

SKRIPSI

**PERENCANAAN HUBUNGAN BALOK KOLOM PADA PROYEK
APARTEMENT BALE HINGGIL SURABAYA**



**Di Susun Oleh :
WIKA BUDI MAGHFIROH
11.21.057**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2015**

1971/12/16

REPUBLIC OF INDONESIA

DEPARTMENT OF THE ARMY

1971/12/16

DEPARTMENT OF THE ARMY

1971/12/16

REPUBLIC OF INDONESIA
DEPARTMENT OF THE ARMY
1971/12/16

1971/12/16

1971/12/16

**LEMBAR PERSETUJUAN
SKRIPSI**

**PERENCANAAN HUBUNGAN BALOK KOLOM PADA PROYEK
APARTEMENT BALE HINGGIL SURABAYA**

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

Disusun Oleh :

WIKA BUDI MAGHFIROH

11.21.057

Mengetahui

Ketua Program Studi
Teknik Sipil S-1 ITN Malang

Menyetujui

Dosen Pembimbing



Ir. A. Agus Santosa, M.T
NIP. Y. 101 87 00155

Ir. A. Agus Santosa, M.T
NIP. Y. 101 87 00155

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

2015

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

**PERENCANAAN HUBUNGAN BALOK KOLOM PADA PROYEK
APARTEMEN BALE HINGGIL SURABAYA**

*Dipertahankan Dihadapan Majelis Penguji Sidang Skripsi Jenjang Strata Satu (S-1)
Pada Hari Sabtu, 15 Agustus 2015*


*Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Sipil*


**Disusun Oleh :
WIKA BUDI MAGHFIROH
11.21.057**

Disahkan Oleh:

Ketua Program Studi
Teknik Sipil S-1 ITN Malang

Sekretaris Program Studi
Teknik Sipil S-1 ITN Malang


Ir. A. Agus Santosa, M.T
NIP. Y. 101 87 00155

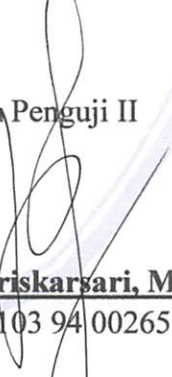

Lila Ayu Ratna Winanda, S.T. M.T
NIP. Y. 103 08 00419

Anggota Penguji:

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II


Ir. Eding Iskak Imananto, M.T
NIP. 196605061993031004


Ir. Ester Priskarsari, M.T
NIP. Y. 103 94 00265

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

2015

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Wika Budi Maghfiroh
NIM : 11.21.057
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institusi : Institut Teknologi Nasional Malang

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya dengan judul:

“PERENCANAAN HUBUNGAN BALOK KOLOM PADA PROYEK APARTEMENT BALE HINGGIL SURABAYA”

Adalah benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan duplikat serta tidak mengutip atau menyadur hasil karya orang lain, kecuali disebut dari sumber aslinya dan tercantum dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil duplikasi atau mengambil karya tulis dan pemikiran orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 14 September 2015

Yang membuat pernyataan


Wika Budi Maghfiroh
NIM. 11.21.057

**PERENCANAAN HUBUNGAN BALOK KOLOM PADA PROYEK
APARTEMEN BALE HINGGIL SURABAYA**

Disusun oleh :

Wika Budi Maghfiroh

11.21.057

Pembimbing : Ir. A.Agus Santosa, MT.

ABSTRAK

Perencanaan struktur bangunan gedung tingkat tinggi terhadap beban gempa di Indonesia sangatlah penting. Pada perencanaan struktur tingkat tinggi, masalah yang sering muncul adalah dimana kemampuan struktur (System building) sebagai menahan beban gempa, mengingat wilayah Indonesia merupakan wilayah rawan gempa. Dengan perencanaan struktur tahan gempa metode sistem rangka momen pemikul momen khusus berfungsi sebagai komponen penguat struktur pada wilayah gempa tinggi.

Dalam perencanaan struktur bangunan gedung beton bertulang yang tahan gempa, daerah hubungan balok-kolom merupakan daerah kritis yang perlu didesain benar-benar akurat sehingga mampu menyerap energi dengan baik pada saat terjadi gempa. Kemampuan hubungan balok-kolom untuk berdeformasi pada daerah inelastik memberikan struktur dengan daktilitas baik, sehingga mampu mengurangi kerusakan yang terjadi akibat goyangan gempa bumi.

Hasil yang diperoleh dari perencanaan ini menggunakan ukuran Balok 40/60 dengan diameter tulangan utama D22 dan tulangan sengkang D10 dengan jarak tulangan daerah plastis 75mm sedangkan luar sendi plastis dengan jarak 250mm. Dimensi Kolom 900/900 dengan dimensi tulangan D29 dan tulangan sengkang 4D12.

Kata Kunci : Hubungan balok kolom, SRPMK, ETABS

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT penulis panjatkan atas rahmat dan karunia-Nya. Sholawat serta salam semoga terlimpahkan kepada Rosulullah SAW sebagai pemberi petunjuk, pemberi kabar gembira, dan pemberi peringatan yang telah memberikan rahmat, berkah dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi “Perencanaan Perhitungan Hubungan Balok Kolom Pada Proyek Apartement Bale Hinggil Surabaya.” ini dengan sebaik-baiknya.

Tidak lupa penulis sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ir. A. Agus Santosa, MT. Selaku dosen pembimbing skripsi “Perencanaan Perhitungan Hubungan Balok Kolom Pada Apartement Bale Hinggil Surabaya”.
2. Orang tua, saudara dan seluruh keluarga yang telah memberikan doa, dorongan semangat dan pengorbanannya selama ini.
3. Teman – teman dan semua pihak yang banyak membantu.

Kami menyadari bahwa Skripsi “ Perencanaan Perhitungan Hubungan Balok Kolom Pada Proyek Apartement Bale Hinggil Surabaya” ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu kritik dan saran yang sifatnya membangun sangat kami harapkan.

Akhirnya, semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi para pembaca.

Malang 14 September 2015

Penulis

Daftar isi

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAKSI	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTARGAMBAR	x
 BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan masalah.....	2
1.3 Tujuan penulisan.....	3
1.4 Batasan masalah.....	3
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Prinsip SRPMK	4
2.2 Sistem struktur penahan gaya seismik.....	7
2.3 Komponen struktur lentur pada SRPMK.....	9

2.4 Desain kapasitas	10
2.5 Perencanaan terhadap beban gempa.....	11
2.6 Hubungan balok kolom.....	18
2.7 Kuat Lentur Murni Kolom	20
2.7.1 Tulangan Transversal	22
2.8 Join Rangka Momen Khusus	24
2.7.1 Kekuatan Geser	24
2.9 Pembebanan	27
2.10 Pedoman Kuat Lentur SRPMK	29

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Data Perencanaan	30
3.2 Metode Penelitian	31
3.3 Teknik Pengumpulan Data	31
3.4 Bagan Alir	32
3.5 Perhitungan Pembebanan	33
3.6 Spektrum Response	49
3.7 Pusat Masa Rotasi	52

BAB IV PERHITUNGAN PENULANGAN STRUKTUR

4.1 Perhitungan Penulangan Balok	58
4.1.1 Perhitungan Penulangan Lentur Balok	58
4.1.2 Perhitungan Penulangan Geser Balok	82
4.2 Perhitungan Penulangan Kolom	91
4.2.1 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom	109
4.2.2 Perhitungan Penulangan Geser Kolom	112
4.3 Sambungan Lewat Tulangan Vertikal Kolom	113
4.4 Kontrol Desain Kapasitas	114
4.5 Perhitungan Pertemuan Balok Kolom	116
4.6 Perhitungan Pendetailan Tulangan	121

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	124
5.2 Saran	126
Daftar pustaka.....	127

DAFTAR TABEL

Table 2.1 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa.....	14
Table 2.2 Faktor keutamaan gempa I_e ,.....	17
Table 2.3 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek.....	17
Table 2.4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.....	18

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Gaya-gaya yang bekerja pada Hubungan Balok Kolom	18
Gambar 2.2 Geser Desain Untuk Balok Kolom	21
Gambar 2.3 Contoh Tulangan Transversal Pada Kolom	23
Gambar 2.4 Luas Join Efektif	25
Gambar 4.1 Penomeran Joint pada	59
Gambar 4.2 Lebar efektif balok (b_{eff})	59
Gambar 4.3 Penampang balok dan diagram tegangan momen negative.....	61
Gambar 4.4 Penampang balok dan diagram tegangan momen positif.....	64
Gambar 4.5 Penampang balok dan diagram tegangan momen positif	

tumpuan kiri yang sudah dihitung ulang	65
Gambar 4.7 Penampang balok dan diagram tegangan momen positif	
Lapangan	71
Gambar 4.8 Penampang balok dan diagram tegangan momen positif	
lapangan yang sudah dihitung ulang	72
Gambar 4.9 Penampang balok dan diagram tegangan momen negatif	
Tumpuan kanan	75
Gambar 4.10 Penampang balok dan diagram tegangan momen positif	
Tumpuan kanan	78
Gambar 4.11 Penampang balok dan diagram tegangan momen positif	
Tumpuan kanan yang sudah dihitung ulang	79
Gambar 4.12 Desain gaya geser balok	84
Gambar 4.13 Penulangan geser pada balok	90
Gambar 4.14 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi seimbang	92
Gambar 4.15 Diagram tegangan dan regangan kolom	
kondisi seimbang $1,25 f_y$	95
Gambar 4.16 Diagram tegangan dan regangan kolom	
kondisi patah desak	97
Gambar 4.17 Diagram tegangan dan regangan kolom	
kondisi patah tarik	99
Gambar 4.18 Diagram tegangan dan regangan kolom	
kondisi 1 lentur murni	101
Gambar 4.19 Diagram tegangan dan regangan kolom	

kondisi 2 lentur murni	102
Gambar 4.20 Diagram Interaksi Kolom atas (C 94 a)	105
Gambar 4.21 Diagram Interaksi Kolom desain (C 94 b)	106
Gambar 4.22 Diagram Interaksi Kolom desain (C 94 c)	106
Gambar 4.23 Detail Penulangan Longitudinal dan Transversal Kolom	115
Gambar 4.24 Analisa geser dari hubungan balok kolom (joint B 481)	116
Gambar 4.25 Luas efektif (A_j) untuk HBK	117
Gambar 4.26 Penulangan Hubungan Balok Kolom	120

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konstruksi Bangunan terdiri dari dua suku kata yaitu konstruksi (construction) yang berarti membangun, sedangkan bangunan yang berarti suatu benda yang dibangun atau didirikan untuk kepentingan manusia dengan tujuan, biaya dan waktu tertentu. Konstruksi bangunan berarti suatu cara atau teknik membuat/mendirikan bangunan agar memenuhi syarat kuat, awet, indah, fungsional dan ekonomis. Struktur berarti benda sedangkan konstruksi berarti teknik atau cara membuat (rekayasa).

Konstruksi merupakan suatu kegiatan membangun sarana maupun prasarana. Dalam sebuah bidang arsitektur atau teknik sipil, sebuah konstruksi juga dikenal sebagai bangunan atau satuan infrastruktur pada sebuah area atau pada beberapa area. Secara ringkas konstruksi didefinisikan sebagai objek keseluruhan bangunan yang terdiri dari bagian-bagian struktur. Misal, Konstruksi Struktur Bangunan adalah bentuk/bangun secara keseluruhan dari struktur bangunan. contoh lain: Konstruksi Jalan Raya, Konstruksi Jembatan, Konstruksi Kapal, dan lain lain.

Konstruksi dapat juga didefinisikan sebagai susunan (model, tata letak) suatu bangunan (jembatan, rumah, dan lain sebagainya) Walaupun kegiatan konstruksi dikenal sebagai satu pekerjaan, tetapi dalam kenyataannya konstruksi merupakan

satuan kegiatan yang terdiri dari beberapa pekerjaan lain yang berbeda. Sistem structural adalah sebuah bangunan dirancang dan dikonstruksi untuk dapat menyokong dan menyalurkan gaya gravitasi dan beban lateral ke tanah dengan aman tanpa melampaui beban yang diizinkan atau yang dapat ditanggung oleh bagian-bagian sistem struktur itu sendiri.

a) Substruktur atau struktur bawah: adalah struktur dasar yang membentuk fondasi sebuah bangunan.

b) Struktur: berupa kolom, balok, dan dinding penopang menyokong struktur lantai dan atap.

c) Superstruktur atau struktur atas: adalah perpanjangan vertikal bangunan di atas fondasi.

Dari elemen-elemen bangunan tersebut diatas, selanjutnya dapat disusun sedemikian sehingga sesuai dengan fungsinya masing-masing dan seefisien mungkin, karena elemen yang satu terhadap yang lain saling berkaitan menjadi satu kesatuan yaitu yang disebut gedung atau rumah.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Berapa tulangan join yang di perlukan pada sambungan balok kolom ?
- b. Bagaimana detail gambar tulangan joinnya ?

1.3 Tujuan

- a. Mendapatkan tulangan join yang diperlukan pada sambungan balok kolom.
- b. Mendapatkan detail gambar penulangannya.

1.4 Batasan Masalah

- a. Perhitungan tulangan join pada sambungan balok kolom.
- b. Pendetailan gambar tulangan join.

peraturan yang di gunakan :

- a. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, SNI (SNI 2847-2013).
- b. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung, SNI (SNI 1726-2012).
- c. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG 1987).
- d. Analisa Statika Menggunakan Program ETABS .

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Prinsip SRPMK

Struktur SRPMK diharapkan memiliki tingkat daktilitas yang tinggi, yaitu mampu menerima mengalami siklus respon inelastis pada saat menerima beban gempa rencana. Pendetailan dalam ketentuan SRPMK adalah untuk memastikan bahwa respon inelastis dari struktur bersifat daktil. Prinsip ini terdiri dari tiga:

1. Strong-Column/weak-beam yang bekerja menyebar di sebagian besar lantai
2. Tidak terjadi kegagalan geser pada balok, kolom dan joint
3. Menyediakan detail yang memungkinkan perilaku daktil

- **Strong-Column/Weak-Beam**

Pada saat struktur mengalami gaya lateral gempa, distribusi kerusakan sepanjang ketinggian bangunan bergantung pada distribusi lateral story drift (simpangan antar lantai). Jika struktur memiliki kolom yang lemah, simpangan antar lantai akan cenderung terpusat pada satu lantai. Sebaliknya jika kolom sangat kuat, maka drift akan tersebar merata, dan keruntuhan lokal di satu lantai dapat diminimalkan.

- **Menghindari Keruntuhan Geser**

Respon yang bersifat duktail diharapkan terjadi pada balok, dan pada saat yang sama tidak boleh terjadi keruntuhan geser. Keruntuhan geser, khususnya pada kolom, sangat fatal bagi struktur karena kolom pada satu lantai menumpu semua lantai di atasnya.

Dalam ketentuan SRPMK, keruntuhan geser dihindari dengan pendekatan desain kapasitas. Gaya geser yang diperhitungkan bukan hanya berasal dari gaya geser akibat beban gravitasi (beban hidup, beban mati) tapi juga mempertimbangkan beban geser yang berasal dari kapasitas momen maksimum balok pada saat balok mengalami yielding.

- **Pendetailan untuk Perilaku Duktail**

Pendetailan dalam SRPMK bertujuan untuk mendapatkan struktur yang bersifat duktail. Beberapa ketentuan SRPMK:

- Tulangan sengkang dipasang dengan rapat terutama pada bagian struktur yang mengalami kelelahan seperti hubungan balok-kolom untuk mencegah keruntuhan geser
- Pada analisa kekuatan geser pada balok atau kolom, kekuatan geser dari beton (V_c) diabaikan terutama pada balok yang mengalami gaya aksial kecil, sehingga hanya tulangan saja yang menahan gaya geser.

– Lokasi dan pendetailan splice untuk mencegah keruntuhan akibat splice

- **Metode Analisis**

Dalam menganalisa pengaruh gempa, ada tiga metode yang dapat digunakan yaitu; 1. Equivalent Lateral Force (ELF), 2. Modal Response Spectrum (MRS), 3. Seismic Response History (SRH). Metode ELF atau lebih dikenal dengan metode statik ekuivalen dapat digunakan untuk struktur bangunan yang sederhana dan beraturan. Untuk struktur bangunan yang tinggi, kompleks atau memiliki periode panjang, metode kedua dan ketiga harus dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan dari struktur dalam menahan gaya gempa.

- **Reduksi Kekakuan Elemen Struktur**

Dalam analisa struktur dengan SRPMK, reduksi kekakuan akibat keretakan pada balok, kolom, joint harus diperhatikan, karena hal ini akan berpengaruh pada periode, base shear, story drift dan distribusi gaya dalam. Reduksi kekuatan dimaksudkan untuk mempertimbangkan keretakan pada elemen struktur, karena analisa SRPMK adalah saat struktur mengalami kelelahan namun tidak terjadi keruntuhan. Dalam kondisi tersebut, luasan penampang yang efektif yang diperhitungkan

2.2 Sistem Struktur Penahan Gaya Seismik

Sistem struktur Penahan Gaya Seismik secara umum dapat dibedakan atas Sistem Rangka Pemikul Momen(SRPM), Sistem Dinding Struktural (SDS), dan Sistem Ganda (gabungan SRPM dan SDS).

1. Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM)

- a. **Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)**, suatu sistem rangka yang memenuhi ketentuan pasal – pasal SNI 2847-2013. Sistem rangka ini pada dasarnya memiliki tingkat daktilitas terbatas dan hanya cocok digunakan di daerah dengan resiko gempa yang rendah (zona 1 dan 2).
- b. **Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah(SRPMM)**, suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan detailing yang ketat SNI 2847-2013. Sistem ini memiliki daktilitas sedang dan cocok digunakan di zona 1 hingga 4
- c. **Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus(SRPMK)**, suatu sistem rangka yang selain memenuhi ketentuan-ketentuan untuk rangka pemikul momen biasa juga memenuhi ketentuan-ketentuan detailing yang ketat sesuai dengan SNI 2847-2013. Sistem ini memiliki daktilitas penuh dan cocok digunakan di zona 5 dan 6.

2. Sistem Dinding Struktural (SDS)

- a. Sistem Dinding Struktural Biasa (SDSB), suatu dinding struktural yang memenuhi ketentuan SNI-2847-2013. Dinding ini memiliki tingkat daktilitas terbatas dan cocok digunakan di zona gempa 1 hingga 4
- b. Sistem Dinding Struktural Khusus (SDSK), suatu dinding struktural yang selain memenuhi ketentuan untuk dinding struktural biasa. Sistem ini pada prinsipnya memiliki tingkat daktilitas penuh dan digunakan pada zona gempa 5 dan 6.

3. Sistem Ganda

Sistem ini terdiri dari sistem rangka yang digabung dengan sistem dinding struktural. Rangka ruang lengkap berupa Sistem Rangka Pemikul Momen berfungsi memikul beban gravitasi. Sesuai tabel 3 di SNI 1726-2013 pasal 4.3.6 dan pasal 5.2.3, system rangka pemikul momen pada sistem ganda ini harus mampu menahan minimum 25% baban lateral total yang bekerja pada struktur bangunan. Sedangkan sistem dinding struktural menahan 75% gaya lateral tersebut.

2.3 Komponen Struktur Lentur pada SRPMK (SNI 03-2847-2002 pasal 23.3)

Komponen struktur lentur pada SRPMK harus memenuhi syarat-syarat dibawah ini:

1. Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur tidak boleh melebihi $0,1Agf_c$.
2. Bentang bersih komponen struktur tidak boleh kurang dari empat kali tinggi efektifnya.
3. Perbandingan lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0,3.
4. Lebar nya tidak boleh:
 - a. Kurang dari 250 mm.
 - b. Lebih lebar dari lebar komponen struktur pendukung (diukur pada bidang tegak lurus terhadap sumbu longitudinal komponen struktur lentur) ditambah jarak pada tiap sisi komponen struktur pendukung yang tidak melebihi tiga perempat tinggi komponen struktur lentur.

