET Tc= 9.4 KN-MET Ts= 0.0 KN-MET LOAD 1
 STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.

PLANE

```

J _____ 4566X 400X 600 _____ 3J _____
=====
H 543. 0.TO 1205                7No12 H 543.3171.TO 4566
=====
7No12 H 57. 639.TO 3737
=====

```

oo	ooooooo 7#12			ooooooo 7#12	ooooooo 7#12
	7#12 ooooooo	7#12 ooooooo	7#12 ooooooo	7#12 ooooooo	

*****END OF BEAM DESIGN*****

CONCRETE TAKE
CONCRETE TAKE
FC 30000 MEMB 2
FYMAIN 390000 MEMB 2
TRACK 1 ALL
DESIGN BEAM ALL

PLANE

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - FLEKURE PER CODE ACI 318-02

4566. MM FY - 390. FC - 30. MPA, SIZE - 400. X 600. MMS

HEIGHT (MM)	BAR INFO	FROM (MM)	TO (MM)	ANCHOR STA	END
----------------	----------	--------------	------------	---------------	-----

57.	7 - 12MM	652.	3724.	NO	NO
-----	----------	------	-------	----	----

 CRITICAL POS MOMENT= 21.08 KN-MET AT 2283.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 768.MM2, ROW=0.0035, ROWMX=0.0247 ROWMN=0.0035 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 153./ 300. MMS

Checked Moment of Inertia Iz at above location = 132217.6 cm⁴

543.	7 - 12MM	0.	1162.	YES	NO
------	----------	----	-------	-----	----

 CRITICAL NEG MOMENT= 40.76 KN-MET AT 0.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 768.MM2, ROW=0.0035, ROWMX=0.0247 ROWMN=0.0035 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 153./ 401. MMS

Checked Moment of Inertia Iz at above location = 132217.6 cm⁴

543.	7 - 12MM	3213.	4566.	NO	YES
------	----------	-------	-------	----	-----

 CRITICAL NEG MOMENT= 40.75 KN-MET AT 4566.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 768.MM2, ROW=0.0035, ROWMX=0.0247 ROWMN=0.0035 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 153./ 401. MMS

Checked Moment of Inertia Iz at above location = 132217.6 cm⁴

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - SHEAR

START SUPPORT - Vu= 39.83 KNS Vc= 205.39 KNS Vs= 0.00 KNS
 0.00 KN-MET Tc= 9.8 KN-MET Ts= 0.0 KN-MET LOAD 1
 STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.
 END SUPPORT - Vu= 39.82 KNS Vc= 205.39 KNS Vs= 0.00 KNS
 0.00 KN-MET Tc= 9.8 KN-MET Ts= 0.0 KN-MET LOAD 1
 STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.

PLANE

4566X 400X 600 3J
=====|
H 543. 0.TO 1162 7No12 H 543.3213.TO 4566 |
7No12 H 57. 652.TO 3724
=====|

oo	ooooooo 7#12			ooooooo 7#12	ooooooo 7#12
	7#12 ooooooo	7#12 ooooooo	7#12 ooooooo	7#12 ooooooo	

*****END OF BEAM DESIGN*****

DESIGN COLUMN ALL

PLANE

=====

COLUMN NO. 2 DESIGN PER ACI 318-02 - AXIAL + BENDING

390.0 FC - 30.0 MPA, RECT SIZE - 400.0 X 600.0 MMS, TIED

ONLY MINIMUM STEEL IS REQUIRED.

AREA OF STEEL REQUIRED = 2400.0 SQ. MM

CONFIGURATION	REINF PCT.	LOAD	LOCATION	PHI
16 MM	1.005	1	END	0.650

(TIE EQUAL NUMBER OF BARS ON EACH FACE)

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Z -AXIS (KN-MET)

	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
0.45	5599.56	2870.58	620.34	216.1
0.10	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
0.49	-940.98	0.00	62.69	-Inf

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Y -AXIS (KN-MET)

	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
0.45	5599.56	2733.25	401.26	146.8
0.10	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
0.22	-940.98	0.00	0.00	NaN

*****END OF COLUMN DESIGN RESULTS*****

DESIGN COLUMN ALL

PLANE

 COLUMN NO. 2 DESIGN PER ACI 318-02 - AXIAL + BENDING

390.0 FC - 30.0 MPA, RECT SIZE - 400.0 X 600.0 MMS, TIED

ONLY MINIMUM STEEL IS REQUIRED.

AREA OF STEEL REQUIRED = 2400.0 SQ. MM

CONFIGURATION	REINF PCT.	LOAD	LOCATION	PHI
16 MM	1.005	1	END	0.650

(USE EQUAL NUMBER OF BARS ON EACH FACE)

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Z -AXIS (KN-MET)

	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
0.45	5599.56	2870.58	620.34	216.1
0.10	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
0.49	-940.98	0.00	62.69	-Inf

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Y -AXIS (KN-MET)

	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
0.45	5599.56	2733.25	401.26	146.8
0.10	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
0.22	-940.98	0.00	0.00	NaN

*****END OF COLUMN DESIGN RESULTS*****

CONCRETE TAKE
 CONCRETE TAKE
 END CONCRETE DESIGN

PLANE

***** CONCRETE TAKE OFF *****
(FOR BEAMS AND COLUMNS DESIGNED ABOVE)

TOTAL VOLUME OF CONCRETE = 270.89 CU.FT

BAR SIZE NUMBER	WEIGHT (in lbs)
12	387.95
16	380.51
*** TOTAL=	768.46

PERFORM ANALYSIS PRINT ALL

PLANE

1 BEBAN TERPUSAT F

R LOAD - UNIT KN METE

R	UDL	L1	L2	CON	L	LIN1	LIN2
				-14.248 GY	0.46		
				-14.248 GY	1.07		
				-14.248 GY	1.67		
				-14.248 GY	2.28		
				-14.248 GY	2.89		
				-14.248 GY	3.50		
				-14.248 GY	4.11		

ING - 1

JOINT EQUIVALENT LOADS

FORCE-X	FORCE-Y	FORCE-Z	MOM-X	MOM-Y	MOM-Z
0.00000E+00	-4.98723E+01	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	-4.07570E+01
0.00000E+00	-4.98637E+01	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00	4.07514E+01

STATIC LOAD/REACTION/EQUILIBRIUM SUMMARY FOR CASE NO. 1

BEBAN TERPUSAT F

TOTAL APPLIED LOAD (KN METE) SUMMARY (LOADING 1)

SUMMATION FORCE-X =	0.00
SUMMATION FORCE-Y =	-99.74
SUMMATION FORCE-Z =	0.00

SUMMATION OF MOMENTS AROUND THE ORIGIN-

K=	0.00	MY=	0.00	MZ=	-227.68
----	------	-----	------	-----	---------

TOTAL REACTION LOAD (KN METE) SUMMARY (LOADING 1)

SUMMATION FORCE-X =	0.00
SUMMATION FORCE-Y =	99.74
SUMMATION FORCE-Z =	0.00

SUMMATION OF MOMENTS AROUND THE ORIGIN-

K=	0.00	MY=	0.00	MZ=	227.68
----	------	-----	------	-----	--------

TOTAL DISPLACEMENTS (CM /RADIANS) (LOADING 1)

MAXIMUMS	AT NODE
X= 0.00000E+00	0
Y= 0.00000E+00	0
Z= 0.00000E+00	0
K= 0.00000E+00	0
Y= 0.00000E+00	0
Z= 0.00000E+00	0

D PLANE

NAL AND INTERNAL JOINT LOAD SUMMARY (KN METE)-

EXT FX/ INT FX	EXT FY/ INT FY	EXT FZ/ INT FZ	EXT MX/ INT MX	EXT MY/ INT MY	EXT MZ/ INT MZ	
						SUPPORT=1
0.00	-49.87	0.00	0.00	0.00	-40.76	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	111011
0.00	-49.86	0.00	0.00	0.00	40.75	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	111111

***** END OF DATA FROM INTERNAL STORAGE *****

FINISH

***** END OF THE STAAD.Pro RUN *****

**** DATE= SEP 19,2014 TIME= 23:16:57 ****

* For questions on STAAD.Pro, *


* Please contact : Research Engineers Ltd. *

* E2/4,Block GP, Sector-V,Salt Lake, KOLKATA - 700 091 *

* India : TEL:(033)2357-3575 FAX:(033)2357-3467 *

* email : support@calcutta.reiusa.com *

* US : Ph-(714) 974-2500, Fax-(714) 921-0683 *

 Software licensed to Snow Panther [LZ0]	Job No	Sheet No 1	Rev
	Part		
Job Title	Ref		
	By	Date 23-Jul-14	Chd
Client	File Batang I.std	Date/Time 19-Sep-2014 22:30	

Beam End Forces

Sign convention is as the action of the joint on the beam.

Beam	Node	L/C	Axial	Shear		Torsion	Bending	
			Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
2	1	1:BEBAN TERI	0.000	49.872	0.000	0.000	0.000	40.757
	3	1:BEBAN TERI	0.000	49.864	0.000	0.000	0.000	-40.751

INFORMATION
DATE 23-Jul-14
INFORMATION
: 79
KN
MINUTES
7.116 0 0;
REFERENCES

SERIAL START
CONCRETE
-007
.7
5616
05

MATERIAL
CONCRETE MEMB 2
PROPERTY AMERICAN
0.6 ZD 0.4

AN TERPUSAT (F)
0
12.852 0.558
12.852 1.058
12.852 1.558
12.852 2.058
12.852 3.058
12.852 2.558
12.852 3.558
12.852 4.058
12.852 4.558
12.852 5.058
12.852 5.558
12.852 6.058
12.852 6.558

ANALYSIS
RETE DESIGN

000 MEMB 2
L
MEMB 2
M ALL
UMN ALL
UMN ALL
UMN ALL
AKE
AKE
AKE
RETE DESIGN

```
*****
*
*          STAAD.Pro
*          Version 2004   Bld 1001.INDIA
*          Proprietary Program of
*          Research Engineers, Intl.
*          Date=   SEP 19, 2014
*          Time=   23:21:14
*
*          USER ID: Snow Panther [LZ0]
*****
```

```
[LE: Batang II.STD
STAAD PLANE
START JOB INFORMATION
ENGINEER DATE 23-JUL-14
END JOB INFORMATION
INPUT WIDTH 79
UNIT METER KN
JOINT COORDINATES
1 0 0 0; 3 7.116 0 0
MEMBER INCIDENCES
2 1 3
DEFINE MATERIAL START
ISOTROPIC CONCRETE
E 2.17185E+007
POISSON 0.17
DENSITY 23.5616
ALPHA 1E-005
DAMP 0.05
END DEFINE MATERIAL
CONSTANTS
MATERIAL CONCRETE MEMB 2
MEMBER PROPERTY AMERICAN
2 PRIS YD 0.6 ZD 0.4
SUPPORTS
1 3 FIXED
LOAD 1 BEBAN TERPUSAT (F)
```

```
TAAD.Pro WARNING - ALL DEGREES OF FREEDOM FIXED.
STAAD WILL RELEASE MOMENT-X AT FIRST JOINT ENTERED.
```

```
MEMBER LOAD
2 CON GY -12.852 0.558
2 CON GY -12.852 1.058
2 CON GY -12.852 1.558
2 CON GY -12.852 2.058
2 CON GY -12.852 3.058
2 CON GY -12.852 2.558
2 CON GY -12.852 3.558
2 CON GY -12.852 4.058
2 CON GY -12.852 4.558
2 CON GY -12.852 5.058
```

D PLANE

-- PAGE NO. 2

2 CON GY -12.852 5.558
2 CON GY -12.852 6.058
2 CON GY -12.852 6.558
PERFORM ANALYSIS

P R O B L E M S T A T I S T I C S

NUMBER OF JOINTS/MEMBER+ELEMENTS/SUPPORTS = 2/ 1/ 2
INITIAL/FINAL BAND-WIDTH= 1/ 1/ 1 DOF
TOTAL PRIMARY LOAD CASES = 1, TOTAL DEGREES OF FREEDOM = 1
SIZE OF STIFFNESS MATRIX = 0 DOUBLE KILO-WORDS
USED/AVAIL. DISK SPACE = 12.0/ 20276.8 MB, EXMEM = 2789.7 MB