• Tulangan Longitudinal

1. Pada setiap irisan penampang komponen struktur lentur:

- Jumlah tulangan atas dan bawah tidak boleh kurang dari

$$A_s_{min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \cdot f_y} b_w d \quad \dots\dots\dots \boxed{2.1}$$

Tidak boleh kurang dari $1,4b_w d/f_y$.

- a. Rasio tulangan ρ tidak boleh melebihi 0,025.
 - b. Sekurang-kurangnya harus ada 2 batang tulangan atas dan dua batang tulangan bawah yang dipasang secara menerus.
2. Kuat lentur positif komponen struktur lentur pada muka kolom tidak boleh lebih kecil dari setengah kuat lentur negatifnya pada muka tersebut. Baik kuat lentur negatif maupun kuat lentur positif pada setiap penampang di sepanjang bentang tidak boleh kurang dari seperempat kuat lentur terbesar yang disediakan pada kedua muka kolom tersebut.
3. Sambungan lewatan pada tulangan lentur hanya diizinkan jika ada tulangan spiral atau sengkang tertutup yang mengikat bagian sambungan lewatan tersebut. Spasi sengkang yang mengikat daerah sambungan lewatan tersebut tidak melebihi $d/4$ atau 100 mm. Sambungan lewatan tidak boleh digunakan pada:
- a. Daerah hubungan balok kolom.
 - b. Daerah hingga jarak dua kali tinggi balok dari muka kolom.
 - c. Tempat-tempat yang berdasarkan analisis, memperlihatkan kemungkinan terjadinya leleh lentur akibat perpindahan lateral inelastik struktur rangka.

2.4 Desain Kapasitas

Struktur bangunan mempunyai nilai kekakuan lateral yang beraneka ragam sehingga mempunyai waktu getar alami yang berbeda-beda pula. Oleh karena itu, respon percepatan maksimum suatu struktur tidak selalu sama besar dengan

percepatan getaran gempa. Mengingat kemungkinan besarnya gaya inersia gempa yang bekerja pada titik pusat massa bangunan, maka tidaklah ekonomis untuk merencanakan suatu struktur-struktur umum sedemikian kuatnya sehingga tetap berperilaku elastis saat dilanda gempa. Pada dasarnya struktur didesain agar tidak rusak ketika terjadi gempa kecil dan sedang, tetapi saat dilanda gempa kuat, struktur tersebut masih mampu berperilaku duktail dengan memencarkan energi dan membatasi beban gempa yang masuk ke struktur tersebut. Menurut SNI 03-1726-2002 pasal 4.5, konsep desain kapasitas adalah suatu filosofi perencanaan gempa yang berupaya untuk mengatur atau mengendalikan pembentukan sendi-sendi plastis pada struktur. Hal ini dilakukan agar saat terjadi gempa kuat, struktur dapat berperilaku memuaskan dan tidak runtuh. Guna menjamin terjadinya mekanisme goyangan dengan pembentukan sebagian besar sendi plastis pada balok, maka konsep desain kapasitas diterapkan agar kolom kolom portal lebih kuat dari balok-baloknya. Hal lain yang harus diperhatikan yaitu mengenai keruntuhan geser pada balok yang bersifat getas harus dihindari terlebih dahulu dari kegagalan akibat lentur pada sendi-sendi plastis balok setelah mengalami rotasi-rotasi yang cukup besar.

2.5 Perencanaan Terhadap Beban Gempa

- Pengaruh arah pembebanan gempa

Untuk menentukan pengaruh gempa yang kemungkinan tidak searah sumbu utama struktur gedung, maka SNI 1726-2012 menetapkan, pengaruh pembebanan

searah sumbu utama harus dianggap terjadi bersamaan dengan 30% pengaruh pembebanan dalam arah tegak lurus pada arah utama pembebanan.

- ***Pengaruh Gempa Horizontal***

Pengaruh gempa bekerja dalam kedua arah utama dari gedung secara bersamaan. Perputaran ini menetapkan bahwa struktur-struktur daktail direncanakan terhadap suatu bagian kecil saja dari pengaruh gempa dan karenanya banyak unsur-unsur struktur sudah akan mencapai sebagian saja dari percepatan gempa dalam suatu arah tertentu baru mencapai sebagian saja dari percepatan maksimum gempa tersebut. Hal-hal diatas perlu kiranya disadari dalam perencanaan struktur dan bila diinginkan dapat diterapkan dalam perencanaan sesungguhnya, terutama untuk struktur-struktur gedung yang sangat penting. Pengaruh beban gempa horisontal, E_h , harus ditentukan sesuai dengan Persamaan sebagai berikut:

$$E_h = QE \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

QE = pengaruh gaya gempa horisontal dari V atau V_p , seperti ditetapkan, 8.8.1, dan 9.2.1

- ***Pengaruh Gempa Vertikal***

Walaupun percepatan-percepatan vertikal yang besar dicatat dekat pada pusat dari banyak gempa, respon dari struktur –struktur gedung terhadap gerakan tersebut

belum banyak diketahui. Karena itu, dianggap bahwa sampai tersedianya hasil penelitian lebih lanjut mengenai respon dari struktur – struktur gedung terhadap gerakan vertikal, hanya beberapa bagian yang kritis dari struktur gedung. Pengaruh beban gempa vertikal, E_v , harus ditentukan sesuai dengan Persamaan sebagai berikut:

$$E_v = 0,2 S_{DS} D \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain pada perioda pendek yang diperoleh dari 6.6.4

D = pengaruh beban mati

Dalam perencanaan bangunan tahan gempa hal yang harus diperhatikan adalah fungsi dari bangunan yang akan direncanakan, fungsi bangunan ini berkaitan dengan beban gempa yang akan timbul yang nantinya untuk menentukan faktor keutamaan gempa (I_e). Kategori ini bisa dilihat pada tabel di bawah ini

Tabel 2.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung Untuk Beban Gempa.

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV,termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	<p>III</p>
---	------------

Jenis pemanfaatan	Kategori Risiko
<p>Gedung dan non gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental. - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan. - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat. - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat. - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya. - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat. - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat. - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat. - Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV. 	IV

Sumber : SNI 1726:2012 Pasal 4.1.2

Tabel 2.2 Faktor keutamaan gempa, I_e

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 1726:2012 Pasal 4.1.2

Untuk Kategori desain seismic berdasarkan parameter percepatan respons spectrum pada periode 1 detik (S_1) dan parameter percepatan respons spectra pada periode pendek (SDS) Berdasarkan SNI 1726-2012 dapat dilihat pada tabel 2.3 dan 2.4.

Tabel 2.3 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda pendek.

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau	IV
$S_{DS} 0,167$	A	A
$0,167 S_{DS} 0,33$	B	C
$0,33 S_{DS} 0,50$	C	D
$0,50 S_{DS}$	D	D

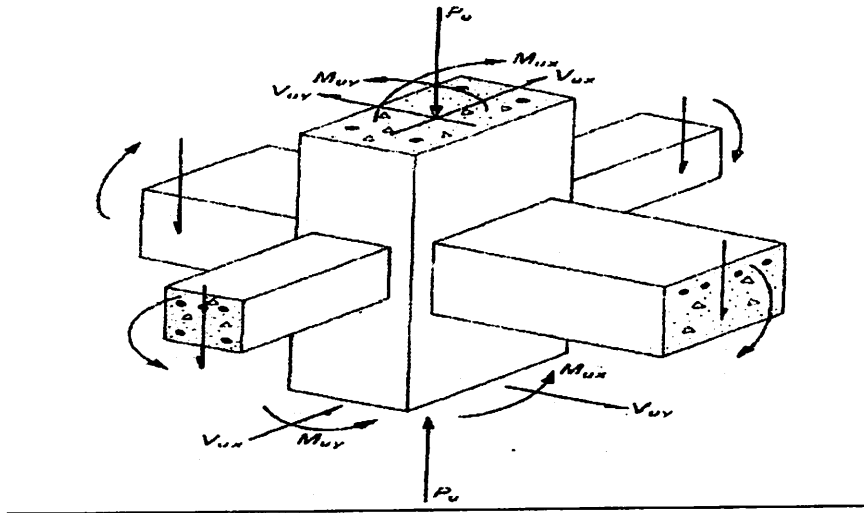
Tabel 2.4 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik.

Nilai S_{DI}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DI} 0,167$	A	A
$0,167 S_{DI} 1,33$	B	C
$1,33 S_{DI} 0,20$	C	D
$0,20 S_{DI}$	D	D

2.6 Hubungan Balok Kolom

1 Pengertian Hubungan Balok kolom

Hubungan balok kolom adalah titik pertemuan antara kolom dan balok pada struktur, dimana pertemuannya tersebut menghasilkan luasan efektif antara keduanya.



Gambar 2.1 Gaya-gaya yang bekerja pada Hubungan Balok Kolom

Hubungan balok kolom memiliki beberapa ketentuan umum diantaranya ialah :

1. Gaya-gaya pada tulangan longitudinal balok di muka hubungan balok-kolom harus ditentukan dengan menganggap bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1,25 f_y$.
2. Kuat hubungan balok-kolom harus direncanakan menggunakan faktor reduksi kekuatan.
3. Tulangan longitudinal balok yang berhenti pada suatu kolom harus diteruskan hingga mencapai sisi jauh dari inti kolom terkeang.
4. Bila tulangan longitudinal balok diteruskan hingga melewati hubungan balok-kolom, dimensi kolom dalam arah paralel terhadap tulangan longitudinal balok tidak boleh kurang daripada 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar balok untuk beton berat normal. Bila digunakan beton ringan maka dimensi tersebut tidak boleh kurang daripada 26 kali diameter tulangan longitudinal terbesar balok.

Tulangan transversal sepanjang panjang yang diidentifikasi dalam 21.5.3.1 harus diproporsikan untuk menahan geser dengan mengasumsikan $V_e = 0$ bila keduanya (a) dan (b) terjadi :

(a) Gaya geser yang ditimbulkan gempa yang dihitung sesuai dengan pasal 21.5.4.1 mewakili setengah atau lebih dari kekuatan geser perlu maksimum dalam panjang.

(b) Gaya tekan aksial terfaktor P_u termasuk pengaruh gempa kurang dari $A_g f_c' / 20$.

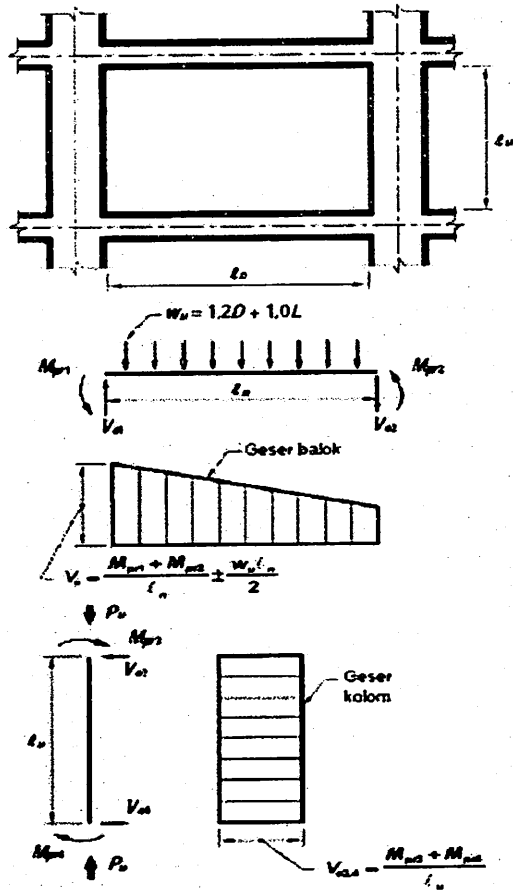
Dimensi penampang terpendek, diukur pada garis lurus yang melalui pusat geometri tidak boleh kurang dari 300 mm. Rasio dimensi penampang terpendek terhadap dimensi tegak lurus tidak boleh kurang dari 0.4.

2.7 Kekuatan lentur minimum kolom

Kekuatan lentur kolom harus memenuhi pers 21-1

Catatan pada gambar :

1. Arah gaya geser V_e tergantung pada besaran relatif beban gravitasi dan geser dihasilkan oleh momen-momen ujung.
2. Momen ujung M_{pr} berdasarkan pada tegangan tarik baja sebesar $1.25 f_y$ adalah kekuatan leleh yang ditetapkan.
3. Momen ujung M_{pr} untuk kolom tidak perlu lebih besar dari momen-momen yang dihasilkan oleh M_{pr} balok yang merangka kedalam joint balok kolom.



Gambar 2.2 Geser desain untuk balok dan kolom

$$\Sigma M_{no} \geq (1.2)\Sigma M_{nb}$$

M_{no} = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka kedalam joint yang dievaluasi dimuka-muka joint. Kekuatan lentur kolom harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, konsisten dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau yang menghasilkan kekuatan lentur terendah.

M_{nb} = jumlah kekuatan lentur nominal kolom yang merangka kedalam joint yang dievaluasi dimuka-muka joint. Pada konstruksi balok-T, bilamana

slab dalam kondisi tarik akibat momen-momen di muka joint, tulangan slab dalam lebar slab efektif yang mendefinisikan dalam 8.12 harus diasumsikan menyumbang kepada M_{nb} jika tulangan slab disalurkan pada penampang kritis untuk lentur.

2.7.1 Tulangan Transversal

Tulangan transversal yang disyaratkan dalam 21.6.4.2 sampai 21.6.4.4 harus dipasang sepanjang panjang ℓ_0 dari setiap muka joint dan pada kedua sisi sebarang penampang dimana pelelehan lentur seperti terjadi sebagai akibat dari perpindahan lateral inelastis rangka. Panjang ℓ_0 tidak boleh kurang dari yang terbesar dari (a), (b), dan (c):

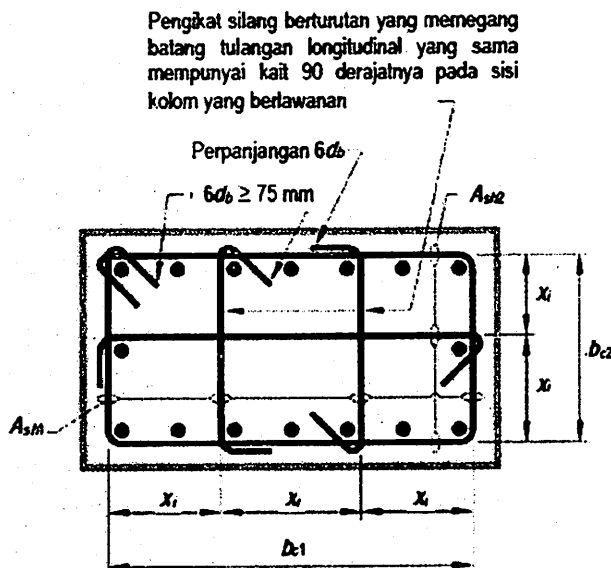
- (a) Tinggi komponen struktur pada muka pada muka joint atau pada penampang dimana pelelehan lentur seperti terjadi.
- (b) $1/6$ bentang bersih komponen struktur dan
- (c) 450mm.

Spasi tulangan transversal sepanjang panjang ℓ_0 komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari (a), (b), dan (c):

- (a) $1/4$ dimensi komponen struktur minimum.
- (b) 6 kali diameter batang tulangan longitudinal yang terkecil dan
- (c) S_{01} seperti didefinisikan oleh pers 21-2

$$s_0 = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right)$$

Nilai s_0 tidak boleh melebihi 150 mm dan tidak perlu diambil kurang dari 100mm.



Dimensi x_i dari garis pusat ke garis pusat kaki-kaki pengikat tidak melebihi 350 mm. Rumus h_x yang digunakan dalam persamaan 21-2 diambil sebagai nilai terbesar dari x_i .

Gambar 2.3 Contoh tulangan transversal pada kolom

Jumlah tulangan transversal yang disyaratkan dalam (a) atau (b) harus disediakan kecuali bila jumlah yang lebih besar disyaratkan oleh pasal 21.6.5.

- (a) Rasio tulangan spiral atau sengkang bulat ρ_s tidak boleh kurang dari yang disyaratkan oleh pers.(21-4) dan (21-5)

$$\rho_s = 0,12 \left(\frac{f'_c}{f_{yt}} \right)$$

Dan tidak boleh kurang dari yang disyaratkan oleh pers. (10-5).

- (b) Luas penampang total tulangan sengkang persegi A_{sh} tidak boleh kurang dari yang disyaratkan oleh pers. (21-4) dan (21-5)

$$A_{sh} = 0,3 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}} \left[\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

$$A_{sh} = 0,09 \frac{s b_c f'_c}{f_{yt}}$$

2.8 Joint rangka momen khusus

Gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal dimuka joint harus ditentukan dengan mengasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1.25f_y$. Bila tulangan balok longitudinal menerus melalui joint balok-kolom, dimensi kolom yang sejajar terhadap tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter batang tulangan balok longitudinal terbesar untuk beton normal (normal weight). Untuk beton ringan (lightweight) dimensinya tidak boleh kurang dari 26 kali diameter batang tulangan.

2.8.1 Kekuatan geser

Untuk beton berat normal V_n joint tidak boleh diambil sebagai yang lebih besar dari nilai yang ditetapkan:

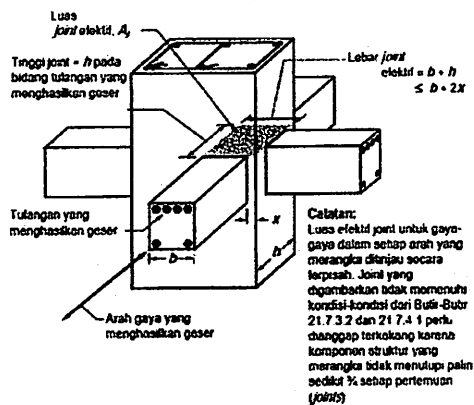
- (a) Untuk joint terkekang oleh balok-balok pada semua empat muka

$$\dots\dots\dots 1.7 \sqrt{f'_c} A_j$$

(b) Untuk joint terkekang oleh balok-balok pada semua tiga muka atau pada dua muka yang berlawanan..... $1.2\sqrt{f'c'A_j}$

(c) Untuk kasus-kasus lainnya..... $1.7\sqrt{f'c'A_j}$

Suatu balok yang merangka kedalam suatu muka dianggap memberikan pengekangan pada joint bila balok tersebut menutupi paling sedikit tiga perempat muka joint. Perpanjangan balok paling sedikit satu kali tinggi balok keseluruhan h melewati muka joint diizinkan. untuk dianggap mencukupi pemengekang muka joint tersebut.



Gambar 2.4 luas joint efektif

Sumber: SNI 2847 2013

- **Komponen lentur**

Biasanya komponen struktur akan terkena beban gempa lebih besar dari beban yang ditentukan oleh peraturan waktu kena gempa bumi sesungguhnya,

karena itu perencanaan dengan kombinasi beban saja dipandang kurang aman, mengingat tegangan dapat lebih dari f_y sehingga akan timbul gaya geser lebih besar dari hasil perencanaan itu .

Atas dasar itu, maka komponen lentur harus didesain dengan gaya geser dengan memakai momen maksimum yang mungkin terjadi (M_{pr}) , (yang merupakan momen kapasitas balok dengan tegangan tulangan sebesar $f_s = 1,25 f_y$ dan $\phi = 1$) di tambah beban gravitasi di balok tersebut (lihat Gambar). Ingat maksimum V_e harus dicari dari hasil konsideren goyang struktur kekiri dan kekanan.

Analisa yang sama berlaku pada struktur yang berada di WG3 dan WG4 kecuali cukup memakai M_n daripada M_{pr} . Juga untuk WG ini tersedia prosedur alternatif yang menghitung V_e dari $2 \times V_u$ sebagai pengganti pemakaian kuat momen nominal M_n .

Suatu balok yang merangka pada suatu balok-kolom dianggap memberikan kekangan bila setidaknya $\frac{3}{4}$ bidang muka hubungan balok-kolom tersebut tertutupi oleh balok yang merangka tersebut. Hubungan balok kolom dapat dianggap terkekang bila ada empat balok merangka pada keempat sisi hubungan balok-kolom tersebut.

2. Untuk beton ringan, kuat geser nominal hubungan balok-kolom tidak boleh diambil lebih besar daripada $\frac{3}{4}$ nilai-nilai yang diberikan oleh ketentuan kuat geser.

2.9 Pembebanan

Berdasarkan peraturan-peraturan diatas, struktur sebuah gedung harus direncanakan kekuatannya terhadap bebab-beban berikut:

1. Beban Mati (*Dead Load*), dinyatakan dengan lambang DL.
2. Beban Hidup (*Live Load*), dinyatakan dengan lambang LL.
3. Beban Gempa (*Earthquake Load*), dinyatakan dengan lambang E
4. Beban Angin (*Wind Load*), dinyatakan dengan lambang W.

- **Deskripsi Pembebanan**

Beban-beban yang bekerja pada struktur bangunan ini adalah sebagai berikut:

- **Beban Mati (DL)**

Beban mati yang diperhitungkan dalam struktur gedung bertingkat ini merupakan berat sendiri elemen struktur bangunan yang memiliki fungsi structural menahan beban. Beban dari berat sendiri elemen-elemen tersebut diantaranya sebagai berikut:

1. Beton = 2400 kg/m^3
2. Tegel (24 kg/m^2) + Spesi (21 kg/m^2) = 45 kg/m^3
3. Plum bing = 10 kg/m^3
4. Plafond + Penggantung = 18 kg/m^3
5. Dinding $\frac{1}{2}$ bata = 250 kg/m^2

Beban tersebut harus disesuaikan dengan volume elemen struktur yang akan digunakan. Karena analisis dilakukan dengan program bantu teknik sipil, maka berat sendiri akan dihitung secara langsung.

- **Beban Hidup (LL)**

Beban hidup yang diperhitungkan adalah beban hidup selama masa layan. Beban hidup selama masa konstruksi tidak diperhitungkan karena diperkirakan beban hidup masa layan lebih besar daripada beban hidup pada masa konstruksi. Beban hidup yang direncanakan adalah sebagai berikut:

a) Beban Hidup pada Lantai Gedung

Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada, yaitu sebesar 250 kg/m².

b) Beban Hidup pada Atap Gedung

Beban hidup yang digunakan mengacu pada standar pedoman pembebanan yang ada, yaitu sebesar 100 kg/m².

2.10 Pedoman Perhitungan Kuat Lentur Kolom SRPMK

Untuk menentukan nilai kuat lentur ini di pakai rumus kuat lentur minimum dan gaya aksial yang bekerja . Dalam SNI 2874 Pasal 23.4. hanya menentukan syarat $\sum M_c > \frac{6}{5} \sum M_g$ dimana $\sum M_c$ adalah jumlah kuat momen nominal kolom di atas dan di bawa muka HBK yang di hasilkan oleh diagram interaksi oleh beban aksial berfaktor terkecil konsisten dengan arah arah beban lateral . $\sum M_g$ adalah jumlah kuat momen nominal dari balok balok di muka HBK .

BAB III

METODOLOGI

3.1 Data Perencanaan

Nama Proyek	: Apartemen Bale Hinggil Surabaya
Luas Bangunan	: 4.400 m ²
Jumlah Lantai	: 32 Lantai
Luas Tiap Sektor	: 400 m ² sampai dengan 500 m ²
Kedalaman Pancang	: 30 m ²
Daya Dukung Tanah	: 400 t
Diameter Pancang	: 45 Ø
Diameter Kolom	: 90 cm x 90 cm dan 80 cm x 80 cm (Untuk lantai 7 kebawah)
Diameter Balok	: 25 cm x 25 cm

3.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan pendekatan studi kasus. Sedangkan data perhitungannya menggunakan metode Sistem Rangka Pemikul Momen.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

1. Observasi (Pengamatan)

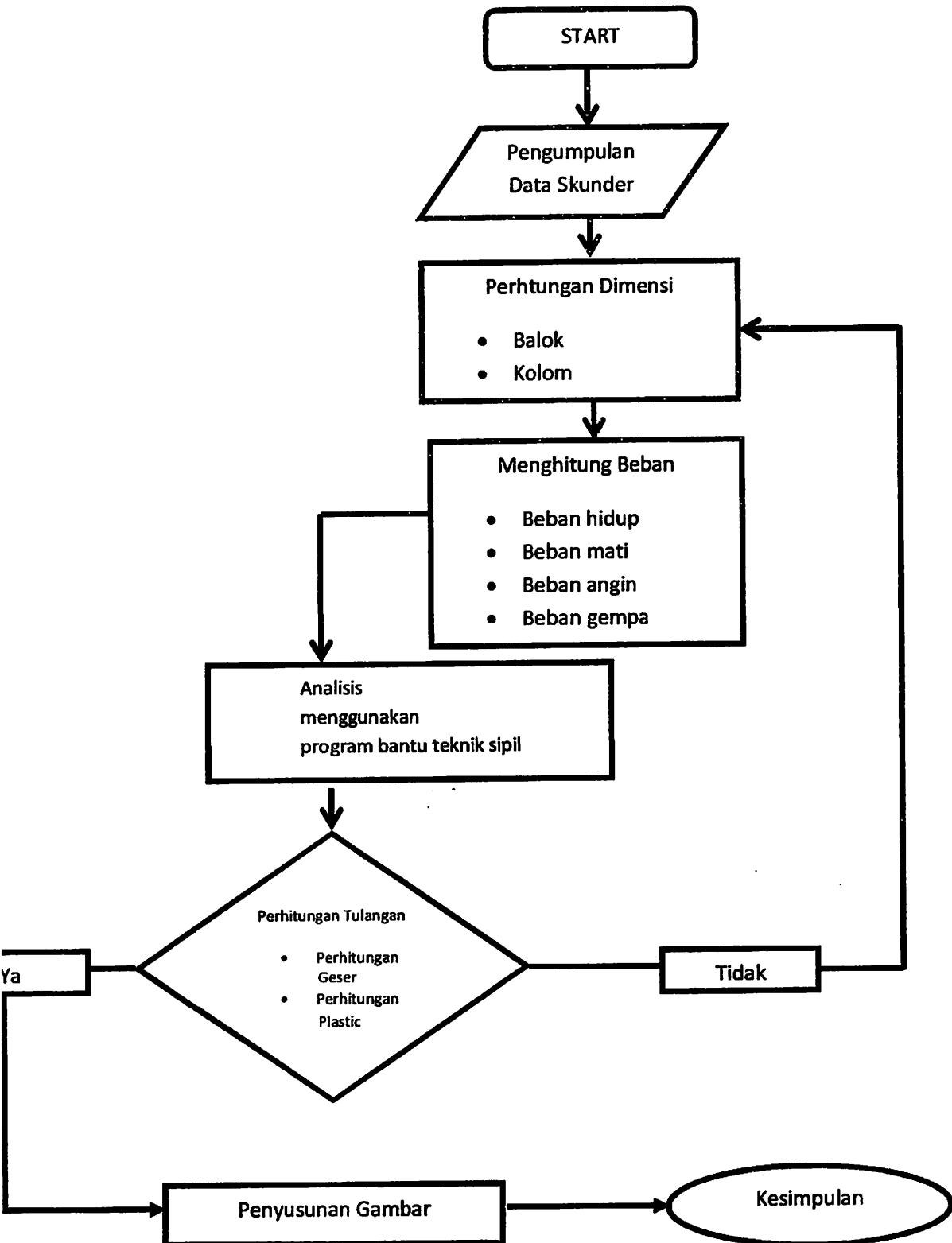
Observasi dilakukan untuk mengetahui situasi objek yang sedang dikaji yaitu dengan cara melakukan tinjauan pada proyek Apartement Bale Hinggil Surabaya Merr II.

2. Pengambilan data yang sudah ada

Pengumpulan data-data primer yang sudah ada dari perusahaan yang berkaitan dengan pembangunan Apartement Bale Hinggil Surabaya berupa:

Gambar-gambar pekerjaan proyek pembangunan Apartement Bale Hinggil Di Surabaya diantaranya yaitu Gambar Arsitektur dan Gambar Struktur.

3.4 Bagan Alir



3.5 Perhitungan Pembebanan

Beban Mati (Dead Load)

a) Berat struktur lantai atap

Berat lantai atap

Diketahui :

- Tebal plat : 15 cm
- Berat volume beton bertulang : 2400 kg/m³

$$\begin{aligned}\text{Berat pelat} &= \text{Tebal pelat} \times \text{Berat volume beton bertulang} \\ &= 0.15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= \mathbf{360 \text{ Kg/m}^2}\end{aligned}$$

Sumber: PPIUG 1987

Berat plafon + penggantung

Diketahui :

- Berat semen asbes (4 mm) : 11 Kg/m²
- Berat langit-langit kayu : 7 Kg/m²

Sumber: PPIUG 1987

$$\begin{aligned}\text{Berat penggantung} &= \text{Berat semen asbes} + \text{Berat langit-langit} \\ &= 11 \text{ Kg/m}^2 + 7 \text{ Kg/m}^2 \\ &= \mathbf{18 \text{ Kg/m}^2}\end{aligned}$$

Maka total berat lantai atap / m² adalah

$$\begin{array}{rcl}\text{Berat sendiri pelat} & : & 360 \text{ Kg/m}^2 \\ \text{Berat plafon + penggantung} & : & \underline{18 \text{ Kg/m}^2} + \\ \text{Berat total/m}^2 & & \mathbf{378 \text{ Kg/m}^2}\end{array}$$

Diketahui :

- Panjang gedung : 81 m
- Lebar gedung : 48 m
- Berat lantai/m² : 378 Kg/m²

$$\text{Berat lantai atap} = \text{Luas lantai atap} \times \text{Berat lantai/m}^2$$

$$= (81 \times 48) \times 378$$

$$= 1469664 \text{ kg}$$

Berat balok

Diketahui :

Berat volume beton bertulang : 2400 Kg/m^3

Tebal plat : 15 cm (0.2 m)

Berat balok = $A \times L \times Bv \text{ Beton bertulang} \times \Sigma \text{ balok}$

Dimana :

A = Luas penampang balok, dimana dimensi tinggi balok dikurangi dengan tebal pelat ($h = h_{\text{balok}} - T_{\text{pelat}}$)

L = Panjang bentangan balok (m), dimana bentangan balok dikurangi dimensi kolom, sesuai arah bentangan balok.

Bv = Berat volume Beton Bertulang (2400 Kg/m^3)

Σ = Jumlah Balok (buah)

Berat balok memanjang

$$\text{Balok (30 / 60)} = 0.3 \times (0.6 - 0.2) \times (6 - 0.6) \times 2400 \times 84$$

$$= 146966 \text{ kg}$$

$$\text{Balok (25 / 45)} = 0.25 \times (0.5 - 0.2) \times (6 - 0.5) \times 2400 \times 36$$

$$= 35964 \text{ kg}$$

$$\text{Balok (25 / 50)} = 0.25 \times (0.5 - 0.2) \times (6 - 0.5) \times 2400 \times 6$$

$$= 6930 \text{ kg}$$

$$\text{Balok (25 / 40)} = 0.25 \times (0.4 - 0.2) \times (3 - 0.4) \times 2400 \times 24$$

$$= 9360 \text{ kg}$$

Maka berat total balok memanjang pada lantai atap sebesar :

$$\text{DL balok memanjang} = 199220 \text{ Kg}$$

Berat balok melintang

$$\text{Balok (30 / 60)} = 0.3 \times (0.6 - 0.2) \times (6.18 - 0.6) \times 2400 \times 28$$

$$= 50576 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (25 / 45)} &= 0.25 \times (0.5 - 0.2) \times (4.35 - 0.5) \times 2400 \times 24 \\ &= 16848 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (40 / 75)} &= 0.4 \times (0.8 - 0.2) \times (8.82 - 0.8) \times 2400 \times 28 \\ &= 130153 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (30 / 60)} &= 0.3 \times (0.6 - 0.2) \times (6 - 0.6) \times 2400 \times 24 \\ &= 41990 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (25 / 50)} &= 0.25 \times (0.5 - 0.2) \times (6 - 0.5) \times 2400 \times 12 \\ &= 13860 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (30 / 60)} &= 0.3 \times (0.6 - 0.2) \times (8.82 - 0.6) \times 2400 \times 12 \\ &= 31959 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (25 / 45)} &= 0.25 \times (0.5 - 0.2) \times (4.41 - 0.5) \times 2400 \times 6 \\ &= 4276.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka berat total balok melintang pada lantai atap sebesar :

$$\text{DL balok melintang} = 289664 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat total balok} &= \text{DL balok memanjang} + \text{DL balok melintang} \\ &= 199220 + 289664 \\ &= \mathbf{488884 \text{ kg}} \end{aligned}$$

Berat kolom

Diketahui :

$$\text{Berat volume beton bertular} : 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Tinggi lantai} : 3.15 \text{ m}$$

$$\text{Berat kolom} = A \times h \times B_v \text{ beton bertulang} \times \Sigma \text{ kolom}$$

Dimana :

$$A = \text{Luas peampang kolom (lebar x panjang ,m)}$$

$$h = \text{tinggi kolom (m)}$$

$$B_j = \text{Berat volume beton bertulang (2400 kg/m}^3 \text{)}$$

Σ = jumlah kolom (buah)

Berat kolom

$$\begin{aligned} \text{Kolom (60 / 80)} &= (0.6 \times 0.8) \times 3.15 \times 2400 \times 44 \\ &= 159667 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kolom (80 / 80)} &= (0.8 \times 0.8) \times 3.15 \times 2400 \times 60 \\ &= 290304 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Maka berat total kolom adalah sebesar :

$$\text{DL kolom} = 449971 \text{ Kg}$$

Berat dinding

Diketahui :

berat volume pasangan bata merah 1700 Kg/m³

tebal dinding : 15 cm (0.15 m)

tinggi lantai : 3.15 m

Sumber: PPIUG 1987

Berat dinding = t x h x L x Bv bata merah

Dimana :

t = tebal dinding (0.15 m)

h = Tinggi tembok (m), dimana tinggi lantai harus dikurangi dimensi tinggi balok.

L = Panjang bentang dinding (m)

Bv = Berat volume bata merah 1700 Kg/m³

Berat dinding arah memanjang

$$\begin{aligned} \text{Melintang} &= 0.15 \times (3.15 - 0.5) \times 367 \times 1700 \\ &= 252680 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berat dinding arah memanjang

$$\begin{aligned} \text{Melintang} &= 0.15 \times (3.15 - 0.5) \times 244 \times 1700 \\ &= 167994 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka berat total dinding adalah

$$\text{Berat dinding} = 420673.5 \text{ kg}$$

Dari perhitungan diatas, didapat total berat beban mati keseluruhan untuk struktu

Lantai atap adalah sebesar :

- Berat lantai atap : 1469664 kg
 - Berat Balok : 488884.32 kg
 - Berat Kolom : 449971.2 kg
 - Berat Dinding : 420673.5 kg +
- Berat Total (qd) 2829193.02 kg**

b) Berat struktur lantai 5-32

- Berat lantai 5-32

Diketahui :

- Tebal plat : 15 cm
- Berat volume beton bertular : 2400 kg/m³

$$\begin{aligned}\text{Berat pelat} &= \text{Tebal pelat} \times \text{Berat volume beton bertulang} \\ &= 0.15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= \mathbf{360 \text{ Kg/m}^2}\end{aligned}$$

Sumber: PPIUG 1987

- Berat pasir

Diketahui :

- Tebal urug (5 cm) : 0.05 m
- Berat volume pasir : 1600 Kg/m³

$$\begin{aligned}\text{Berat pasir} &= \text{Tebal urugan} \times \text{Berat volume pasir} \\ &= 0.05 \text{ m} \times 1600 \text{ Kg/m}^3 \\ &= \mathbf{80 \text{ Kg/m}^2}\end{aligned}$$

Sumber: PPIUG 1987

- Berat pasangan keramik

Diketahui :

- Tebal adukan (2.5 cm) : 2.5 cm
- Berat volume adukan : 21 Kg/m³/cm tebal

- Tebal keramik : 0.7 cm
- Berat volume keramik : 24 Kg/m²/cm tebal

Sumber: PPIUG 1987

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pas. Keramik} &= (\text{Tebal adukan} \times \text{Berat volume adukan}) \\
 &\quad + (\text{Tebal keramik} \times \text{berat volume keramik}) \\
 &= (2.5 \times 21) + (0.7 \times 24) \\
 &= \mathbf{69.3 \text{ Kg/m}^2}
 \end{aligned}$$

Berat plafon + penggantung

Diketahui :

- Berat semen asbes (4 mm) : 11 Kg/m²
- Berat langit-langit kayu : 7 Kg/m²

Sumber: PPIUG 1987

$$\begin{aligned}
 \text{Berat penggantung} &= \text{Berat semen asbes} + \text{Berat langit-langit} \\
 &= 11 \text{ Kg/m}^2 + 7 \text{ Kg/m}^2 \\
 &= 18 \text{ Kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Maka total berat lantai atap / m² adalah

Berat sendiri pelat	:	360 Kg/m ²
Berat pasir urug	:	80 Kg/m ²
Berat pasang keramik	:	69.3 Kg/m ²
Berat plafon + penggantung	:	<u>18 Kg/m²</u>
Berat total/m ²		527 Kg/m ²

Diketahui :

- Panjang gedung : 81 m
- Lebar gedung : 48 m
- Berat lantai/m² : 527 Kg/m²

$$\begin{aligned}
 \text{Berat lantai 5-32} &= \text{Luas lantai atap} \times \text{Berat lantai/m}^2 \\
 &= (81 \times 48) \times 527
 \end{aligned}$$

$$= 2050142.4 \text{ kg}$$

- Berat balok

Diketahui :

Berat volume beton bertulang : 2400 Kg/m^3

Tebal plat : 12 cm (0.12 m)

Berat balok = $A \times L \times Bv \text{ Beton bertulang} \times \Sigma \text{ balok}$

Dimana :

A = Luas penampang balok, dimana dimensi tinggi balok dikurangi dengan tebal pelat ($h = h_{\text{balok}} - T_{\text{pelat}}$)

L = Panjang bentangan balok (m), dimana bentangan balok dikurangi dimensi kolom, sesuai arah bentangan balok.