START CONCRETE DESIGN
CODE ACI
FYMAIN 390000 MEMB 2
TRACK 1 ALL
FC 30000 MEMB 2
DESIGN BEAM ALL

=====

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - FLEKURE PER CODE ACI 318-02

7116. MM FY - 390. FC - 30. MPA, SIZE - 400. X 600. MMS

HEIGHT (MM)	BAR INFO	FROM (MM)	TO (MM)	ANCHOR	
				STA	END

57.	7 - 12MM	1183.	5637.	NO	NO
-----	----------	-------	-------	----	----

-----|

CRITICAL POS MOMENT= 54.76 KN-MET AT 3558.MM, LOAD 1|

REQD STEEL= 768.MM2, ROW=0.0035, ROWMX=0.0247 ROWMN=0.0035 |

MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |

BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 153./ 300. MMS |

-----|

acked Moment of Inertia Iz at above location = 132217.6 cm⁴

543.	7 - 12MM	0.	1587.	YES	NO
------	----------	----	-------	-----	----

-----|

CRITICAL NEG MOMENT= 107.53 KN-MET AT 0.MM, LOAD 1|

REQD STEEL= 768.MM2, ROW=0.0035, ROWMX=0.0247 ROWMN=0.0035 |

MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |

BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 153./ 401. MMS |

-----|

acked Moment of Inertia Iz at above location = 132217.6 cm⁴

543.	7 - 12MM	5232.	7116.	NO	YES
------	----------	-------	-------	----	-----

-----|

CRITICAL NEG MOMENT= 107.53 KN-MET AT 7116.MM, LOAD 1|

REQD STEEL= 768.MM2, ROW=0.0035, ROWMX=0.0247 ROWMN=0.0035 |

MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |

BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 153./ 401. MMS |

-----|

acked Moment of Inertia Iz at above location = 132217.6 cm⁴

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - SHEAR

START SUPPORT - Vu= 71.91 KNS Vc= 200.53 KNS Vs= 0.00 KNS

0.00 KN-MET Tc= 9.8 KN-MET Ts= 0.0 KN-MET LOAD 1

STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.

END SUPPORT - Vu= 71.91 KNS Vc= 200.53 KNS Vs= 0.00 KNS

0.00 KN-MET Tc= 9.8 KN-MET Ts= 0.0 KN-MET LOAD 1

STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.

D PLANE

1J _____ 7116X 400X 600 _____ 3J _____

```

=====
H 543. 0.TO 1587
7No12 H 57.1183.TO 5637
=====
7No12 H 543.5232.TO 7116
=====

```

000	0000000 7#12			0000000 7#12	0000000 7#12
	7#12 0000000	7#12 0000000	7#12 0000000		

*****END OF BEAM DESIGN*****

DESIGN COLUMN ALL

=====

COLUMN NO. 2 DESIGN PER ACI 318-02 - AXIAL + BENDING

390.0 FC - 30.0 MPA, RECT SIZE - 400.0 X 600.0 MMS, TIED

ONLY MINIMUM STEEL IS REQUIRED.
 AREA OF STEEL REQUIRED = 2400.0 SQ. MM

CONFIGURATION	REINF PCT.	LOAD	LOCATION	PHI
16 MM	1.005	1	END	0.650

(USE EQUAL NUMBER OF BARS ON EACH FACE)

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Z -AXIS (KN-MET)

	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
9.45	5599.56	2870.58	620.34	216.1
MO	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
9.49	-940.98	0.00	165.42	-Inf

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Y -AXIS (KN-MET)

	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
9.45	5599.56	2733.25	401.26	146.8
MO	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
0.22	-940.98	0.00	0.00	NaN

*****END OF COLUMN DESIGN RESULTS*****

DESIGN COLUMN ALL

=====

COLUMN NO. 2 DESIGN PER ACI 318-02 - AXIAL + BENDING

390.0 FC - 30.0 MPA, RECT SIZE - 400.0 X 600.0 MMS, TIED

ONLY MINIMUM STEEL IS REQUIRED.
 AREA OF STEEL REQUIRED = 2400.0 SQ. MM

CONFIGURATION	REINF PCT.	LOAD	LOCATION	PHI
16 MM	1.005	1	END	0.650

(USE EQUAL NUMBER OF BARS ON EACH FACE)

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Z -AXIS (KN-MET)

	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
0.45	5599.56	2870.58	620.34	216.1
0.40	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
0.49	-940.98	0.00	165.42	-Inf

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Y -AXIS (KN-MET)

	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
0.45	5599.56	2733.25	401.26	146.8
0.40	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
0.22	-940.98	0.00	0.00	NaN

*****END OF COLUMN DESIGN RESULTS*****

DESIGN COLUMN ALL

=====

COLUMN NO. 2 DESIGN PER ACI 318-02 - AXIAL + BENDING

390.0 FC - 30.0 MPA, RECT SIZE - 400.0 X 600.0 MMS, TIED

ONLY MINIMUM STEEL IS REQUIRED.
 AREA OF STEEL REQUIRED = 2400.0 SQ. MM

CONFIGURATION	REINF PCT.	LOAD	LOCATION	PHI
- 16 MM	1.005	1	END	0.650

(GIVE EQUAL NUMBER OF BARS ON EACH FACE)

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Z -AXIS (KN-MET)

	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
0				
9.45	5599.56	2870.58	620.34	216.1
M0	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
9.49	-940.98	0.00	165.42	-Inf

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Y -AXIS (KN-MET)

	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
0				
9.45	5599.56	2733.25	401.26	146.8
M0	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
0.22	-940.98	0.00	0.00	NaN

*****END OF COLUMN DESIGN RESULTS*****

CONCRETE TAKE
 CONCRETE TAKE
 CONCRETE TAKE
 END CONCRETE DESIGN

***** CONCRETE TAKE OFF *****
 (FOR BEAMS AND COLUMNS DESIGNED ABOVE)

TOTAL VOLUME OF CONCRETE = 241.25 CU.FT

BAR SIZE NUMBER	WEIGHT (in lbs)
12	108.33
16	889.53
*** TOTAL=	997.85

FINISH

***** END OF THE STAAD.Pro RUN *****

**** DATE= SEP 19,2014 TIME= 23:21:14 ****

 * For questions on STAAD.Pro, *
 * Please contact : Research Engineers Ltd. *
 * E2/4,Block GP, Sector-V,Salt Lake, KOLKATA - 700 091 *
 * India : TEL:(033)2357-3575 FAX:(033)2357-3467 *
 * email : support@calcutta.reiusa.com *
 * US : Ph-(714) 974-2500, Fax-(714) 921-0683 *



Software licensed to Snow Panther [LZ0]

Job No	Sheet No 1	Rev
Part		
Ref		
By	Date 23-Jul-14	Chd
File Batang II.std	Date/Time 19-Sep-2014 22:32	

Beam End Forces

Sign convention is as the action of the joint on the beam.

Beam	Node	L/C	Axial	Shear		Torsion	Bending	
			Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
2	1	1:BEBAN TERI	0.000	83.538	0.000	0.000	0.000	107.526
	3	1:BEBAN TERI	0.000	83.538	0.000	0.000	0.000	-107.526

FORMATION
E 23-Jul-14
FORMATION
79
N
NATES
.616 0 0;
DENCES

IAL START
NCRETE
07
/
616
;

MATERIAL
NCRETE MEMB 2
ERTY AMERICAN
.6 ZD 0.4

N TERPUSAT (F)

0.905 0.308
0.905 0.808
0.905 1.308
0.905 1.803
0.905 2.308
0.905 2.803
0.905 3.308

LYSIS
ETE DESIGN

KE
MB 2
00 MEMB 2

ALL
MN ALL
MN ALL
KE
KE
E DESIGN

```
*****
*
*          STAAD.Pro
*          Version 2004   Bld 1001.INDIA
*          Proprietary Program of
*          Research Engineers, Intl.
*          Date=   SEP 19, 2014
*          Time=   23:25:32
*
*          USER ID: Snow Panther [LZ0]
*****
```

```
FILE: Batang III.STD
STAAD PLANE
START JOB INFORMATION
ENGINEER DATE 23-JUL-14
END JOB INFORMATION
INPUT WIDTH 79
UNIT METER KN
JOINT COORDINATES
1 0 0 0; 3 3.616 0 0
MEMBER INCIDENCES
2 1 3
DEFINE MATERIAL START
ISOTROPIC CONCRETE
E 2.17185E+007
POISSON 0.17
DENSITY 23.5616
ALPHA 1E-005
DAMP 0.05
END DEFINE MATERIAL
CONSTANTS
MATERIAL CONCRETE MEMB 2
MEMBER PROPERTY AMERICAN
2 PRIS YD 0.6 ZD 0.4
SUPPORTS
1 3 FIXED
LOAD 1 BEBAN TERPUSAT (F)
```

```
TAAD.Pro WARNING - ALL DEGREES OF FREEDOM FIXED.
STAAD WILL RELEASE MOMENT-X AT FIRST JOINT ENTERED.
```

```
MEMBER LOAD
2 CON GY -10.905 0.308
2 CON GY -10.905 0.808
2 CON GY -10.905 1.308
2 CON GY -10.905 1.803
2 CON GY -10.905 2.308
2 CON GY -10.905 2.803
2 CON GY -10.905 3.308
PERFORM ANALYSIS
```


P R O B L E M S T A T I S T I C S

NUMBER OF JOINTS/MEMBER+ELEMENTS/SUPPORTS = 2/ 1/ 2
INITIAL/FINAL BAND-WIDTH= 1/ 1/ 1 DOF
TOTAL PRIMARY LOAD CASES = 1, TOTAL DEGREES OF FREEDOM = 1
NUMBER OF STIFFNESS MATRIX = 0 DOUBLE KILO-WORDS
HARD/AVAIL. DISK SPACE = 12.0/ 20276.8 MB, EXMEM = 2805.2 MB

START CONCRETE DESIGN
CODE ACI
CONCRETE TAKE
FC 30000 MEMB 2
FYMAIN 390000 MEMB 2
TRACK 1 ALL
DESIGN BEAM ALL

=====

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - FLEXURE PER CODE ACI 318-02

3616. MM FY - 390. FC - 30. MPA, SIZE - 400. X 600. MMS

HRIGHT (MM)	BAR INFO	FROM (MM)	TO (MM)	ANCHOR STA END	
----------------	----------	--------------	------------	-------------------	--

57.	7 - 12MM	454.	3012.	NO	NO
-----	----------	------	-------	----	----

-----|

CRITICAL POS MOMENT= 12.33 KN-MET AT 1808.MM, LOAD 1|

REQD STEEL= 768.MM2, ROW=0.0035, ROWMX=0.0247 ROWMN=0.0035|

MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS|

BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 153./ 300. MMS|

-----|

acked Moment of Inertia Iz at above location = 132217.6 cm⁴

543.	7 - 12MM	0.	1004.	YES	NO
------	----------	----	-------	-----	----

-----|

CRITICAL NEG MOMENT= 23.98 KN-MET AT 0.MM, LOAD 1|

REQD STEEL= 768.MM2, ROW=0.0035, ROWMX=0.0247 ROWMN=0.0035|

MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS|

BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 153./ 401. MMS|

-----|

acked Moment of Inertia Iz at above location = 132217.6 cm⁴

543.	7 - 12MM	2461.	3616.	NO	YES
------	----------	-------	-------	----	-----

-----|

CRITICAL NEG MOMENT= 23.95 KN-MET AT 3616.MM, LOAD 1|

REQD STEEL= 768.MM2, ROW=0.0035, ROWMX=0.0247 ROWMN=0.0035|

MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS|

BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 153./ 401. MMS|

-----|

acked Moment of Inertia Iz at above location = 132217.6 cm⁴

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - SHEAR

START SUPPORT - Vu= 28.50 KNS Vc= 205.39 KNS Vb= 0.00 KNS

0.00 KN-MET Tc= 9.8 KN-MET Ts= 0.0 KN-MET LOAD 1

STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.

END SUPPORT - Vu= 28.42 KNS Vc= 205.39 KNS Vb= 0.00 KNS

0.00 KN-MET Tc= 9.8 KN-MET Ts= 0.0 KN-MET LOAD 1

STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.