Bv = Berat volume Beton Bertulang (2400 Kg/m^3)

Σ = Jumlah Balok (buah)

Berat balok memanjang

$$\begin{aligned} \text{Balok (30 / 60)} &= 0.3 \times (0.6 - 0.15) \times (6 - 0.6) \times 2400 \times 84 \\ &= 146966 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (25 / 45)} &= 0.25 \times (0.5 - 0.15) \times (6 - 0.5) \times 2400 \times 36 \\ &= 35964 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (25 / 50)} &= 0.25 \times (0.5 - 0.15) \times (6 - 0.5) \times 2400 \times 6 \\ &= 6930 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (25 / 40)} &= 0.25 \times (0.4 - 0.15) \times (3 - 0.4) \times 2400 \times 24 \\ &= 9360 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka berat total balok memanjang pada lantai atap sebesar :

$$\text{DL balok memanjang} = 199220 \text{ Kg}$$

Berat balok melintang

$$\begin{aligned} \text{Balok (30 / 60)} &= 0.3 \times (0.6 - 0.15) \times (6.18 - 0.6) \times 2400 \times 28 \\ &= 50576 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Balok (25 / 45)} &= 0.25 \times (0.5 - 0.15) \times (4.35 - 0.5) \times 2400 \times 24 \\
 &= 16848 \text{ kg} \\
 \text{Balok (40 / 75)} &= 0.4 \times (0.8 - 0.15) \times (8.82 - 0.8) \times 2400 \times 28 \\
 &= 130153 \text{ kg} \\
 \text{Balok (30 / 60)} &= 0.3 \times (0.6 - 0.15) \times (6 - 0.6) \times 2400 \times 24 \\
 &= 41990 \text{ kg} \\
 \text{Balok (25 / 50)} &= 0.25 \times (0.5 - 0.15) \times (6 - 0.5) \times 2400 \times 12 \\
 &= 13860 \text{ kg} \\
 \text{Balok (30 / 60)} &= 0.3 \times (0.6 - 0.15) \times (8.82 - 0.6) \times 2400 \times 12 \\
 &= 31959 \text{ kg} \\
 \text{Balok (25 / 45)} &= 0.25 \times (0.5 - 0.15) \times (4.41 - 0.5) \times 2400 \times 6 \\
 &= 4276.8 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka berat total balok melintang pada lantai atap sebesar :

$$\text{DL balok melintang} = 289664 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total balok} &= \text{DL balok memanjang} + \text{DL balok melintang} \\
 &= 199220 + 289664 \\
 &= \mathbf{488884 \text{ kg}}
 \end{aligned}$$

Berat kolom

Diketahui :

$$\text{Berat volume beton bertulang} : 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Tinggi lantai} : 3.15 \text{ m}$$

$$\text{Berat kolom} = A \times h \times B_v \text{ beton bertulang} \times \Sigma \text{ kolom}$$

Dimana :

$$A = \text{Luas peampang kolom (lebar x panjang ,m)}$$

$$h = \text{tinggi kolom (m)}$$

$$B_j = \text{Berat volume beton bertulang (2400 kg/m}^3 \text{)}$$

Σ = jumlah kolom (buah)

Berat kolom

$$\begin{aligned} \text{Kolom (60 / 80)} &= (0.6 \times 0.8) \times 3.15 \times 2400 \times 44 \\ &= (159667 \text{ Kg}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kolom (80 / 80)} &= (0.8 \times 0.8) \times 3.15 \times 2400 \times 60 \\ &= (290304 \text{ kg}) \end{aligned}$$

Maka berat total kolom adalah sebesar :

$$\text{DL kolom} = (449971.2) \text{ Kg}$$

Berat dinding

Diketahui :

berat volume pasangan bata merah 1700 Kg/m³

tebal dinding : 15 cm (0.15 m)

tinggi lantai : 3.15 m

Sumber: PPIUG 1987

Berat dinding = t x h x L x Bv bata merah

Dimana :

t = tebal dinding (0.15 m)

h = Tinggi tembok (m), dimana tinggi lantai harus dikurangi dimensi tinggi balok

L = Panjang bentang dinding (m)

Bv = Berat volume bata merah 1700 Kg/m³

Berat dinding arah memanjang

$$\begin{aligned} \text{Memanjang} &= 0.15 \times (3.15 - 0.05) \times 367 \times 1700 \\ &= 290114 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berat dinding arah melintang

$$\begin{aligned} \text{Melintang} &= 0.15 \times (3.15 - 0.05) \times 224 \times 1700 \\ &= 177072 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka berat total dinding adalah

Berat dinding = 467186 kg

Dari perhitungan diatas, didapat total berat beban mati keseluruhan untuk struktu

Lantai atap adalah sebesar :

- Berat lantai 5-32 : 2050142.4 kg
 - Berat Balok : 488884 kg
 - Berat Kolom : 449971 kg
 - Berat Dinding : 467186 kg +
- Berat Total (qd) 3456183.4 kg

c) Berat struktur lantai 1-4

- Berat lantai 1-4

Diketahui :

- Tebal plat : 15 cm
- Berat volume beton bertulang : 2400 kg/m³

$$\begin{aligned}\text{Berat pelat} &= \text{Tebal pelat} \times \text{Berat volume beton bertulang} \\ &= 0.15 \text{ m} \times 2400 \text{ kg/m}^3 \\ &= \mathbf{360 \text{ Kg/m}^2}\end{aligned}$$

Sumber: PPIUG 1987

- Berat pasir

Diketahui :

- Tebal urug (5 cm) : 0.05 m
- Berat volume pasir : 1600 Kg/m³

$$\begin{aligned}\text{Berat pasir} &= \text{Tebal urugan} \times \text{Berat volume pasir} \\ &= 0.05 \text{ m} \times 1600 \text{ Kg/m}^3 \\ &= \mathbf{80 \text{ Kg/m}^2}\end{aligned}$$

Sumber: PPIUG 1987

- Berat pasangan keramik

Diketahui :

- Tebal adukan (2.5 cm) : 2.5 cm
- Berat volume adukan : 21 Kg/m³/cm tebal
- Tebal keramik : 0.7 cm
- Berat volume keramik : 24 Kg/m²/cm tebal

Sumber: PPIUG 1987

$$\begin{aligned}\text{Berat pas. Keramik} &= (\text{Tebal adukan} \times \text{Berat volume adukan}) \\ &\quad + (\text{Tebal keramik} \times \text{berat volume keramik}) \\ &= (2.5 \times 21) + (0.7 \times 24) \\ &= \mathbf{69.3 \text{ Kg/m}^2}\end{aligned}$$

Berat plafon + penggantung

Diketahui :

- Berat semen asbes (4 mm) : 11 Kg/m²
- Berat langit-langit kayu : 7 Kg/m²

Sumber: PPIUG 1987

$$\begin{aligned}\text{Berat penggantung} &= \text{Berat semen asbes} + \text{Berat langit-langit} \\ &= 11 \text{ Kg/m}^2 + 7 \text{ Kg/m}^2 \\ &= 18 \text{ Kg/m}^2\end{aligned}$$

Maka total berat lantai atap / m² adalah

Berat sendiri pelat	:	360 Kg/m ²
Berat pasir urug	:	80 Kg/m ²
Berat pasang keramik	:	69.3 Kg/m ²
Berat plafon + penggantung	:	<u>18 Kg/m²</u> +
Berat total/m ²		527 Kg/m ²

Diketahui :

- Panjang gedung : 81 m
- Lebar gedung : 48 m
- Berat lantai/m² : 527 Kg/m²

$$\begin{aligned}\text{Berat lantai 1-4} &= \text{Luas lantai atap} \times \text{Berat lantai/m}^2 \\ &= (81 \times 48) \times 527 \\ &= 2050142.4 \text{ kg}\end{aligned}$$

- Berat balok

Diketahui :

- Berat volume beton bertulang : 2400 Kg/m³
- Tebal plat : 15 cm (0.15 m)

$$\text{Berat balok} = A \times L \times Bv \text{ Beton bertulang} \times \Sigma \text{ balok}$$

Dimana :

A = Luas penampang balok, dimana dimensi tinggi balok dikurangi dengan tebal pelat ($h = h_{\text{balok}} - T_{\text{pelat}}$)

L = Panjang bentangan balok (m), dimana bentangan balok dikurangi dimensi kolom, sesuai arah bentangan balok.

Bv = Berat volume Beton Bertulang (2400 Kg/m³)

Σ = Jumlah Balok (buah)

Berat balok memanjang

$$\begin{aligned} \text{Balok (30 / 60)} &= 0.3 \times (0.6 - 0.15) \times (6 - 0.6) \times 2400 \times 92 \\ &= 160963 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (30 / 60)} &= 0.3 \times (0.6 - 0.15) \times (3 - 0.6) \times 2400 \times 12 \\ &= 9331.2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (40 / 80)} &= 0.4 \times (0.8 - 0.15) \times (6 - 0.8) \times 2400 \times 12 \\ &= 38937.6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (40 / 80)} &= 0.4 \times (0.8 - 0.15) \times (3 - 0.8) \times 2400 \times 4 \\ &= 5491.2 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (25 / 40)} &= 0.25 \times (0.4 - 0.15) \times (3 - 0.4) \times 2400 \times 20 \\ &= 7800 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (25 / 50)} &= 0.25 \times (0.5 - 0.15) \times (3 - 0.5) \times 2400 \times 8 \\ &= 4200 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka berat total balok memanjang pada lantai atap sebesar :

$$\text{DL balok memanjang} = 226723 \text{ Kg}$$

Berat balok melintang

$$\begin{aligned} \text{Balok (30 / 60)} &= 0.3 \times (0.6 - 0.15) \times (6.18 - 0.6) \times 2400 \times 29 \\ &= 52382.7 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Balok (30 / 60)} = 0.3 \times (0.6 - 0.15) \times (6 - 0.6) \times 2400 \times 35$$

$$= 61236 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (30 / 60)} &= 0.3 \times (0.6 - 0.15) \times (4 - 0.6) \times 2400 \times 14 \\ &= 15422.4 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (25 / 50)} &= 0.25 \times (0.5 - 0.15) \times (6.18 - 0.5) \times 2400 \times 24 \\ &= 28602 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (40 / 75)} &= 0.4 \times (0.8 - 0.15) \times (8.83 - 0.8) \times 2400 \times 27 \\ &= 125582 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (30 / 60)} &= 0.3 \times (0.6 - 0.15) \times (8.83 - 0.6) \times 2400 \times 12 \\ &= 31978.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (40 / 80)} &= 0.4 \times (0.8 - 0.15) \times (10 - 0.8) \times 2400 \times 13 \\ &= 74630.4 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (25 / 50)} &= 0.25 \times (0.5 - 0.15) \times (4.41 - 0.5) \times 2400 \times 16 \\ &= 13147.7 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (25 / 50)} &= 0.25 \times (0.5 - 0.15) \times (4 - 0.5) \times 2400 \times 12 \\ &= 8820 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Balok (40 / 80)} &= 0.4 \times (0.8 - 0.15) \times (6 - 0.8) \times 2400 \times 4 \\ &= 12979.2 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka berat total balok melintang pada lantai atap sebesar :

$$\text{DL balok melintang} = 424782 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat total balok} &= \text{DL balok memanjang} + \text{DL balok melintang} \\ &= 226723 + 424782 \\ &= \mathbf{651505 \text{ kg}} \end{aligned}$$

Berat kolom

Diketahui :

$$\text{Berat volume beton bertulan: } 2400 \text{ kg/m}^3$$

Tinggi lantai : 4 m

Berat kolom = $A \times h \times B_v$ beton bertulang $\times \Sigma$ kolom

Dimana :

A = Luas peampang kolom (lebar \times panjang ,m)

h = tinggi kolom (m)

B_v = Berat volume beton bertulang (2400 kg/m³)

Σ = jumlah kolom (buah)

Berat kolom

$$\begin{aligned} \text{Kolom (60 / 80)} &= (0.6 \times 0.8) \times 4 \times 2400 \times 28 \\ &= 129024 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kolom (80 / 80)} &= (0.8 \times 0.8) \times 4 \times 2400 \times 28 \\ &= 172032 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kolom (90 / 90)} &= (0.9 \times 0.9) \times 4 \times 2400 \times 36 \\ &= 279936 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kolom (50 / 70)} &= (0.5 \times 0.7) \times 3.5 \times 2400 \times 20 \\ &= 58800 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Maka berat total kolom adalah sebesar :

$$\text{DL kolom} = 639792 \text{ Kg}$$

Berat dinding

Diketahui :

berat volume pasangan bata merah 1700 Kg/m³

tebal dinding : 15 cm (0.15 m)

tinggi lantai : 4 m

Sumber: PPIUG 1987

Berat dinding = $t \times h \times L \times B_v$ bata merah

Dimana :

t = tebal dinding (0.15 m)

h = Tinggi tembok (m),dimana tinggi lantai harus dikurangi dimensi tinggi balok.

L = Panjang bentang dinding (m)

Bv = Berat volume bata merah 1700 Kg/m³

Berat dinding arah memanjang

$$\begin{aligned} \text{Memanjang} &= 0.15 \times (4 - 0.6) \times 323 \times 1700 \\ &= 280041 \text{ kg} \end{aligned}$$

Berat dinding arah Melintang

$$\begin{aligned} \text{Melintang} &= 0.15 \times (4 - 0.6) \times 225 \times 1700 \\ &= 195075 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka berat total dinding adalah

$$\text{Berat diding} = 475116 \text{ kg}$$

Dari perhitungan diatas, didapat total berat beban mati keseluruhan untuk struktur

Lantai atap adalah sebesar :

- Berat lantai 1-4 : 2050142.4 kg
 - Berat Balok : 651505 kg
 - Berat Kolom : 639792 kg
 - Berat Dinding : 475116 kg +
- Berat Total (qd) 3816555.18 kg

3.6 Spektrum Respons

Untuk kota Surabaya berdasarkan SNI 1726-2012 memiliki percepatan batuan dasar, yaitu :

$$- S_s = 0.7$$

$$- S_I = 0.25$$

Jenis tanah untuk wilayah kota Surabaya di mana gedung tersebut berada adalah tanah LUNAK.

- Penentuan koefisien situs F_a dan F_s

Koefisien situs F_a

Ditentukan berdasarkan beberapa parameter, yaitu nilai S_s yang terdapat pada Tabel 2.10 dan kelas situs yang berdasarkan jenis tanah yang terdapat pada Tabel 2.9.

$$S_s = 0.7$$

$$\text{Kelas situs} = \text{SE}(\text{tanah lunak})$$

Dari data di atas, didapat nilai :

$$F_a = 1.3$$

Koefisien situs F_v

Ditentukan berdasarkan beberapa parameter, yaitu nilai S_I yang terdapat pada Tabel 2.11 dan kelas situs yang berdasarkan jenis tanah yang terdapat pada Tabel 2.9.

$$S_I = 0.3$$

$$\text{Kelas situs} = \text{SC}(\text{tanah keras})$$

Dari data di atas, didapat nilai :

$$F_v = 2.9$$

- Penentuan nilai S_{MS} dan S_{MI}

$$S_{MS} = F_a S_s$$

$$S_{MS} = 1.3 \times 0.7 = 0.9$$

$$S_{MI} = F_v S_I$$

$$S_{MI} = 2.9 \times 0.3 = 0.73$$

- Penentuan nilai S_{DS} dan S_{DI}

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} 0.9 = 0.607$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} S_{MI}$$

$$S_{DI} = \frac{2}{3} 0.7 = 0.483$$

- Penentuan nilai T_o dan T_s

$$T_o = 0.2 \frac{S_{DI}}{S_{DS}}$$

$$T_o = 0.2 \frac{0.483}{0.607} = 0.1593$$

$$T_s = \frac{S_{DI}}{S_{DS}}$$

$$T_s = \frac{0.483}{0.607} = 0.797$$

T	g
0	0.152
0.159	0.607
0.2	0.607
0.797	0.607
1	0.483

- Penentuan nilai S_a

1. Untuk periode yang lebih kecil dari T_o , spektrum respons

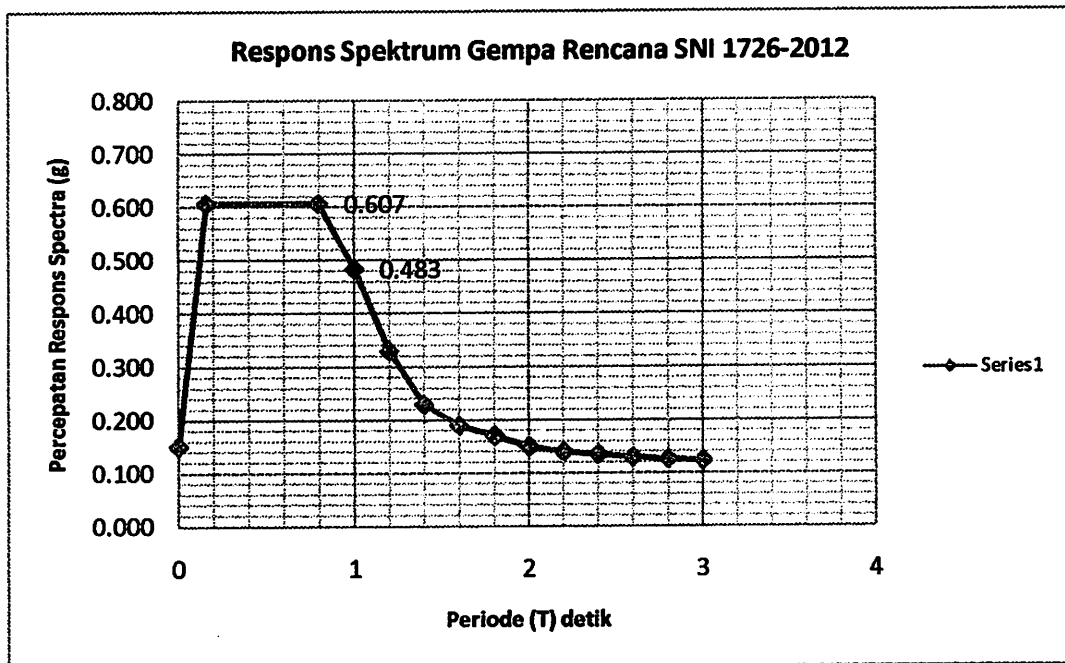
percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan :

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

2. Untuk periode yang lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil atau sama dengan T_s , spektrum respons desain, S_a , sama dengan S_{DS} .
3. Untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = \frac{S_{DI}}{T}$$

Spektrum gempa rencana SNI 1726-2012 yang diplot ke dalam *Microsoft Excel* sebagai berikut.



Gambar 3.4 Respons Spketrum Gempa Rencana

3.7 Pusat Massa dan Rotasi

Story	Diaphragm	MassX	MassY	XCM	YCM	CumMassX
STORY1	D1	348601.945	348602	40.491	24	348601.945
STORY2	D2	348601.945	348602	40.491	24	348601.945
STORY3	D3	348601.945	348602	40.491	24	348601.945
STORY4	D4	335772.651	335773	40.455	24	335772.651
STORY5	D5	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY6	D6	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY7	D7	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY8	D8	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY9	D9	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY10	D10	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY11	D11	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY12	D12	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY13	D13	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY14	D14	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY15	D15	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY16	D16	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY17	D17	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY18	D18	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY19	D19	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY20	D20	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY21	D21	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY22	D22	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY23	D23	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY24	D24	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY25	D25	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY26	D26	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY27	D27	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY28	D28	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY29	D29	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY30	D30	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY31	D31	141313.353	141313	18.961	24	141313.353
STORY32	D32	121021.523	121022	18.836	24	121021.523

CumMassY	XCCM	YCCM	XCR	YCR
348601.94	40.491	24.002	40.525	24
348601.94	40.491	24.002	40.513	24
348601.94	40.491	24.002	40.503	24
335772.65	40.455	24.002	40.487	24
348601.94	40.491	24.002	40.503	24
335772.65	40.455	24.002	40.487	24
141313.35	18.961	24	36.723	24
141313.35	18.961	24	31.176	24
141313.35	18.961	24	27.345	24
141313.35	18.961	24	24.927	24
141313.35	18.961	24	23.348	24
141313.35	18.961	24	22.262	24
141313.35	18.961	24	21.479	24
141313.35	18.961	24	20.892	24
141313.35	18.961	24	20.437	24
141313.35	18.961	24	20.073	24
141313.35	18.961	24	19.774	24
141313.35	18.961	24	19.525	24
141313.35	18.961	24	19.312	24
141313.35	18.961	24	19.127	24
141313.35	18.961	24	18.965	24
141313.35	18.961	24	18.819	24
141313.35	18.961	24	18.688	24
141313.35	18.961	24	18.568	24
141313.35	18.961	24	18.458	24
141313.35	18.961	24	18.458	24
141313.35	18.961	24	18.356	24
141313.35	18.961	24	18.259	24
141313.35	18.961	24	18.168	24
141313.35	18.961	24	18.082	24
141313.35	18.961	24	17.999	24
141313.35	18.961	24	17.917	24
141313.35	18.961	24	17.835	24
141313.35	18.961	24	17.749	24
121021.52	18.836	24	17.657	24