D PLANE

-- PAGE NO. 4

1J _____ 3615X 400X 600 _____ 3J _____

```

=====
H 543. 0.TO 1004          7No12 H 543.2461.TO 3616
7No12 H 57. 454.TO 3012
=====

```

000	0000000 7#12			0000000 7#12	0000000 7#12
	7#12 0000000	7#12 0000000	7#12 0000000	7#12 0000000	

*****END OF BEAM DESIGN*****

DESIGN COLUMN ALL

=====

COLUMN NO. 2 DESIGN PER ACI 318-02 - AXIAL + BENDING

390.0 FC - 30.0 MPA, RECT SIZE - 400.0 X 600.0 MMS, TIED

ONLY MINIMUM STEEL IS REQUIRED.
 AREA OF STEEL REQUIRED = 2400.0 SQ. MM

CONFIGURATION	REINF PCT.	LOAD	LOCATION	PHI
- 16 MM	1.005	1	END	0.650

(WIDE EQUAL NUMBER OF BARS ON EACH FACE)

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Z -AXIS (KN-MET)

	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
0	5599.56	2870.58	620.34	216.1
	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
9.49	-940.98	0.00	36.84	-Inf

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Y -AXIS (KN-MET)

	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
0	5599.56	2733.25	401.26	146.8
	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
0.22	-940.98	0.00	0.00	NaN

*****END OF COLUMN DESIGN RESULTS*****

DESIGN COLUMN ALL

=====

COLUMN NO. 2 DESIGN PER ACI 318-02 - AXIAL + BENDING

390.0 FC - 30.0 MPA, RECT SIZE - 400.0 X 600.0 MMS, TIED

ONLY MINIMUM STEEL IS REQUIRED.
 AREA OF STEEL REQUIRED = 2400.0 SQ. MM

CONFIGURATION	REINF PCT.	LOAD	LOCATION	PHI
- 16 MM	1.005	1	END	0.650

(GIVE EQUAL NUMBER OF BARS ON EACH FACE)

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Z -AXIS (KN-MET)

	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
0				
9.45	5599.56	2870.58	620.34	216.1
M0	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
9.49	-940.98	0.00	36.84	-Inf

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Y -AXIS (KN-MET)

	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
0				
9.45	5599.56	2733.25	401.26	146.8
M0	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
0.22	-940.98	0.00	0.00	NaN

*****END OF COLUMN DESIGN RESULTS*****

CONCRETE TAKE
 CONCRETE TAKE
 END CONCRETE DESIGN

***** CONCRETE TAKE OFF *****
(FOR BEAMS AND COLUMNS DESIGNED ABOVE)

TOTAL VOLUME OF CONCRETE = 91.94 CU.FT

BAR SIZE NUMBER	WEIGHT (in lbs)
12	64.47
16	301.34
*** TOTAL=	365.81

FINISH

***** END OF THE STAAD.Pro RUN *****

**** DATE= SEP 19,2014 TIME= 23:25:32 ****

 * For questions on STAAD.Pro, *
 * Please contact : Research Engineers Ltd. *
 * E2/4,Block GP, Sector-V,Salt Lake, KOLKATA - 700 091 *
 * India : TEL:(033)2357-3575 FAX:(033)2357-3467 *
 * email : support@calcutta.reiusa.com *
 * US : Ph-(714) 974-2500, Fax-(714) 921-0683 *



Software licensed to Snow Panther [LZ0]

Job No	Sheet No 1	Rev
Part		
Ref		
By	Date 23-Jul-14	Chd
Client	File Batang III.std	Date/Time 19-Sep-2014 22:33

Beam End Forces

Sign convention is as the action of the joint on the beam.

Beam	Node	L/C	Axial	Shear		Torsion	Bending	
			Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
2	1	1:BEBAN TERI	0.000	38.206	0.000	0.000	0.000	23.978
	3	1:BEBAN TERI	0.000	38.129	0.000	0.000	0.000	-23.948

E
INFORMATION
DATE 23-Jul-14
FORMATION
H 79
KN
DINATES
6.466 0 0;
IDENCES

ERIAL START
CONCRETE
+007
17
.5616
05

MATERIAL
CONCRETE MEMB 2
PROPERTY AMERICAN
0.6 ZD 0.4

IAN TERPUSAT (F)
D
13.948 0.483
13.948 1.033
13.948 1.583
13.948 2.133
13.948 2.683
13.948 3.233
13.948 3.783
13.948 4.333
13.948 4.833
13.948 5.433
13.948 5.983

ANALYSIS
CONCRETE DESIGN
MEMB 2
0000 MEMB 2
LL
AM ALL
COLUMN ALL
COLUMN ALL
FAKE
FAKE
CONCRETE DESIGN


```
*****
*
*          STAAD.Pro
*          Version 2004    Bld 1001.INDIA
*          Proprietary Program of
*          Research Engineers, Intl.
*          Date=    SEP 19, 2014
*          Time=    23:32:50
*
*          USER ID: Snow Panther [LZ0]
*****
```

```
FILE: Structure3.STD
STAAD PLANE
START JOB INFORMATION
ENGINEER DATE 23-JUL-14
END JOB INFORMATION
INPUT WIDTH 79
UNIT METER KN
JOINT COORDINATES
1 0 0 0; 3 6.466 0 0
MEMBER INCIDENCES
2 1 3
DEFINE MATERIAL START
ISOTROPIC CONCRETE
E 2.17185E+007
POISSON 0.17
DENSITY 23.5616
ALPHA 1E-005
DAMP 0.05
END DEFINE MATERIAL
CONSTANTS
MATERIAL CONCRETE MEMB 2
MEMBER PROPERTY AMERICAN
2 PRIS YD 0.6 ZD 0.4
SUPPORTS
1 3 FIXED
LOAD 1 BEBAN TERPUSAT (F)
```

```
STAAD.Pro WARNING - ALL DEGREES OF FREEDOM FIXED.
STAAD WILL RELEASE MOMENT-X AT FIRST JOINT ENTERED.
```

```
MEMBER LOAD
2 CON GY -13.948 0.483
2 CON GY -13.948 1.033
2 CON GY -13.948 1.583
2 CON GY -13.948 2.133
2 CON GY -13.948 2.683
2 CON GY -13.948 3.233
2 CON GY -13.948 3.783
2 CON GY -13.948 4.333
2 CON GY -13.948 4.833
2 CON GY -13.948 5.433
```

D PLANE

-- PAGE NO. 2

2 CON GY -13.948 5.983
PERFORM ANALYSIS

P R O B L E M S T A T I S T I C S

NUMBER OF JOINTS/MEMBER+ELEMENTS/SUPPORTS = 2/ 1/ 2
ORIGINAL/FINAL BAND-WIDTH= 1/ 1/ 1 DOF
CAL PRIMARY LOAD CASES = 1, TOTAL DEGREES OF FREEDOM = 1
SIZE OF STIFFNESS MATRIX = 0 DOUBLE KILO-WORDS
ORD/AVAIL. DISK SPACE = 12.0/ 20276.7 MB, EXMEM = 2792.9 MB

START CONCRETE DESIGN
CODE ACI
FC 30000 MEMB 2
FYMAIN 390000 MEMB 2
TRACK 1 ALL
DESIGN BEAM ALL

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - FLEXURE PER CODE ACI 318-02
 - 6466. MM FY - 390. FC - 30. MPA, SIZE - 400. X 600. MMS
 L HEIGHT BAR INFO FROM TO ANCHOR
 (MM) (MM) (MM) STA END

57. 7 - 12MM 1047. 5149. NO NO

 CRITICAL POS MOMENT= 45.00 KN-MET AT 3233.MM, LOAD 1
 REQD STEEL= 768.MM2, ROW=0.0035, ROWMX=0.0247 ROWMN=0.0035
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 153./ 300. MMS

acked Moment of Inertia Iz at above location = 132217.6 cm⁴

543. 7 - 12MM 0. 1479. YES NO

 CRITICAL NEG MOMENT= 88.34 KN-MET AT 0.MM, LOAD 1
 REQD STEEL= 768.MM2, ROW=0.0035, ROWMX=0.0247 ROWMN=0.0035
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 153./ 401. MMS

acked Moment of Inertia Iz at above location = 132217.6 cm⁴

543. 7 - 12MM 4718. 6466. NO YES

 CRITICAL NEG MOMENT= 88.25 KN-MET AT 6466.MM, LOAD 1
 REQD STEEL= 768.MM2, ROW=0.0035, ROWMX=0.0247 ROWMN=0.0035
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 153./ 401. MMS

acked Moment of Inertia Iz at above location = 132217.6 cm⁴

B E A M N O . 2 D E S I G N R E S U L T S - S H E A R

START SUPPORT - Vu= 62.95 KNS Vc= 201.82 KNS Vs= 0.00 KNS
 = 0.00 KN-MET Tc= 9.8 KN-MET Ts= 0.0 KN-MET LOAD 1
 STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.
 END SUPPORT - Vu= 62.71 KNS Vc= 201.78 KNS Vs= 0.00 KNS
 = 0.00 KN-MET Tc= 9.8 KN-MET Ts= 0.0 KN-MET LOAD 1
 STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.

AD PLANE

-- PAGE NO. 4

1J _____ 6466X 400X 600 _____ 3J _____

=====

2 H 543. 0.TO 1479 =====

7No12 H 543.4718.TO 6466

7No12 H 57.1047.TO 5149

=====

000	0000000 7#12			0000000 7#12	0000000 7#12
	7#12 0000000	7#12 0000000	7#12 0000000		

*****END OF BEAM DESIGN*****

DESIGN COLUMN ALL

COLUMN NO. 2 DESIGN PER ACI 318-02 - AXIAL + BENDING

- 390.0 FC - 30.0 MPA, RECT SIZE - 400.0 X 600.0 MMS, TIED

ONLY MINIMUM STEEL IS REQUIRED.

AREA OF STEEL REQUIRED = 2400.0 SQ. MM

 CONFIGURATION REINF PCT. LOAD LOCATION PHI

- 16 MM 1.005 1 END 0.650
 PROVIDE EQUAL NUMBER OF BARS ON EACH FACE)

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Z -AXIS (KN-MET)

P0	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
99.45	5599.56	2870.58	620.34	216.1
M0	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
49.49	-940.98	0.00	135.77	-Inf

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Y -AXIS (KN-MET)

P0	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
99.45	5599.56	2733.25	401.26	146.8
M0	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
60.22	-940.98	0.00	0.00	NaN

*****END OF COLUMN DESIGN RESULTS*****

DESIGN COLUMN ALL

COLUMN NO. 2 DESIGN PER ACI 318-02 - AXIAL + BENDING

- 390.0 FC - 30.0 MPA, RECT SIZE - 400.0 X 600.0 MMS, TIED

ONLY MINIMUM STEEL IS REQUIRED.

AREA OF STEEL REQUIRED = 2400.0 SQ. MM

CONFIGURATION	REINF PCT.	LOAD	LOCATION	PHI

- 16 MM	1.005	1	END	0.650

PROVIDE EQUAL NUMBER OF BARS ON EACH FACE)

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Z -AXIS (KN-MET)

P0	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
99.45	5599.56	2870.58	620.34	216.1
M0	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
49.49	-940.98	0.00	135.77	-Inf

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Y -AXIS (KN-MET)

P0	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
99.45	5599.56	2733.25	401.26	146.8
M0	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
60.22	-940.98	0.00	0.00	NaN

*****END OF COLUMN DESIGN RESULTS*****

1. CONCRETE TAKE
2. CONCRETE TAKE
3. END CONCRETE DESIGN

***** CONCRETE TAKE OFF *****
 (FOR BEAMS AND COLUMNS DESIGNED ABOVE)

TOTAL VOLUME OF CONCRETE = 164.41 CU.FT

BAR SIZE NUMBER	WEIGHT (in lbs)
12	100.18
16	538.85
*** TOTAL=	639.03

FINISH

***** END OF THE STAAD.Pro RUN *****

**** DATE= SEP 19,2014 TIME= 23:32:50 ****

 * For questions on STAAD.Pro, *
 * Please contact : Research Engineers Ltd. *
 * E2/4,Block GP, Sector-V,Salt Lake, KOLKATA - 700 091 *
 * India : TEL:(033)2357-3575 FAX:(033)2357-3467 *
 * email : support@calcutta.reiusa.com *
 * US : Ph-(714) 974-2500, Fax-(714) 921-0683 *



Software licensed to Snow Panther [LZ0]

Job No	Sheet No 1	Rev
Part		
Ref		
By	Date 23-Jul-14	Chd
Client	File Structure3.std	Date/Time 19-Sep-2014 23:11

Beam End Forces

Sign convention is as the action of the joint on the beam.