Ukuran Gedung

B = 48 m 14.4
 L = 81 m

Story	Pusat Massa		Pusat Rotasi		Eksentrisitas (e)	
	X	Y	X	Y	X	Y
STORY1	40.491	24	40.525	24	-0.034	0
STORY2	40.491	24	40.513	24	-0.022	0
STORY3	40.491	24	40.503	24	-0.012	0
STORY4	40.455	24	40.487	24	-0.032	0
STORY5	18.961	24	36.723	24	-17.762	0
STORY6	18.961	24	31.176	24	-12.215	0
STORY7	18.961	24	27.345	24	-8.384	0
STORY8	18.961	24	24.927	24	-5.966	0
STORY9	18.961	24	24.927	24	-5.966	0
STORY10	18.961	24	23.348	24	-4.387	0
STORY11	18.961	24	22.262	24	-3.301	0
STORY12	18.961	24	21.479	24	-2.518	0
STORY13	18.961	24	20.892	24	-1.931	0
STORY14	18.961	24	20.437	24	-1.476	0
STORY15	18.961	24	20.073	24	-1.112	0
STORY16	18.961	24	19.774	24	-0.813	0
STORY17	18.961	24	19.525	24	-0.564	0
STORY18	18.961	24	19.312	24	-0.351	0
STORY19	18.961	24	19.127	24	-0.166	0
STORY20	18.961	24	18.965	24	-0.004	0
STORY21	18.961	24	18.819	24	0.142	0
STORY22	18.961	24	18.688	24	0.273	0
STORY23	18.961	24	18.568	24	0.393	0
STORY23	18.961	24	18.458	24	0.503	0
STORY24	18.961	24	18.356	24	0.605	0
STORY25	18.961	24	18.259	24	0.702	0
STORY26	18.961	24	18.168	24	0.793	0
STORY27	18.961	24	18.082	24	0.879	0
STORY28	18.961	24	17.999	24	0.962	0
STORY29	18.961	24	17.917	24	1.044	0
STORY30	18.961	24	17.835	24	1.126	0
STORY31	18.961	24	17.749	24	1.212	0
STORY32	18.836	24	17.657	24	1.179	0

$ed = 1,5e + 0,05b$		$ed = e - 0,05b$	
X	Y	X	Y
2.35	2.40	-2.434	-2.4
2.37	2.40	-2.422	-2.4
2.38	2.40	-2.412	-2.398
2.35	2.40	-2.432	-2.398
-24.24	2.40	-20.162	-2.4
-15.92	2.40	-14.615	-2.4
-10.18	2.40	-10.784	-2.4
-6.55	2.40	-8.366	-2.4
-6.55	2.40	-8.366	-2.4
-4.18	2.40	-6.787	-2.4
-2.55	2.40	-5.701	-2.4
-1.38	2.40	-4.918	-2.4
-0.50	2.40	-4.331	-2.4
0.19	2.40	-3.876	-2.4
0.73	2.40	-3.512	-2.4
1.18	2.40	-3.213	-2.4
1.55	2.40	-2.964	-2.4
1.87	2.40	-2.751	-2.4
2.15	2.40	-2.566	-2.4
2.39	2.40	-2.404	-2.4
2.61	2.40	-2.258	-2.4
2.81	2.40	-2.127	-2.4
2.99	2.40	-2.007	-2.4
3.15	2.40	-1.897	-2.4
3.31	2.40	-1.795	-2.4
3.45	2.40	-1.698	-2.4
3.59	2.40	-1.607	-2.4
3.72	2.40	-1.521	-2.4
3.84	2.40	-1.438	-2.4
3.97	2.40	-1.356	-2.4
4.09	2.40	-1.274	-2.4
4.22	2.40	-1.188	-2.4
4.17	2.40	-1.221	-2.4

max		ed = 1,33e + 0,1b		ed= 1,17e - 0,1b		max	
x	y	X	Y	X	Y	x	y
2.35	2.40	4.75	4.80	-4.83978	-4.8	4.75	4.80
2.37	2.40	4.77	4.80	-4.82574	-4.8	4.77	4.80
2.38	2.40	4.78	4.80	-4.81404	-4.79766	4.78	4.80
2.35	2.40	4.76	4.80	-4.83744	-4.79766	4.76	4.80
-20.16	2.40	-18.82	4.80	-25.58154	-4.8	-18.82	4.80
-14.62	2.40	-11.45	4.80	-19.09155	-4.8	-11.45	4.80
-10.18	2.40	-6.35	4.80	-14.60928	-4.8	-6.35	4.80
-6.55	2.40	-3.13	4.80	-11.78022	-4.8	-3.13	4.80
-6.55	2.40	-3.13	4.80	-11.78022	-4.8	-3.13	4.80
-4.18	2.40	-1.03	4.80	-9.93279	-4.8	-1.03	4.80
-2.55	2.40	0.41	4.80	-8.66217	-4.8	0.41	4.80
-1.38	2.40	1.45	4.80	-7.74606	-4.8	1.45	4.80
-0.50	2.40	2.23	4.80	-7.05927	-4.8	2.23	4.80
0.19	2.40	2.84	4.80	-6.52692	-4.8	2.84	4.80
0.73	2.40	3.32	4.80	-6.10104	-4.8	3.32	4.80
1.18	2.40	3.72	4.80	-5.75121	-4.8	3.72	4.80
1.55	2.40	4.05	4.80	-5.45988	-4.8	4.05	4.80
1.87	2.40	4.33	4.80	-5.21067	-4.8	4.33	4.80
2.15	2.40	4.58	4.80	-4.99422	-4.8	4.58	4.80
2.39	2.40	4.79	4.80	-4.80468	-4.8	4.79	4.80
2.61	2.40	4.99	4.80	-4.63386	-4.8	4.99	4.80
2.81	2.40	5.16	4.80	-4.48059	-4.8	5.16	4.80
2.99	2.40	5.32	4.80	-4.34019	-4.8	5.32	4.80
3.15	2.40	5.47	4.80	-4.21149	-4.8	5.47	4.80
3.31	2.40	5.60	4.80	-4.09215	-4.8	5.60	4.80
3.45	2.40	5.73	4.80	-3.97866	-4.8	5.73	4.80
3.59	2.40	5.85	4.80	-3.87219	-4.8	5.85	4.80
3.72	2.40	5.97	4.80	-3.77157	-4.8	5.97	4.80
3.84	2.40	6.08	4.80	-3.67446	-4.8	6.08	4.80
3.97	2.40	6.19	4.80	-3.57852	-4.8	6.19	4.80
4.09	2.40	6.30	4.80	-3.48258	-4.8	6.30	4.80
4.22	2.40	6.41	4.80	-3.38196	-4.8	6.41	4.80
4.17	2.40	6.37	4.80	-3.42057	-4.8	6.37	4.80

Story	Pusat Massa		Pusat Rotasi		ed = 1,5e + 0,05b		inat pusat
	X	Y	X	Y	X	Y	
STORY1	40.491	24	40.525	24	2.35	2.40	38.18
STORY2	40.491	24	40.513	24	2.37	2.40	38.15
STORY3	40.491	24	40.503	24	2.38	2.40	38.12
STORY4	40.455	24	40.487	24	2.35	2.40	38.14
STORY5	18.961	24	36.723	24	-24.24	2.40	60.97
STORY6	18.961	24	31.176	24	-15.92	2.40	47.10
STORY7	18.961	24	27.345	24	-10.18	2.40	37.52
STORY8	18.961	24	24.927	24	-6.55	2.40	31.48
STORY9	18.961	24	24.927	24	-6.55	2.40	31.48
STORY10	18.961	24	23.348	24	-4.18	2.40	27.53
STORY11	18.961	24	22.262	24	-2.55	2.40	24.81
STORY12	18.961	24	21.479	24	-1.38	2.40	22.86
STORY13	18.961	24	20.892	24	-0.50	2.40	21.39
STORY14	18.961	24	20.437	24	0.19	2.40	20.25
STORY15	18.961	24	20.073	24	0.73	2.40	19.34
STORY16	18.961	24	19.774	24	1.18	2.40	18.59
STORY17	18.961	24	19.525	24	1.55	2.40	17.97
STORY18	18.961	24	19.312	24	1.87	2.40	17.44
STORY19	18.961	24	19.127	24	2.15	2.40	16.98
STORY20	18.961	24	18.965	24	2.39	2.40	16.57
STORY21	18.961	24	18.819	24	2.61	2.40	16.21
STORY22	18.961	24	18.688	24	2.81	2.40	15.88
STORY23	18.961	24	18.568	24	2.99	2.40	15.58
STORY24	18.961	24	18.356	24	3.31	2.40	15.05
STORY25	18.961	24	18.259	24	3.45	2.40	14.81
STORY26	18.961	24	18.168	24	3.59	2.40	14.58
STORY27	18.961	24	18.082	24	3.72	2.40	14.36
STORY28	18.961	24	17.999	24	3.84	2.40	14.16
STORY29	18.961	24	17.917	24	3.97	2.40	13.95
STORY30	18.961	24	17.835	24	4.09	2.40	13.75
STORY31	18.961	24	17.749	24	4.22	2.40	13.53
STORY32	18.836	24	17.657	24	4.17	2.40	13.49

BAB IV

PERHITUNGAN PENULANGAN STRUKTUR

4.1 Perhitungan Penulangan Balok

4.1.1 Perhitungan Penulangan Lentur Balok

Penulangan yang direncanakan adalah pada balok melintang line 4 pada joint

B 479, B 480 dan B 481

- Data Perencanaan

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{y_{ulir}} = 400 \text{ MPa}$$

$$f_{y_{polos}} = 240 \text{ MPa}$$

selimut beton 40 mm

dipakai tulangan pokok D 22 mm

dipakai tulangan sengkang D 10 mm

bentang balok L = 5700 mm

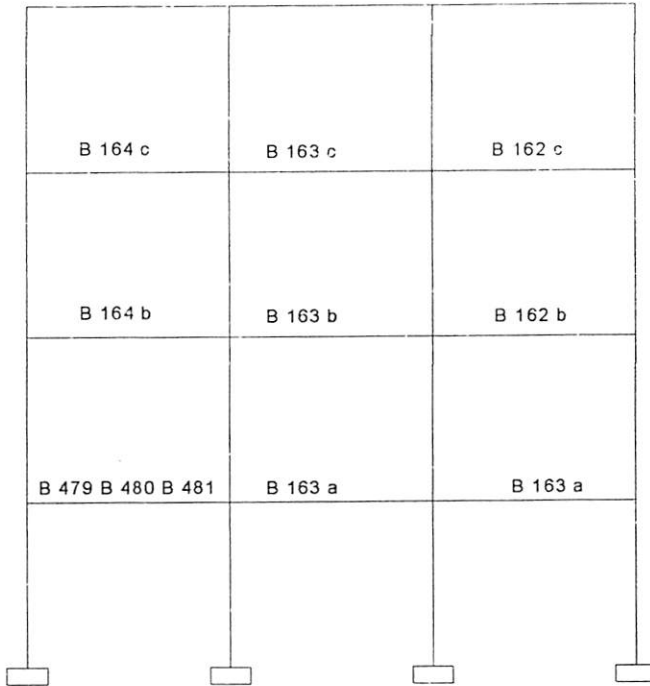
bentang bersih balok (L_n) = 4800 mm

$d = h - \text{selimut beton} - \text{diameter sengkang} - \frac{1}{2} \text{ diameter tulangan rencana}$

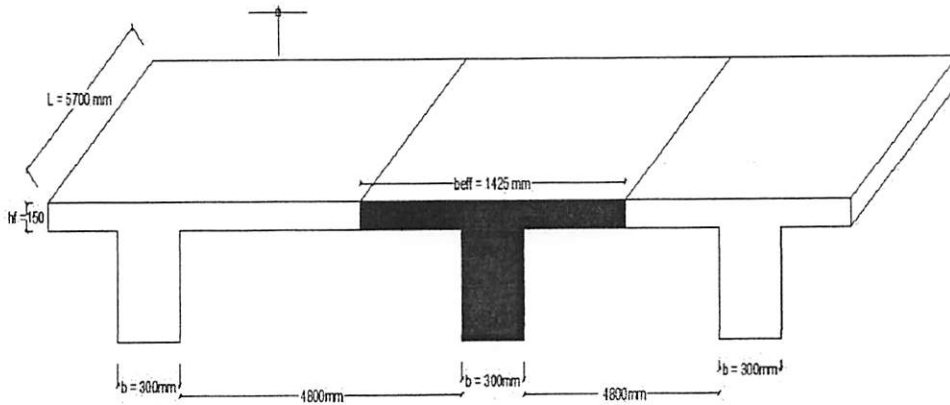
$$= 600 - 40 - 10 - \frac{1}{2} 22$$

$$= 539.0 \text{ mm}$$

Portal melintang arah sumbu X-Z



• Perencanaan Penulangan



Gambar 4.2 Lebar efektif balok (b_{eff})

Lebar flens efektif (b_{eff})

- $b_{eff} = \frac{1}{4} L = \frac{1}{4} \times 5700 = 1425 \text{ mm}$
- $b_{eff} = bw + 8 hf_{kr} + 8 hf_{kn} = 400 + (8 \cdot 150) + (8 \cdot 150) = 2320 \text{ mm}$
- $b_{eff} = bw + \frac{1}{2} Ln_{kr} + \frac{1}{2} Ln_{kn} = 400 + (\frac{1}{2} \cdot 4800) + (\frac{1}{2} \cdot 4800) = 3840 \text{ mm}$

dipakai nilai beff terkecil yaitu = 1425 mm

Tulangan minimal sedikitnya harus dihitung menurut SNI 2847-2013

Pasal 10.5.1 :

$$A_{s \min} = \frac{0.25}{f_y} b_w d = \frac{0.25 \times \sqrt{30}}{400} 400 \times 539 = 738.1 \text{ mm}^2$$

dan

$$A_{s \min} = \frac{1.4 b_w d}{f_y} = \frac{1.4 \times 400 \times 539}{400} = 754.6 \text{ mm}^2$$

Maka dipakai tulangan minima 4 D 22 ($A_s = 1519.8 \text{ mm}^2 > 754.6 \text{ mm}^2$)

A. Perhitungan penulangan tumpuan kiri (joint B 479)

$$Mu^- = 307.169 \text{ kNm (1.2D + 1.6L - 1E)}$$

$$= 307169000 \text{ Nmm}$$

$$Mu^+ = 153.81 \text{ kNm (1.2D + 1.6L + 1E)}$$

$$= 153809000 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 4 D 22 ($A_s = 1519.76 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah teka 2 D 22 ($A_s' = 759.88 \text{ mm}^2$)
- Tulangan bagi plat terpasang di sepanjang bef 6 Ø 10 ($A_{s_{\text{plat}}} = 471.00 \text{ mm}^2$)

Kontrol Momen Negatif

$$\text{Tulangan tarik } A_{s_{\text{plat}}} = 6 \text{ Ø } 10 = 471.00 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{balok}}} = 4 \text{ D } 22 = 1519.76 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ tarik} = 1990.76 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 2 \text{ D } 22 = 759.88 \text{ mm}^2$$

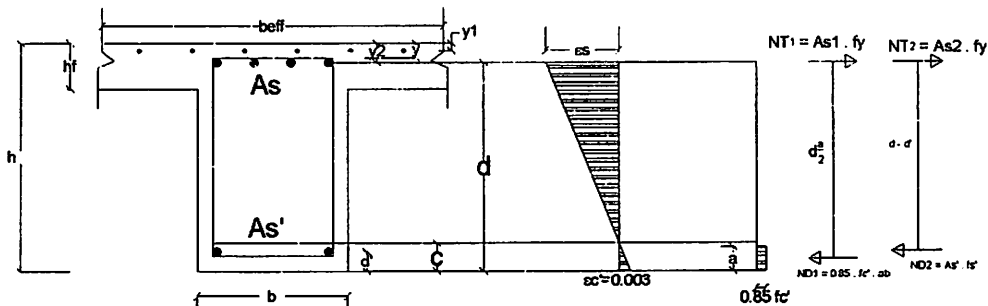
$$y_1 = 20 + 1/2 \cdot 10 = 25 \text{ mm}$$

$$y_2 = 40 + 10 + 1/2 \cdot 22 = 61 \text{ mm}$$

$$y = \frac{471 \times 25 + 1519.76 \times 61}{1990.76} = 52.483 \text{ mm}$$

$$d = 600 - 52.483 = 547.517 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + 1/2 \cdot 22 = 61.0 \text{ mm}$$



Gambar 4.3 Penampang balok dan diagram tegangan momen negatif tumpuan kiri

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + As' \cdot fs' = As \cdot fy$$

$$\text{Substitusi nilai : } fs' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + As' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + As'(c - d') \cdot 600 = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} \cdot c + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}} \cdot c$$

Substitusi nilai : $a = \beta 1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot c \cdot b) \cdot c + As'(c - d') \cdot 600 = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} \cdot c + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} \cdot c + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' - As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} \cdot c - As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}} \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) \cdot c^2 + (600As' - As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} - As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}}) \cdot c - 600As' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 28 \cdot 0,85 \cdot 400) \cdot c^2 + (600 \cdot 1519,76 - 471 \cdot 240 - 1519,76 \cdot 390) \cdot c - 600 \cdot 1990,76 \cdot 61 = 0$$

$$8670,00 \cdot c^2 - 265016 \cdot c - 27811608 = 0$$

$$c = 73.947 \text{ mm}$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0.85 \times 73.947 = 62.855 \text{ mm}$$

$$\epsilon_{s'} = \frac{c - d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{73.947 - 61.0}{73.947} \times 0.003 = 0.00053$$

$$\epsilon_s = \frac{d - c}{c} \times \epsilon_c = \frac{547.517 - 73.947}{73.947} \times 0.003 = 0.01921$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0.0020$$

Karena $\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_{s'}$ maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum

Dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$f_s = \epsilon_{s'} \times E_s$$

$$= 0.00053 \times 200000$$

$$= 105.050 < 400 \text{ MPa} \dots\dots\text{OK}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND_1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0.85 \times 30 \times 62.855 \times 400$$

$$= 641118.864 \text{ N}$$

$$ND_2 = A_{s'} \times f_s$$

$$= 759.88 \times 105.050$$

$$= 79825.136 \text{ N}$$

$$NT_1 = A_{s_{\text{plat}}} \times f_{y_{\text{polos}}}$$

$$= 471 \times 240$$

$$= 113040 \text{ N}$$

$$NT_2 = A_{s_{\text{balok}}} \times f_{y_{\text{ulir}}}$$

$$= 1519.76 \times 400$$

$$= 607904.0 \text{ N}$$

$$ND_1 + ND_2 = NT_1 + NT_2$$

$$641118.864 + 79825.136 = 113040 + 607904.0$$

$$720944.0 = 720944.0$$

$$Z1 = d - (\frac{1}{2} \cdot a)$$

$$= 547.517 - (1/2 \cdot 62.855)$$

$$= 516.090 \text{ mm}$$

$$Z2 = d - d'$$

$$= 547.517 - 61.0$$

$$= 486.517 \text{ mm}$$

$$Mn = (ND1 \cdot Z1) + (ND2 \cdot Z2)$$

$$= 641118.864 \cdot 516.090 + 79825.136 \cdot 486.517$$

$$= 369711319.226 \text{ Nmm}$$

$$Mr = \phi \cdot Mn$$

$$= 0.9 \cdot 369711319.226$$

$$= 332,740,187 \text{ Nmm} > Mu = 307,169,000 \text{ Nmm} \quad (\text{Aman})$$

Kontrol Momen Positif

$$\text{Tulangan tekan } As'_{\text{plat}} = 6 \text{ } \emptyset 10 = 471.00 \text{ mm}^2$$

$$As'_{\text{balok}} = 4 \text{ D } 22 = 1519.76 \text{ mm}^2$$

$$As' = 471.00 + 1519.76 = 1990.76 \text{ mm}^2$$

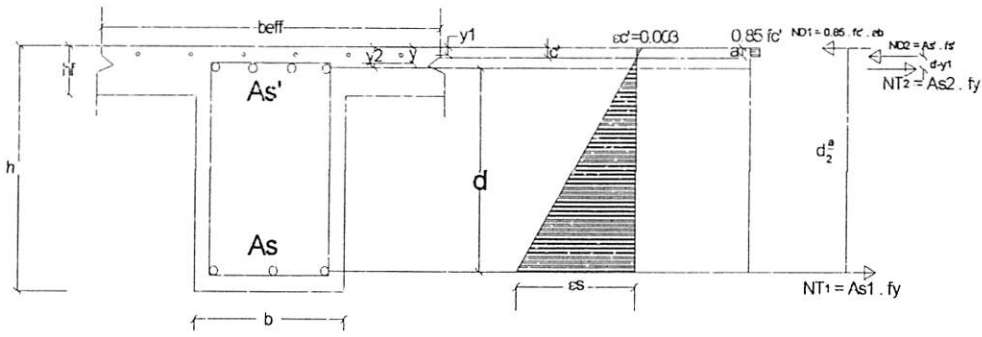
$$\text{Tulangan tarik } As = 2 \text{ D } 22 = 759.88 \text{ mm}^2$$

$$y1 = 20 + 1/2 \cdot 10 = 25 \text{ mm}$$

$$y2 = 40 + 10 + 1/2 \cdot 22 = 61 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{471 \cdot 25 + 1519.76 \cdot 61}{1990.76} = 52.483 \text{ mm}$$

$$d = 600 - 61 = 539.0 \text{ mm}$$



Gambar 4.5 Penampang balok dan diagram tegangan momen positif tumpuan kiri yang sudah dihitung ulang