Beam	Node	L/C	Axial	Shear		Torsion	Bending	
			Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)
2	1	1:BEBAN TERI	0.000	76.835	0.000	0.000	0.000	88.336
	3	1:BEBAN TERI	0.000	76.593	0.000	0.000	0.000	-88.252

NE
INFORMATION
DATE 23-Jul-14
NFORMATION
TH 79
R KN
RDINATES
3 6.316 0 0;
CIDENCES

TERIAL START
CONCRETE
e+007
.17
3.5616
005

E MATERIAL
CONCRETE MEMB 2
OPERTY AMERICAN
0.6 ZD 0.4

BEAN TERPUSAT (F)
AD
-13.896 0.408
-13.896 0.958
-13.896 1.508
-13.896 2.058
-13.896 2.608
-13.896 3.158
-13.896 3.708
-13.896 4.258
-13.896 4.808
-13.896 5.358
-13.896 5.908

ANALYSIS
ICRETE DESIGN
MEMB 2
0000 MEMB 2
ALL
EAM ALL
EAM ALL
OLUMN ALL
OLUMN ALL
TAKE
TAKE
RETE DESIGN

```

*****
*
*          STAAD.Pro
*          Version 2004   Bld 1001.INDIA
*          Proprietary Program of
*          Research Engineers, Intl.
*          Date=   SEP 19, 2014
*          Time=   23:37: 5
*
*          USER ID: Snow Panther [LZ0]
*****

```

```

FILE: Batang V.STD
1. STAAD PLANE
2. START JOB INFORMATION
3. ENGINEER DATE 23-JUL-14
4. END JOB INFORMATION
5. INPUT WIDTH 79
6. UNIT METER KN
7. JOINT COORDINATES
8. 1 0 0 0; 3 6.316 0 0
9. MEMBER INCIDENCES
10. 2 1 3
11. DEFINE MATERIAL START
12. ISOTROPIC CONCRETE
13. E 2.17185E+007
14. POISSON 0.17
15. DENSITY 23.5616
16. ALPHA 1E-005
17. DAMP 0.05
18. END DEFINE MATERIAL
19. CONSTANTS
20. MATERIAL CONCRETE MEMB 2
21. MEMBER PROPERTY AMERICAN
22. 2 PRIS YD 0.6 ZD 0.4
23. SUPPORTS
24. 1 3 FIXED
25. LOAD 1 BEBAN TERPUSAT (F)

```

```

*STAAD.Pro WARNING - ALL DEGREES OF FREEDOM FIXED.
  STAAD WILL RELEASE MOMENT-X AT FIRST JOINT ENTERED.

```

```

26. MEMBER LOAD
27. 2 CON GY -13.896 0.408
28. 2 CON GY -13.896 0.958
29. 2 CON GY -13.896 1.508
30. 2 CON GY -13.896 2.058
31. 2 CON GY -13.896 2.608
32. 2 CON GY -13.896 3.158
33. 2 CON GY -13.896 3.708
34. 2 CON GY -13.896 4.258
35. 2 CON GY -13.896 4.808
36. 2 CON GY -13.896 5.358

```

. 2 CON GY -13.896 5.908
. PERFORM ANALYSIS

P R O B L E M S T A T I S T I C S

NUMBER OF JOINTS/MEMBER+ELEMENTS/SUPPORTS = 2/ 1/ 2
ORIGINAL/FINAL BAND-WIDTH= 1/ 1/ 1 DOF
TOTAL PRIMARY LOAD CASES = 1, TOTAL DEGREES OF FREEDOM = 1
SIZE OF STIFFNESS MATRIX = 0 DOUBLE KILO-WORDS
REQD/AVAIL. DISK SPACE = 12.0/ 20276.7 MB, EXMEM = 2731.1 MB

. START CONCRETE DESIGN
. CODE ACI
. FC 3000 MEMB 2
. FYMAIN 390000 MEMB 2
. TRACK 1 ALL
. DESIGN BEAM ALL

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - FLEXURE PER CODE ACI 318-02

1 - 6316. MM FY - 390. FC - 30. MPA, SIZE - 400. X 600. MMS

REL	HEIGHT (MM)	BAR INFO	FROM (MM)	TO (MM)	ANCHOR STA END	
-----	----------------	----------	--------------	------------	-------------------	--

1	57.	7 - 12MM	1016.	5037.	NO	NO
---	-----	----------	-------	-------	----	----

CRITICAL POS MOMENT= 42.64 KN-MET AT 3158.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 768.MM2, ROW=0.0035, ROWMX=0.0247 ROWMN=0.0035 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 153./ 300. MMS |

Cracked Moment of Inertia Iz at above location = 132217.6 cm⁴

2	543.	7 - 12MM	0.	1454.	YES	NO
---	------	----------	----	-------	-----	----

CRITICAL NEG MOMENT= 84.08 KN-MET AT 0.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 768.MM2, ROW=0.0035, ROWMX=0.0247 ROWMN=0.0035 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 153./ 401. MMS |

Cracked Moment of Inertia Iz at above location = 132217.6 cm⁴

3	543.	7 - 12MM	4599.	6316.	NO	YES
---	------	----------	-------	-------	----	-----

CRITICAL NEG MOMENT= 84.08 KN-MET AT 6316.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 768.MM2, ROW=0.0035, ROWMX=0.0247 ROWMN=0.0035 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
 BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 153./ 401. MMS |

Cracked Moment of Inertia Iz at above location = 132217.6 cm⁴

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - SHEAR

1 START SUPPORT - Vu= 55.45 KNS Vc= 205.39 KNS Vs= 0.00 KNS
 Tu= 0.00 KN-MET Tc= 9.8 KN-MET Ts= 0.0 KN-MET LOAD 1
 STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.

1 END SUPPORT - Vu= 55.45 KNS Vc= 205.39 KNS Vs= 0.00 KNS
 Tu= 0.00 KN-MET Tc= 9.8 KN-MET Ts= 0.0 KN-MET LOAD 1
 STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.

1J _____ 6316X 400X 600 _____ 3J _____

```

=====
12 H 543. 0.TO 1454
7No12 H 57.1016.TO 5037
=====
7No12 H 543.4599.TO 6316
=====

```

00000 12	0000000 7#12			0000000 7#12	0000000 7#12
	7#12 0000000	7#12 0000000	7#12 0000000		

*****END OF BEAM DESIGN*****

5. DESIGN BEAM ALL

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - FLEKURE PER CODE ACI 318-02

1 - 6316. MM FY - 390. FC - 30. MPA, SIZE - 400. X 600. MMS

REL	HEIGHT (MM)	BAR INFO	FROM (MM)	TO (MM)	ANCHOR STA	END
-----	----------------	----------	--------------	------------	---------------	-----

1	57.	7 - 12MM	1016.	5037.	NO	NO
---	-----	----------	-------	-------	----	----

 CRITICAL POS MOMENT= 42.64 KN-MET AT 3158.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 768.MM2, ROW=0.0035, ROWMX=0.0247 ROWMN=0.0035 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 153./ 300. MMS

Cracked Moment of Inertia Iz at above location = 132217.6 cm⁴

2	543.	7 - 12MM	0.	1454.	YES	NO
---	------	----------	----	-------	-----	----

 CRITICAL NEG MOMENT= 84.08 KN-MET AT 0.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 768.MM2, ROW=0.0035, ROWMX=0.0247 ROWMN=0.0035 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 153./ 401. MMS

Cracked Moment of Inertia Iz at above location = 132217.6 cm⁴

3	543.	7 - 12MM	4599.	6316.	NO	YES
---	------	----------	-------	-------	----	-----

 CRITICAL NEG MOMENT= 84.08 KN-MET AT 6316.MM, LOAD 1 |
 REQD STEEL= 768.MM2, ROW=0.0035, ROWMX=0.0247 ROWMN=0.0035 |
 MAX/MIN/ACTUAL BAR SPACING= 286./ 37./ 48. MMS |
BASIC/REQD. DEVELOPMENT LENGTH = 153./ 401. MMS

Cracked Moment of Inertia Iz at above location = 132217.6 cm⁴

BEAM NO. 2 DESIGN RESULTS - SHEAR

1 START SUPPORT - Vu= 55.45 KNS Vc= 205.39 KNS Vs= 0.00 KNS

1= 0.00 KN-MET Tc= 9.8 KN-MET Ts= 0.0 KN-MET LOAD 1

STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.

1 END SUPPORT - Vu= 55.45 KNS Vc= 205.39 KNS Vs= 0.00 KNS

1= 0.00 KN-MET Tc= 9.8 KN-MET Ts= 0.0 KN-MET LOAD 1

STIRRUPS ARE NOT REQUIRED.

1J _____ 6316X 400X 600 _____ 3J _____

```

=====
12 H 543. 0.TO 1454
7No12 H 57.1016.TO 5037
=====
7No12 H 543.4599.TO 6316
=====

```

00000 .2	000000 7#12 7#12 000000	7#12 000000	7#12 000000	000000 7#12	000000 7#12
-------------	--------------------------------------	----------------	----------------	----------------	----------------

*****END OF BEAM DESIGN*****

5. DESIGN COLUMN ALL

COLUMN NO. 2 DESIGN PER ACI 318-02 - AXIAL + BENDING

- 390.0 FC - 30.0 MPA, RECT SIZE - 400.0 X 600.0 MMS, TIED

ONLY MINIMUM STEEL IS REQUIRED.

AREA OF STEEL REQUIRED = 2400.0 SQ. MM

CONFIGURATION	REINF PCT.	LOAD	LOCATION	PHI
2 - 16 MM (PROVIDE EQUAL NUMBER OF BARS ON EACH FACE)	1.005	1	END	0.650

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Z -AXIS (KN-MET)

P0	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
999.45	5599.56	2870.58	620.34	216.1
M0	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
249.49	-940.98	0.00	129.35	-Inf

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Y -AXIS (KN-MET)

P0	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
999.45	5599.56	2733.25	401.26	146.8
M0	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
160.22	-940.98	0.00	0.00	NaN

*****END OF COLUMN DESIGN RESULTS*****

7. DESIGN COLUMN ALL

 COLUMN NO. 2 DESIGN PER ACI 318-02 - AXIAL + BENDING

- 390.0 FC - 30.0 MPA, RECT SIZE - 400.0 X 600.0 MMS, TIED

ONLY MINIMUM STEEL IS REQUIRED.
 AREA OF STEEL REQUIRED = 2400.0 SQ. MM

CONFIGURATION	REINF PCT.	LOAD	LOCATION	PHI
- 16 MM	1.005	1	END	0.650

(PROVIDE EQUAL NUMBER OF BARS ON EACH FACE)

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Z -AXIS (KN-MET)

P0	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
999.45	5599.56	2870.58	620.34	216.1
M0	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
249.49	-940.98	0.00	129.35	-Inf

COLUMN INTERACTION: MOMENT ABOUT Y -AXIS (KN-MET)

P0	Pn max	P-bal.	M-bal.	e-bal. (MM)
999.45	5599.56	2733.25	401.26	146.8
M0	P-tens.	Des.Pn	Des.Mn	e/h
160.22	-940.98	0.00	0.00	NaN

*****END OF COLUMN DESIGN RESULTS*****

- 3. CONCRETE TAKE
- 9. CONCRETE TAKE
- 0. END CONCRETE DESIGN

***** CONCRETE TAKE OFF *****
(FOR BEAMS AND COLUMNS DESIGNED ABOVE)

TOTAL VOLUME OF CONCRETE = 214.13 CU.FT

BAR SIZE NUMBER	WEIGHT (in lbs)
12	196.61
16	526.35
*** TOTAL=	722.96

1. FINISH

***** END OF THE STAAD.Pro RUN *****

**** DATE= SEP 19,2014 TIME= 23:37: 6 ****

* For questions on STAAD.Pro, *
* Please contact : Research Engineers Ltd. *
* E2/4,Block GP, Sector-V,Salt Lake, KOLKATA - 700 091 *
* India : TEL:(033)2357-3575 FAX:(033)2357-3467 *
* email : support@calcutta.reiusa.com *
* US : Ph-(714) 974-2500, Fax-(714) 921-0683 *