Dimisalkan garis netral diantara y_1 dan y_2 maka perhitungan garis netral dica dengan menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff + As_{plat}' \cdot fs' = As_1 \cdot fs + As_2 \cdot fy_{ulir}$$

$$\text{Substitusi nilai : } fs' = \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 \quad \text{dan} \quad fs = fy_{ulir}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) + As_{plat}' \cdot \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 = As_1 \cdot fy_{ulir} + As_2 \cdot fy_{ulir}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) \cdot c + As_{plat}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = As_1 \cdot fy_{ulir} \cdot c + As_2 \cdot fy_{ulir} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot c \cdot beff) \cdot c + As_{plat}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = As_1 \cdot fy_{ulir} \cdot c + As_2 \cdot fy_{ulir} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot c \cdot beff) \cdot c^2 + 600 \cdot As_{plat}' \cdot c - 600 \cdot As_{plat}' \cdot y_1 = As_1 \cdot fy_{ulir} \cdot c +$$

$$As_2 \cdot fy_{ulir} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot c \cdot beff) \cdot c^2 + (600 \cdot As_{plat}' - As_1 \cdot fy_{ulir} - As_2 \cdot fy_{ulir}) \cdot c -$$

$$600 \cdot As_{plat}' \cdot y_1 = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 2213) \cdot c^2 + (600 \cdot 471 - 1990,76 \cdot 390 - 1519,76 \cdot 390) \cdot c -$$

$$600 \cdot 471 \cdot 25 = 0$$

$$30886,88 \cdot c^2 - 629256,000 - 7065000 = 0$$

$$c = 28,421 \text{ mm}$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,85 \times 28,421 = 24,158 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 f_s' &= \epsilon_s' \cdot E_s \\
 &= \frac{c - y_1}{c} \cdot \epsilon_c \cdot E_s \\
 &= \frac{28.421 - 25}{28.421} \times 0.003 \times 200000 = 72.223 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 400 \text{ MPa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$\begin{aligned}
 ND_1 &= 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff \\
 &= 0.85 \times 30 \times 24.158 \times 1425 \\
 &= 877838.929 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ND_2 &= A_s' \times f_s \\
 &= 471.00 \times 72.223 \\
 &= 34017.071 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NT_1 &= A_{s1} \times f_y \\
 &= 1519.76 \times 400 \\
 &= 607904.000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NT_2 &= A_{s2} \times f_y \\
 &= 759.88 \times 400 \\
 &= 303952.000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ND_1 + ND_2 &= NT_1 + NT_2 \\
 877838.929 + 34017.071 &= 607904.000 + 303952.000 \\
 911856.000 &= 911856.000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z1 &= d - (1/2 \cdot a) \\
 &= 539.0 - (1/2 \cdot 24.158) \\
 &= 526.921 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Z2 &= d' - y_1 \\
 &= 52.483 - 25
 \end{aligned}$$

$$= 27.483 \text{ mm}$$

$$M_n = (N T_1 \cdot Z_1) + (N T_2 \cdot Z_2)$$

$$= 607904.000 \times 526.921 + 303952.000 \times 27.483$$

$$= 328670810.013 \text{ Nmm}$$

$$M_r = \phi M_n$$

$$= 0.9 \cdot 328670810.013$$

$$= 295,803,729 \text{ Nmm} > M_u = 153,809,000 \text{ Nmm} \quad (\text{Aman})$$

Syarat kuat momen yang terpasang menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.2 :

$$M_n^+ \geq \frac{1}{2} M_n^-$$

$$328670810.013 \text{ Nmm} \geq \frac{1}{2} \cdot 369711319.226 \text{ Nmm}$$

$$328670810.013 \text{ Nmm} \geq 184855659.613 \text{ Nmm}$$

B. Perhitungan penulangan lapangan (B 480)

$$M_{u+} = 203.09 \text{ kNm} (1.2D + 1.6L)$$

$$= 203,090,000 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik **3 D 22** ($A_s = 1139.82 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah teka **2 D 22** ($A_s' = 759.88 \text{ mm}^2$)
- Tulangan bagi plat terpasang di sepanjang bef **6 Ø 10** ($A_{s_{\text{plat}}} = 471.00 \text{ mm}^2$)

Kontrol Momen positif

$$\text{Tulangan tarik } A_{s_{\text{plat}}} = 6 \text{ Ø } 10 = 471.00 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{balok}}} = 3 \text{ D } 22 = 1139.82 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 471.00 + 1139.82 = 1610.82 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 2 \text{ D } 22 = 759.88 \text{ mm}^2$$

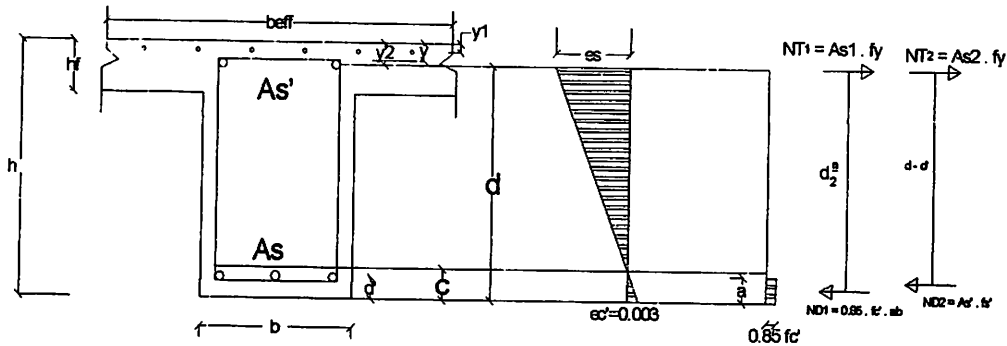
$$y_1 = 20 + \frac{1}{2} 10 = 25 \text{ mm}$$

$$y_2 = 40 + 10 + \frac{1}{2} 22 = 61 \text{ mm}$$

$$y = \frac{471 \times 25 + 1139.82 \times 61}{1610.82} = 50.474 \text{ mm}$$

$$d = 600 - 50.474 = 549.526 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + 1/2 \cdot 22 = 61.0 \text{ mm}$$



Gambar 4.6 Penampang balok dan diagram tegangan momen negatif lapangan

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + As' \cdot fs' = As \cdot fy$$

$$\text{Substitusi nilai : } fs' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + As' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}}$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b) \cdot c + As'(c - d') \cdot 600 = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} \cdot c + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}} \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta \cdot 1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot 1 \cdot c \cdot b) \cdot c + As'(c - d') \cdot 600 = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} \cdot c + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c' \cdot \beta \cdot 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' = As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} \cdot c + As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' - As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} \cdot c - As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}} \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot 1 \cdot b) \cdot c^2 + (600As' - As_{\text{plat}} \cdot fy_{\text{polos}} - As_{\text{balok}} \cdot fy_{\text{ulir}}) \cdot c - 600As' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 28 \cdot 0,85 \cdot 400) \cdot c^2 + (600 \cdot 1519,76 - 471 \cdot 240 - 1519,76 \cdot 390) \cdot c - 600 \cdot 1990,76 \cdot 61 = 0$$

$$8670,00 \cdot c^2 + -113040 \cdot c - 27811608 = 0$$

$$8670,00 \cdot c^2 + -113040 \cdot c - 27811608 = 0$$

$$c = 63.530 \text{ mm}$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0.85 \times 63.530 = 54.001 \text{ mm}$$

$$\epsilon_s' = \frac{c - d'}{c} \times \epsilon_c = \frac{63.530 - 61.0}{63.530} \times 0.003 = 0.00012$$

$$\epsilon_s = \frac{d - c}{c} \times \epsilon_c = \frac{549.526 - 63.530}{63.530} \times 0.003 = 0.02295$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0.0020$$

Karena $\epsilon_s > \epsilon_y > \epsilon_s'$ maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belur

Dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$f_s = \epsilon_s' \times E_s$$

$$= 0.00012 \times 200000$$

$$= 23.898 < 400 \text{ MPa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND_1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}$$

$$= 0.85 \times 30 \times 54.001 \times 400$$

$$= 550808.531 \text{ N}$$

$$ND_2 = A_s' \times f_s$$

$$= 759.88 \times 23.898$$

$$= 18159.469 \text{ N}$$

$$NT_1 = A_{s_{plat}} \times f_{y_{polos}}$$

$$= 471 \times 240$$

$$= 113040 \text{ N}$$

$$NT_2 = A_{s_{balok}} \times f_{y_{ulir}}$$

$$= 1139.82 \times 400$$

$$= 455928.0 \text{ N}$$

$$ND_1 + ND_2 = NT_1 + NT_2$$

$$550808.531 + 18159.469 = 113040 + 455928.0$$

$$568968.0 = 568968.0$$

$$Z1 = d - (1/2 \cdot a)$$

$$= 549.526 - (1/2 \cdot 54.001)$$

$$= 522.526 \text{ mm}$$

$$Z2 = d - d'$$

$$= 549.526 - 61.0$$

$$= 488.526 \text{ mm}$$

$$Mn = (ND1 \cdot Z1) + (ND2 \cdot Z2)$$

$$= 550808.531 \cdot 522.526 + 18159.469 \cdot 488.526$$

$$= 296683100.555 \text{ Nmm}$$

$$Mr = \phi \cdot Mn$$

$$= 0.9 \cdot 296683100.555$$

$$= 267,014,790 \text{ Nmm} > Mu = \text{\#REF!} \text{ Nmm} \text{ \#}$$

Kontrol Momen Positif

$$\text{Tulangan tekan } As'_{\text{plat}} = 6 \text{ } \emptyset 10 = 471.00 \text{ mm}^2$$

$$As'_{\text{balok}} = 3 \text{ D } 22 = 1139.82 \text{ mm}^2$$

$$As' = 471.00 + 1139.82 = 1610.82 \text{ mm}^2$$

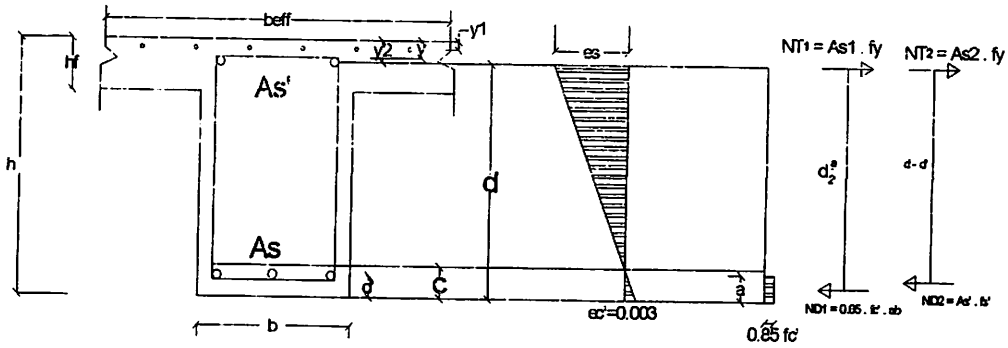
$$\text{Tulangan tarik } As = 2 \text{ D } 22 = 759.88 \text{ mm}^2$$

$$y1 = 20 + 1/2 \cdot 10 = 25 \text{ mm}$$

$$y2 = 40 + 10 + 1/2 \cdot 22 = 61 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{471 \cdot 25 + 1139.82 \cdot 61}{1610.82} = 50.474 \text{ mm}$$

$$d = 600 - 61.0 = 539.0 \text{ mm}$$



Gambar 4.7 Penampang balok dan diagram tegangan momen positif lapangan

Dimisalkan garis netral $> y_2$ maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + As' \cdot fs' = As \cdot fy$$

$$\text{Substitusi nilai : } fs' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + As' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = As \cdot fy$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + As' \cdot (c - d') \times 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta 1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot c \cdot b) \cdot c + As' \cdot (c - d') \cdot 600 = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' = As \cdot fy \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600As' \cdot c - 600As' \cdot d' - As \cdot fy \cdot c = 0$$

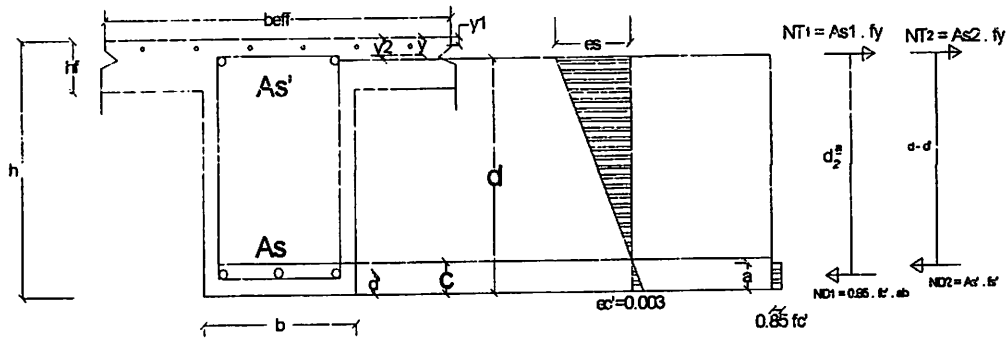
$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) \cdot c^2 + (600As' - As \cdot fy) \cdot c - 600As' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 28 \cdot 0,85 \cdot 400)c^2 + (600 \cdot 1519,76 - 1990,76 \cdot 390) \cdot c - 600 \cdot 1519,76 \cdot 52,483 = 0$$

$$8670,00 \cdot c^2 + 662540,0 \cdot c - 48782412,00 = 0$$

$$c = 45,973 \text{ mm}$$

Karena $c < y_2$, tulangan tekan sebagian mengalami gaya tarik maka nilai c harus dihitung ulang.



Gambar 4.8 Penampang balok dan diagram tegangan momen positif lapangan yang sudah dihitung ulang

Dimisalkan garis netral diantara y_1 dan y_2 maka perhitungan garis netral dica dengan menggunakan persamaan :

$$0,85 . f_c . a . beff + A_{s_{plat}'} . f_s' = A_{s1} . f_s + A_{s2} . f_{y_{ulir}}$$

Substitusi nilai : $f_s' = \frac{(c - y_1)}{c} \times 600$ dan $f_s = f_{y_{ulir}}$

$$(0,85 . f_c . a . beff) + A_{s_{plat}'} \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 = A_{s1} . f_{y_{ulir}} + A_{s2} . f_{y_{ulir}}$$

$$(0,85 . f_c . a . beff) . c + A_{s_{plat}'} . (c - y_1) . 600 = A_{s1} . f_{y_{ulir}} . c + A_{s2} . f_{y_{ulir}} . c$$

Substitusi nilai : $a = \beta . c$

$$(0,85 . f_c . \beta . c . beff) . c + A_{s_{plat}'} . (c - y_1) . 600 = A_{s1} . f_{y_{ulir}} . c + A_{s2} . f_{y_{ulir}} . c$$

$$(0,85 . f_c . \beta . c . beff) . c^2 + 600 . A_{s_{plat}'} . c - 600 . A_{s_{plat}'} . y_1 = A_{s1} . f_{y_{ulir}} . c + A_{s2} . f_{y_{ulir}} . c$$

$$(0,85 . f_c . \beta . c . beff) . c^2 + (600 . A_{s_{plat}'} - A_{s1} . f_{y_{ulir}} - A_{s2} . f_{y_{ulir}}) . c - 600 . A_{s_{plat}'} . y_1 = 0$$

$$(0,85 . 30 . 0,85 . 2213) . c^2 + (600 . 471 - 1990,76 . 390 - 1519,76 . 390) . c - 600 . 471 . 25 = 0$$

$$30886,88 c^2 - 477280,000 - 7065000 = 0$$

$$c = 24.710 \text{ mm}$$

$$a = \beta . c$$

$$= 0,85 \times 24.710 = 21.003 \text{ mm}$$

$$f_s' = \epsilon_s' . E_s$$

$$= \frac{c - y_1}{c} \cdot \epsilon_c \cdot E_s$$

$$= \frac{24.710 - 25}{24.710} \times 0.003 \times 200000 = -7.05 \text{ MPa}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 400 \text{ MPa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND_1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}$$

$$= 0.85 \times 30 \times 21.003 \times 1425$$

$$= 763201.552 \text{ N}$$

$$ND_2 = A_{s'} \times f_s$$

$$= 471.00 \times -7.052$$

$$= -3321.552 \text{ N}$$

$$NT_1 = A_{s1} \times f_y$$

$$= 1139.82 \times 400$$

$$= 455928.000 \text{ N}$$

$$NT_2 = A_{s2} \times f_y$$

$$= 759.88 \times 400$$

$$= 303952.000 \text{ N}$$

$$ND_1 + ND_2 = NT_1 + NT_2$$

$$763201.552 + -3321.552 = 455928.000 + 303952.000$$

$$759880.000 = 759880.000$$

$$Z1 = d - (1/2 \cdot a)$$

$$= 539.000 - (1/2 \cdot 21.003)$$

$$= 528.498 \text{ mm}$$

$$Z2 = d' - y1$$

$$= 50.474 - 25$$

$$= 25.474 \text{ mm}$$

$$M_n = (ND_1 \cdot Z1) + (ND_2 \cdot Z2)$$

$$= 455928.000 \times 528.498 + 303952.000 \times 25.474$$

$$= 248700009.758 \text{ Nmm}$$

$$M_r = \phi M_n$$

$$= 0.9 \cdot 248700009.758$$

$$= 223,830,009 \text{ Nmm} > M_u = 203,090,000 \text{ Nmm} \quad (\text{Aman})$$

Syarat kuat momen yang terpasang menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.2 :

$$M_n^+ \geq \frac{1}{2} M_n^-$$

$$248700009.758 \text{ Nmm} \geq \frac{1}{2} \cdot 296683100.555 \text{ Nmm}$$

$$248700009.758 \text{ Nmm} \geq 148341550.277 \text{ Nmm}$$

C. Perhitungan penulangan tumpuan kanan (B 481)

$$M_u^- = 295.673 \text{ kNm} (1.2D + 1.6L - 1E)$$

$$= 295673000 \text{ Nmm}$$

$$M_u^+ = 147.84 \text{ kNm} (1.2D + 1.6L + 1E)$$

$$= 147836000 \text{ Nmm}$$

Dicoba pemasangan tulangan sebagai berikut :

- Tulangan yang terpasang pada daerah tarik 4 D 22 ($A_s = 1519.76 \text{ mm}^2$)
- Tulangan yang terpasang pada daerah teka 2 D 22 ($A_s' = 759.88 \text{ mm}^2$)
- Tulangan bagi plat terpasang di sepanjang bef 6 Ø 10 ($A_{s_{\text{plat}}} = 471 \text{ mm}^2$)

Kontrol Momen Negatif

$$\text{Tulangan tarik } A_{s_{\text{plat}}} = 6 \text{ Ø } 10 = 471.00 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{\text{balok}}} = 4 \text{ D } 22 = 1519.76 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 471.00 + 1519.76 = 1990.76 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 3 \text{ D } 22 = 1139.82 \text{ mm}^2$$

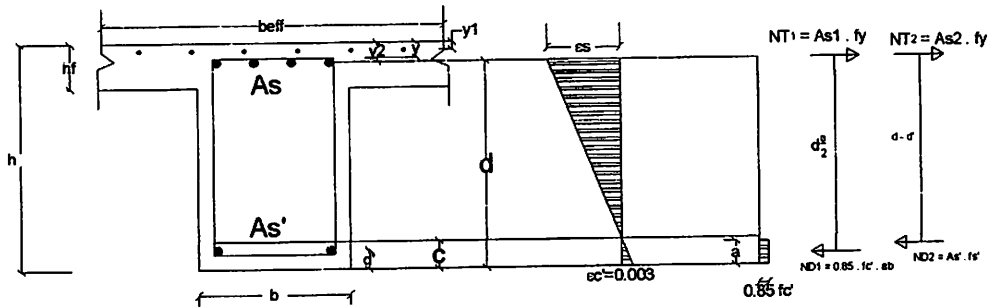
$$y_1 = 20 + \frac{1}{2} 10 = 25 \text{ mm}$$

$$y_2 = 40 + 10 + \frac{1}{2} 22 = 61 \text{ mm}$$

$$y = \frac{471 \times 25 + 1519.76 \times 61}{1990.76} = 52.483 \text{ mm}$$

$$d = 600 - 52.483 = 547.517 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 10 + 1/2 \cdot 22 = 61.0 \text{ mm}$$



Gambar 4.9 Penampang balok dan diagram tegangan momen negatif tumpuan kanan

Dimisalkan garis netral $> d'$ maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \cdot 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

Substitusi nilai : $a = \beta 1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s' \cdot (c - d') \cdot 600 = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c + A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) \cdot c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} \cdot c - A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}} \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) \cdot c^2 + (600 A_s' - A_{s_{\text{plat}}} \cdot f_{y_{\text{polos}}} - A_{s_{\text{balok}}} \cdot f_{y_{\text{ulir}}}) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 28 \cdot 0,85 \cdot 400) \cdot c^2 + (600 \cdot 1519,76 - 471 \cdot 240 - 1519,76 \cdot 390) \cdot c -$$

$$600 \cdot 1990,76 \cdot 61 = 0$$

$$8670,00 \cdot c^2 - 37052 \cdot c - 41717412 = 0$$

$$c = 71.536 \text{ mm}$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0.85 \times 71.536 = 60.806 \text{ mm}$$

$$\varepsilon_{s'} = \frac{c - d'}{c} \times \varepsilon_c = \frac{71.536 - 61.0}{71.536} \times 0.003 = 0.00044$$

$$\varepsilon_s = \frac{d - c}{c} \times \varepsilon_c = \frac{547.517 - 71.536}{71.536} \times 0.003 = 0.01996$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0.0020$$

Karena $\varepsilon_s > \varepsilon_y > \varepsilon_{s'}$ maka tulangan baja tarik telah leleh, baja tekan belum.

Dihitung tegangan pada tulangan baja tekan

$$f_s = \varepsilon_{s'} \times E_s$$

$$= 0.00044 \times 200000$$

$$= 88.370 < 400 \text{ MPa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND_1 = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0.85 \times 30 \times 60.806 \times 400$$

$$= 620217.927 \text{ N}$$

$$ND_2 = A_{s'} \times f_s$$

$$= 1139.82 \times 88.370$$

$$= 100726.073 \text{ N}$$

$$NT_1 = A_{s_{\text{plat}}} \times f_{y_{\text{polos}}}$$

$$= 471 \times 240$$

$$= 113040 \text{ N}$$

$$NT_2 = A_{s_{\text{balok}}} \times f_{y_{\text{ulir}}}$$

$$= 1519.76 \times 400$$

$$= 607904.0 \text{ N}$$

$$ND_1 + ND_2 = NT_1 + NT_2$$

$$620217.927 + 100726.073 = 113040 + 607904.0$$

$$720944.0 = 720944.0$$

$$Z1 = d - (1/2 \cdot a)$$

$$= 547.517 - (1/2 \cdot 60.806)$$

$$= 517.115 \text{ mm}$$

$$Z2 = d - d'$$

$$= 547.517 - 61.0$$

$$= 486.517 \text{ mm}$$

$$Mn = (ND1 \cdot Z1) + (ND2 \cdot Z2)$$

$$= 620217.927 \times 517.115 + 100726.073 \times 486.517$$

$$= 369728671.913 \text{ Nmm}$$

$$Mr = \phi Mn$$

$$= 0.9 \cdot 369728671.913$$

$$= 332,755,805 \text{ Nmm} > Mu = 295,673,000 \text{ Nmm} \quad (\text{Aman})$$

Kontrol Momen Positif

$$\text{Tulangan tekar } As'_{\text{plat}} = 6 \text{ } \emptyset 10 = 471.00 \text{ mm}^2$$

$$As'_{\text{balok}} = 4 \text{ D } 22 = 1519.76 \text{ mm}^2$$

$$As' = 471.00 + 1519.76 = 1990.76 \text{ mm}^2$$

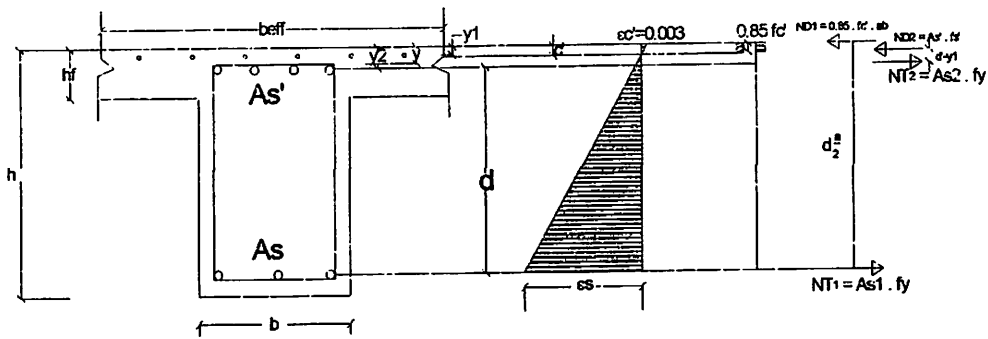
$$\text{Tulangan tarik } As = 2 \text{ D } 22 = 1139.82 \text{ mm}^2$$

$$y1 = 20 + 1/2 \cdot 10 = 25 \text{ mm}$$

$$y2 = 40 + 10 + 1/2 \cdot 22 = 61 \text{ mm}$$

$$y = d' = \frac{471 \times 25 + 1519.76 \times 61}{1990.76} = 52.483 \text{ mm}$$

$$d = 600 - 61.0 = 539.0 \text{ mm}$$



Gambar 4.10 Penampang balok dan diagram tegangan momen positif tumpuan kanan

Dimisalkan garis netral $> y_2$ maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta 1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s' (c - d') 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

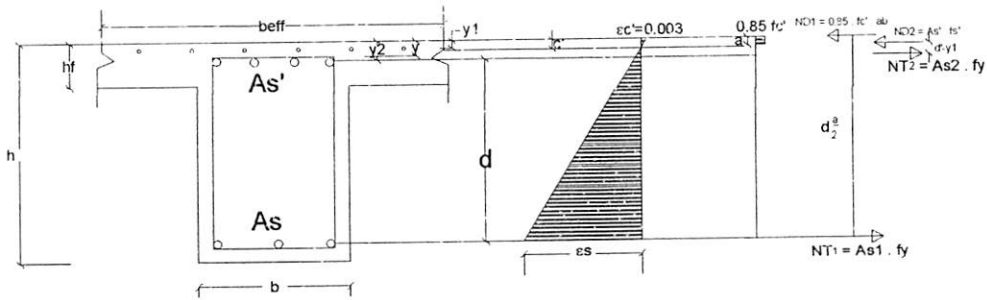
$$(0,85 \cdot 28 \cdot 0,85 \cdot 400) c^2 + (600 \cdot 1519,76 - 1990,76 \cdot 390) \cdot c - 600 \cdot 1519,76 \cdot 52,483 = 0$$

$$8670,00 c^2 + 738528,0 c - 62688216 = 0$$

$$c = 52,511 \text{ mm}$$

Karena $c < y_2$, tulangan tekan sebagian mengalami gaya tarik maka nilai c

harus dihitung ulang.



Gambar 4.11 Penampang balok dan diagram tegangan momen positif tumpuan kanan yang sudah dihitung ulang

Dimisalkan garis netral diantara y_1 dan y_2 maka perhitungan garis netral dica dengan menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff + As_{plat}' \cdot fs' = As_1 \cdot fs + As_2 \cdot fy_{ulir}$$

Substitusi nilai : $fs' = \frac{(c - y_1)}{c} \times 600$ dan $fs = fy_{ulir}$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) + As_{plat}' \cdot \frac{(c - y_1)}{c} \times 600 = As_1 \cdot fy_{ulir} + As_2 \cdot fy_{ulir}$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot beff) \cdot c + As_{plat}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = As_1 \cdot fy_{ulir} \cdot c + As_2 \cdot fy_{ulir} \cdot c$$

Substitusi nilai : $a = \beta 1 \cdot c$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot c \cdot beff) \cdot c + As_{plat}' \cdot (c - y_1) \cdot 600 = As_1 \cdot fy_{ulir} \cdot c + As_2 \cdot fy_{ulir} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot beff) \cdot c^2 + 600 \cdot As_{plat}' \cdot c - 600 \cdot As_{plat}' \cdot y_1 = As_1 \cdot fy_{ulir} \cdot c +$$

$$As_2 \cdot fy_{ulir} \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot beff) \cdot c^2 + (600 \cdot As_{plat}' - As_1 \cdot fy_{ulir} - As_2 \cdot fy_{ulir}) \cdot c -$$

$$600 \cdot As_{plat}' \cdot y_1 = 0$$

$$(0,85 \cdot 30 \cdot 0,85 \cdot 2213) \cdot c^2 + (600 \cdot 471 - 1990,76 \cdot 390 - 1519,76 \cdot 390) \cdot c -$$

$$600 \cdot 471 \cdot 25 = 0$$

$$30886,88 \cdot c^2 - 781232,000 - 7065000 = 0$$

$$c = 32.362 \text{ mm}$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0.85 \times 32.362 = 27.507 \text{ mm}$$

$$f_s = \epsilon_s' \times E_s$$

$$= \frac{c - y_1}{c} \cdot \epsilon_c \cdot E_s$$

$$= \frac{32.362 - 25}{32.362} \times 0.003 \times 200000 = 136.487 \text{ MPa}$$

$$f_s = f_{y_{ulir}} = 400 \text{ MPa}$$

Menghitung gaya tekan dan tarik

$$ND_1 = 0.85 \cdot f_c \cdot a \cdot b_{eff}$$

$$= 0.85 \times 30 \times 27.507 \times 1425$$

$$= 999546.728 \text{ N}$$

$$ND_2 = A_s' \times f_s$$

$$= 471.00 \times 136.487$$

$$= 64285.272 \text{ N}$$

$$NT_1 = A_{s1} \times f_y$$

$$= 1519.76 \times 400$$

$$= 607904.000 \text{ N}$$

$$NT_2 = A_{s1} \times f_y$$

$$= 1139.82 \times 400$$

$$= 455928.000 \text{ N}$$

$$ND_1 + ND_2 = NT_1 + NT_2$$

$$999546.728 + 64285.272 = 607904.000 + 455928.000$$

$$1063832.000 = 1063832.000$$

$$Z1 = d - (1/2 \cdot a)$$

$$= 539.000 - (1/2 \cdot 27.507)$$

$$= 525.246 \text{ mm}$$

$$Z2 = d' - y_1$$

$$= 52.483 - 25$$

$$= 27.483 \text{ mm}$$

$$M_n = (NT1 \cdot Z1) + (NT2 \cdot Z2)$$

$$= 607904.000 \times 525.246 + 455928.000 \times 27.483$$

$$= 331829464.937 \text{ Nmm}$$

$$M_r = \phi M_n$$

$$= 0.9 \cdot 331829464.937$$

$$= 298646518.443 \text{ Nmm} > M_u = 147836000 \text{ Nmm} \quad \textbf{(Aman)}$$

Syarat kuat momen yang terpasang menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.2.2 :

$$M_n^+ \geq \frac{1}{2} M_n^-$$

$$331829464.937 \text{ Nmm} \geq \frac{1}{2} \cdot 369728671.913 \text{ Nmm}$$

$$331829464.937 \text{ Nmm} \geq 184864335.956 \text{ Nmm}$$

4.1.2.2 Penulangan Geser Balok

Diketahui :

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$d = 539 \text{ mm}$$

$$L = 5700 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} L_n &= 5700 - (\frac{1}{2} \cdot 900 + \frac{1}{2} \cdot 900) \\ &= 4800 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{y_{ulir}} = 400 \text{ MPa}$$

$$f_{y_{polos}} = 240 \text{ MPa}$$

- Menghitung M_{pr} (*Moment Probable Capacities*)

Geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengansumsikan sendi plastis terbentuk di ujung-ujung balok dengan tegangan tulangan lentur balok yang diperkuat mencapai $1,25 f_y$, dan faktor reduksi kuat lentur $\phi=1$.

a). Kapasitas momen ujung balok apabila struktur bergoyang ke kanan

Kondisi 1 (searah jarum jam)

$$a = \frac{1.25 \cdot A_s' \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1.25 \times 1990.76 \times 400}{0.85 \times 30 \times 400} = 97.6 \text{ mm}$$

$$M_{pr+} = 1.25 \cdot A_s' \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} M_{pr+} &= 1.25 \times 1990.76 \times 400 \left(539 - \frac{98}{2} \right) \times 10^{-6} \\ &= 487.94211 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

Kondisi 2 (berlawanan arah jarum jam)

$$a = \frac{1.25 \cdot A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1.25 \times 1139.82 \times 400}{0.85 \times 30 \times 400} = 55.9 \text{ mm}$$

$$M_{pr-} = 1.25 \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} M_{pr-} &= 1.25 \times 1139.82 \times 400 \left(539 - \frac{56}{2} \right) \times 10^{-6} \\ &= 291.26005 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

b). Kapasitas momen ujung balok apabila struktur bergoyang ke kiri

Kondisi 3 (searah jarum jam)

$$a = \frac{1.25 \cdot A_s' \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1.25 \times 1990.76 \times 400}{0.85 \times 30 \times 400} = 97.6 \text{ mm}$$

$$M_{pr+} = 1.25 \cdot A_s' \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} M_{pr+} &= 1.25 \times 1990.76 \times 400 \left(539 - \frac{98}{2} \right) \times 10^{-6} \\ &= 487.94211 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

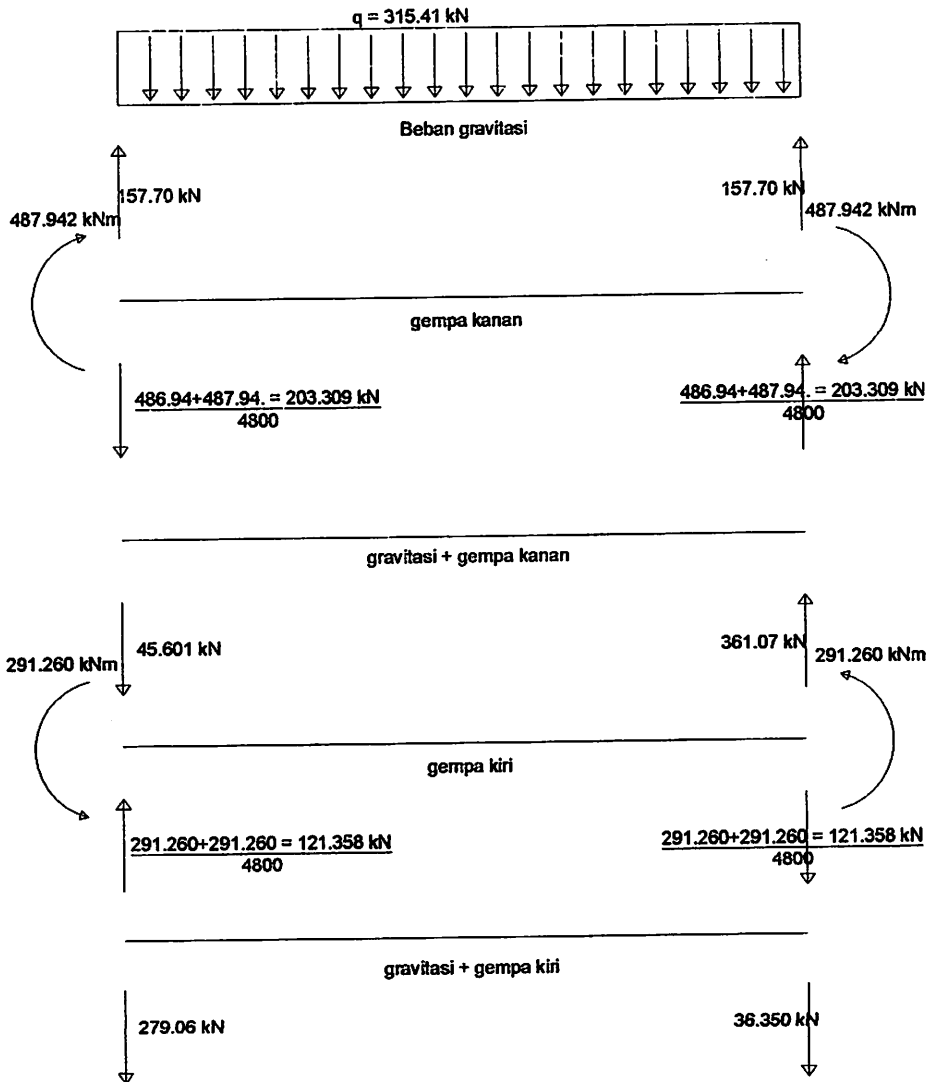
Kondisi 4 (Berlawanan arah jarum jam)

$$a = \frac{1.25 \cdot A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c' \cdot b} = \frac{1.25 \times 1139.82 \times 400}{0.85 \times 30 \times 400} = 55.9 \text{ mm}$$

$$M_{pr-} = 1.25 \cdot A_s \cdot f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

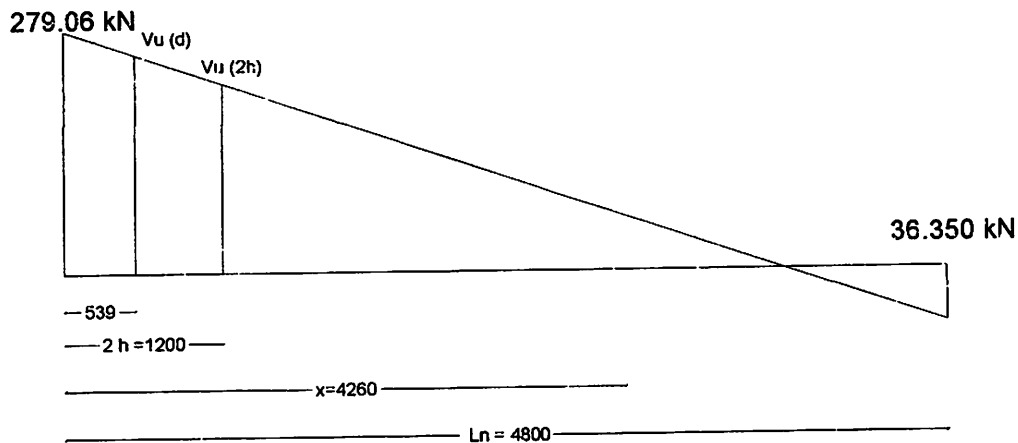
$$\begin{aligned} M_{pr-} &= 1.25 \times 1139.82 \times 400 \left(539 - \frac{56}{2} \right) \times 10^{-6} \\ &= 291.26005 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan pada ETABS dengan kombinasi 1,2D + L, didapat nilai gaya geser pada balok yang ditinjau sebesar: 31541.59 Kg.
 $31541.590 \text{ Kg} = 315415.9 \text{ N} = 315.4159 \text{ kN}$



Gambar 4.12 Desain gaya geser balok

Perhitungan V_u akibat beban gravitasi + gempa :



$$\frac{279.060}{x} = \frac{-36.350}{4.8 - x}$$

$$-36.35 x = 1339.488 - 279.060 x$$

$$x = \frac{1339.488}{242.710} = 5.519 \text{ m} = 5519 \text{ mm}$$

• Tulangan geser pada daerah sendi plastis (B 479)

$$V_u(d) = 279.060 \frac{5519 - 539.0}{5519} = 251.806 \text{ kN}$$

$V_c = 0$ apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 Pasal 21.5.4.2

$$V_s = \frac{V_u(d)}{\phi} - 0 = \frac{251.806}{0.75} - 0 = 335.741 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang D 10 (2 kaki)

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 300 \cdot 539.0 \cdot 10^{-3}}{335.741} = 75.615 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2, S_{maks} sepanjang sendi plastis diujung balok $2h = 2 \cdot 600 = 1200$ mm, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

$$- \frac{d}{4} = \frac{539.0}{4} = 134.75$$

$$- 6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \cdot 22 = 132 \text{ mm}$$

$$- 100 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang $\emptyset 10 - 75 \text{ mm}$

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$\frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 300 \cdot 539.0 \cdot 10^{-3}}{75} = 338.492 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 0 + 338.492$$

$$= 338.492 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0.75 \cdot V_n$$

$$= 0.75 \cdot 338.492$$

$$= 253.869 \text{ kN} > V_u(d) = 251.806 \text{ kN} \dots\dots (\text{aman})$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \text{ maks} \leq 0.66 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$$

$$V_s \text{ maks} \leq 0.66 (30)^{0.5} \times 400 \times 539.0 \times 10^{-3}$$

$$338.492 \text{ kN} < 779.387 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}$$

• **Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis (B 480)**

$$V_u(2h) = 279.060 - \frac{5519 - 1200}{5519} = 218.382 \text{ kN}$$

$$V_c = 0.17 b_w \cdot d$$

$$= 0.17 (30)^{0.5} \cdot 400 \cdot 539.0 \cdot 10^{-3}$$

$$= 200.751 \text{ kN}$$

$$V_s = \frac{V_u(2h)}{\phi} - V_c = \frac{218.382}{0.75} - 200.751 = 90.425 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang ϕ 10 (2 kaki)

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 300 \cdot 539.0 \cdot 10^{-3}}{90.425} = 280.8 \text{ mm}$$

Syarat jarak spasi sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis menurut

SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4 :

$$- \frac{d}{2} = \frac{539.0}{2} = 269.500 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang **D 10 - 250 mm**

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S}$$

$$\frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 400 \cdot 539.0 \cdot 10^{-3}}{250} = 135.397 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang}$$

$$= 200.751 + 135.397$$

$$= 336.148 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0.75 \cdot V_n$$

$$= 0.75 \cdot 336.148$$

$$= 252.111 \text{ kN} > V_u (2h) = 218.382 \text{ kN} \dots\dots \text{(aman)}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \text{ maks} \leq 0.66 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$$

$$V_s \text{ maks} \leq 0.66 (30)^{0.5} \times 400 \times 539.0 \times 10^{-3}$$

$$135.397 \text{ kN} < 779.387 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}$$

• **Tulangan geser pada daerah sendi plastis (joint 10028)**

$$V_u (d) = 279.060 - \frac{5519 \cdot 539.0}{5519} = 251.806 \text{ kN}$$

$V_c = 0$ apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 Pasal 21.5.4.2

$$V_s = \frac{V_u(d)}{\phi} - 0 = \frac{251.806}{0.75} - 0 = 335.741 \text{ kN}$$

Direncanakan tulangan sengkang D 10 (4 kaki)

$$S = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 300 \cdot 539.0 \cdot 10^{-3}}{335.741} = 75.615 \text{ mm}$$

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2, S_{maks} sepanjang sendi plastis diujung balok $2h = 2 \cdot 600 = 1200 \text{ mm}$, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

$$- \frac{d}{4} = \frac{539.0}{4} = 134.75$$

$$- 6 \times \text{diameter tulangan utama} = 6 \cdot 22 = 132 \text{ mm}$$

$$- 150 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang **D 10 - 75 mm**

$$V_s \text{ terpasang} = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\ = \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 300 \cdot 539.0 \cdot 10^{-3}}{75} = 338.492 \text{ kN}$$

$$V_n = V_c + V_s \text{ terpasang} \\ = 0.000 + 338.492 \\ = 338.492 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0.75 \cdot V_n \\ = 0.75 \cdot 338.492 \\ = 253.869 \text{ kN} > V_u(d) = 251.806 \text{ kN} \dots\dots\dots (\text{Aman})$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \text{ maks} \leq 0.66 \sqrt{f_c'} bw \cdot d$$

$$V_s \text{ maks} \leq 0.66 (30)^{0.5} \times 400 \times 539.0 \times 10^{-3}$$

$$338.492 \text{ kN} < 779.387 \text{ kN} \quad \text{..... OK}$$

• **Tulangan geser pada daerah luar sendi plastis (joint B 481)**

$$V_u (2h) = 279.060 \frac{5519 - 1200}{5519} = 218.382 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17 bw \cdot d \\ &= 0.17 (30)^{0.5} 400 \cdot 539.0 \cdot 10^{-3} \\ &= 200.751 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_s = \frac{V_u (2h)}{\phi} - V_c = \frac{218.382}{0.75} - 200.751 = 90.425 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s} \\ &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 300 \cdot 539.0 \cdot 10^{-3}}{90.425} = 280.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat jarak spasi sengkang maksimum pada daerah luar sendi plastis menurut SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4 :

$$- \frac{d}{2} = \frac{539.0}{2} = 269.500 \text{ mm}$$

Jadi dipakai sengkang **D 10 - 250 mm**

$$\begin{aligned} V_s \text{ terpasang} &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{S} \\ &= \frac{(2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 10^2) \cdot 300 \cdot 539.0 \cdot 10^{-3}}{250} = 101.548 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_n &= V_c + V_s \text{ terpasang} \\
 &= 200.751 + 101.548 \\
 &= 302.299 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= 0.75 \cdot V_n \\
 &= 0.75 \cdot 302.299 \\
 &= 226.724 \text{ kN} > V_u (2h) = 218.382 \text{ kN} \dots\dots \text{Aman}
 \end{aligned}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 pasal 11.4.5.3

$$V_s \text{ maks} \leq 0.66 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$$

$$V_s \text{ maks} \leq 0.66 (30)^{0.5} \times 400 \times 539.0 \times 10^{-3}$$

$$101.548 \text{ kN} < 779.387 \text{ kN} \dots\dots \text{OK}$$

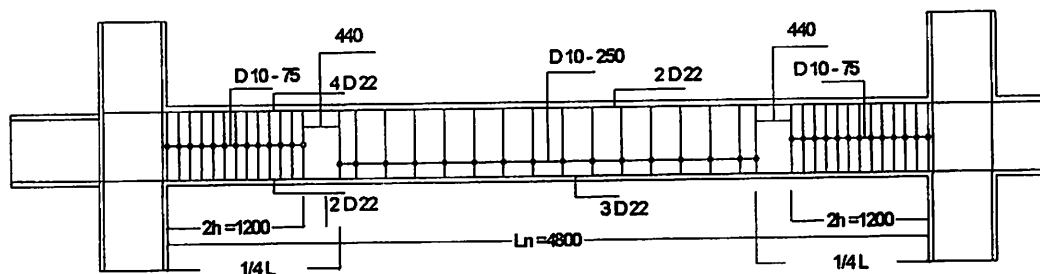
Dari hasil perhitungan dan ketentuan-ketentuan di atas maka dipasang tulang sengkang sebagai berikut :

- Joint B 479

- Daerah sendi plastis = 2 kaki D 10 - 75
- Daerah luar sendi plastis = 2 kaki D 10 - 250

- Joint B 481

- Daerah sendi plastis = 2 kaki D 10 - 75
- Daerah luar sendi plastis = 2 kaki D 10 - 250



Gambar 4.13 Penulangan geser pada balok

4.2 Perhitungan Penulangan Kolom

4.2.1 Perhitungan Penulangan Lentur Kolom

Penulangan kolom yang dihitung adalah pada kolom yang berada pada struktur portal memanjang line 4, dengan no kolom C 94

Diketahui :

$$b = 900 \text{ mm}$$

$$h = 900 \text{ mm}$$

Tulangan sengkang D 12

Tulangan utama dipakai D 29

Tebal selimut beton 40 mm

$$\begin{aligned} \text{Tinggi kolom} &= h \text{ kolom} - h \text{ balok} \\ &= 4000 - 600 = 3400 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$f_c = 45 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

Dicoba tulangan D 29 mm

$$\begin{aligned} d &= h - \text{selimut beton} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tulangan pokok} \\ &= 900 - 40 - 12 - \frac{1}{2} 29 \\ &= 833.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d' = 900 - 833.5 = 66.5 \text{ mm}$$

• Luas Penampang kolom (A_g)

$$\begin{aligned} A_g &= b \cdot h \\ &= 900 \cdot 900 \\ &= 810000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan pada kolom 1% - 6% dicoba dengan jumlah tulangan 1.15 % , $\rho = 0.0115$

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \cdot A_g \\ &= 0.0115 \cdot 810000 \\ &= 9315 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipakai tulangan 16 D 29 ,As ada = 10562.96 mm²

• Beban Sentris

$$\begin{aligned}
 P_o &= 0,85 \cdot f_c (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \\
 &= (0,85 \cdot 45 (810000 - 10562.96) + 400 \cdot 10562.96) \cdot 10^{-3} \\
 &= 34803.651 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= 0,80 \cdot P_o \\
 &= 0.80 \cdot 34803.651 \\
 &= 27842.921 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

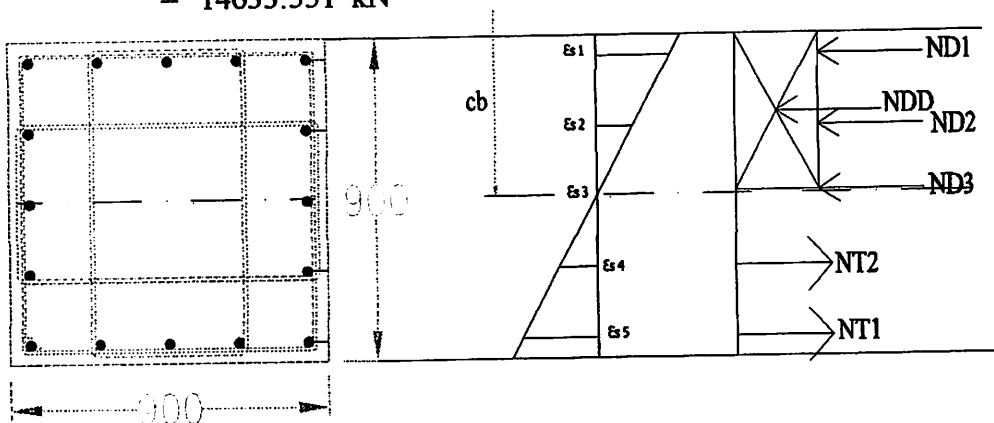
$$\begin{aligned}
 \phi P_n &= 0.65 \cdot 27842.921 \\
 &= 18097.898 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

• Kondisi Seimbang

$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \cdot 833.5}{600 + 400} = 500.100 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 a_b &= c_b \cdot \beta \\
 &= 500.100 \cdot 0.85 \\
 &= 425.085 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 N_{D_D} &= 0,85 \cdot f_c \cdot a_b \cdot b \\
 &= 0.85 \cdot 45 \cdot 425.085 \cdot 900 \cdot 10^{-3} \\
 &= 14633.551 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.14 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi seimbang

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0.00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{500.100 - 66.5}{500.100} \times 0.003$$

$$= 0.00260 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$ND_1 = 2943.750 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 1177.50 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{500.100 - 258.25}{500.100} \times 0.003$$

$$= 0.00145 < \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = 0.00145 \cdot 200000 = 290.162 \text{ MPa}$$

$$ND_2 = 981.3 \cdot 290.162 \cdot 10^{-3} = 284.72 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{500.100 - 450.00}{500.100} \times 0.003$$

$$= 0.00030 < \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = 0.00030 \cdot 200000 = 60.108 \text{ MPa}$$

$$ND_3 = 981.250 \cdot 60.108 \cdot 10^{-3} = 58.98 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s4} = \frac{641.75 - 500.100}{500.100} \times 0.003$$

$$= 0.0008 < \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = 0.0008 \cdot 200000 = 169.95 \text{ MPa}$$

$$NT_2 = 981.250 \cdot 169.95 \cdot 10^{-3} = 166.760 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s5} = \frac{833.50 - 500.100}{500.100} \times 0.003$$

$$= 0.00200 < \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = 0.00200 \cdot 200000 = 400.000 \text{ MPa}$$

$$NT_1 = 981.250 \cdot 400.000 \cdot 10^{-3} = 392.500 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
P_{nb} &= ND_D + ND_1 + ND_2 + ND_3 - NT2 - NT1 \\
&= 14633.551 + 1177.50 + 284.721 + 58.981 - 166.760 - \\
&\quad 392.500 \\
&= 15595.494 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi P_{nb} &= 0.65 \cdot 15595.494 \\
&= 10137.071 \text{ kN}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{nb} &= NDD(h/2 - ab/2) + \{(ND1+NT1).(h/2 - 66.5)\} + \{(ND2+NT2). \\
&\quad (h/2 - 258.25)\} \\
&= [14633.56(900/2 - 425.09/2) + \{(1177.5 + 392.5) \cdot \\
&\quad (900/2 - 66.5)\} + \{(284.73 + 166.76).(900/2 - 258.25)\} + \\
&\quad \{(58.99 + 392.5).(900/2 - 450)\}] \cdot 10^{-3} \\
&= 4163.4802 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\phi M_{nb} &= 0.65 \cdot 4163.480 \\
&= 2706.262 \text{ kNm}
\end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{4163.4802}{15595.494} = 0.2670 \text{ m} = \mathbf{266.967 \text{ mm}}$$

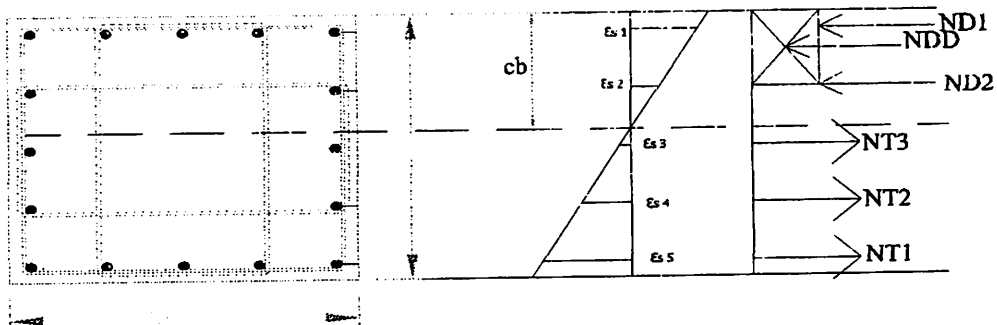
• **Kondisi Seimbang dengan 1,25 fy**

$$f_y = 1.25 \times 400 = 500.00 \text{ MPa}$$

$$c_b = \frac{600 \cdot d}{600 + f_y} = \frac{600 \times 833.5}{600 + 500.00} = 454.636 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
ab &= c_b \cdot \beta \\
&= 454.636 \cdot 0.85 \\
&= 386.441 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
ND_D &= 0.85 \cdot f_c \cdot ab \cdot b \\
&= 0.85 \cdot 45 \cdot 386.441 \cdot 900 \cdot 10^{-3} \\
&= 13303.228 \text{ kN}
\end{aligned}$$



**Gambar 4.15 Diagram tegangan dan regangan kolom
kondisi seimbang $1,25 f_y$**

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{500.00}{200000} = 0.00250$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{454.636 - 66.5}{454.636} \times 0.003$$

$$= 0.00256 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 500.00 \text{ MPa}$$

$$ND_1 = 2943.750 \cdot 500.00 \cdot 10^{-3} = 1471.88 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{454.636 - 258.25}{454.636} \times 0.003$$

$$= 0.00130 < \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = 0.00130 \cdot 200000 = 259.178 \text{ MPa}$$

$$ND_2 = 981.250 \cdot 259.178 \cdot 10^{-3} = 254.319 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{454.636 - 450.00}{454.636} \times 0.003$$

$$= 0.00003 < \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = 0.00003 \cdot 200000 = 6.119 \text{ MPa}$$

$$NT3 = 981.250 \cdot 6.119 \cdot 10^{-3} = 6.00 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s4} = \frac{642 - 454.636}{454.636} \times 0.003$$

$$= 0.00123 < \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = 0.00123 \cdot 200000 = 246.941 \text{ MPa}$$

$$NT2 = 981.250 \cdot 246.941 \cdot 10^{-3} = \mathbf{242.310 \text{ kN}}$$

$$\varepsilon_s = \frac{833.50 - 454.636}{454.636} \times 0.003$$

$$= 0.00250 < \varepsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = 0.00250 \cdot 200000 = 500.000 \text{ MPa}$$

$$NT1 = 981.250 \cdot 500.000 \cdot 10^{-3} = \mathbf{490.625 \text{ kN}}$$

$$\begin{aligned} P_{nb} &= ND_D + ND_1 + ND_2 - NT3 - NT2 - NT1 \\ &= 13303.228 + 1471.88 + 254.319 - 6.00 - 242.310 - \\ &\quad 490.625 \\ &= 14290.4823 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi P_{nb} &= 1.0 \cdot 14290.482 \\ &= 14290.482 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{nb} &= NDD(h/2 - ab/2) + \{(ND1+NT1).(h/2 - 66.5)\} + \{(ND2+NT2). \\ &\quad (h/2 - 258.25)\} \\ &= [13303.23.(900/2 - 386.45/2) + \{(1471.88 + 490.63). \\ &\quad (900/2 - 66.5)\} + \{(254.32 + 242.32).(900/2 - 258.25) \cdot 10^{-3}} \\ &= 4263.7902 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi M_{nb} &= 1.0 \cdot 4263.790 \\ &= 4263.790 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$e_b = \frac{M_{nb}}{P_{nb}} = \frac{4263.7902}{14290.482} = 0.2984 \text{ m} = \mathbf{298.366 \text{ mm}}$$

• **Kondisi Patah Desak** (c > cb)

Dipakai nilai c = **550 mm**

$$a = c \cdot \beta$$

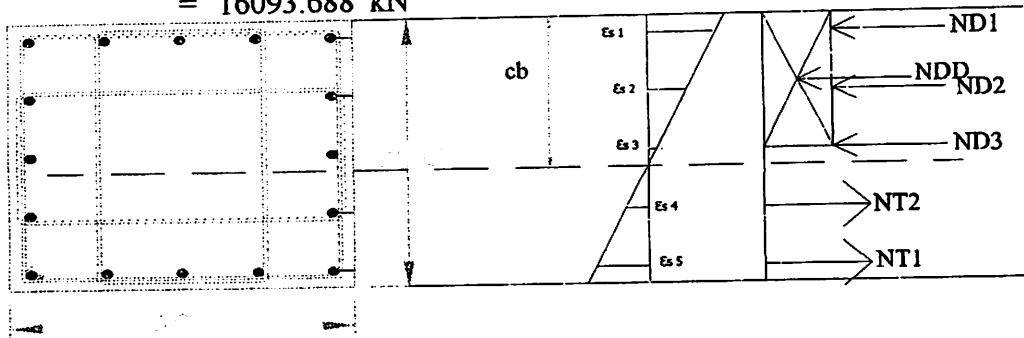
$$= 550.000 \cdot 0.85$$

$$= 467.50 \text{ mm}$$

$$ND_D = 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \cdot 45 \cdot 467,50 \cdot 900 \cdot 10^{-3}$$

$$= 16093,688 \text{ kN}$$



Gambar 4.16 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi patah desak

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0,00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{550 - 66,5}{550} \times 0,003$$

$$= 0,00264 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$ND_1 = 2943,750 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 1177,50 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{550 - 258,25}{550} \times 0,003$$

$$= 0,00159 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$ND_2 = 981,250 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 392,500 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{550 - 450,00}{550} \times 0,003$$

$$= 0,00055 < \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = 0,00055 \cdot 200000 = 109,09 \text{ MPa}$$

$$ND_3 = 981,250 \cdot 109,09 \cdot 10^{-3} = 107,045 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s4} = \frac{642 - 550}{550} \times 0,003$$

$$= 0,00050 < \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = 0.00050 \cdot 200000 = 100 \text{ MPa}$$

$$NT_2 = 981.250 \cdot 100 \cdot 10^{-3} = 98.21 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s_y} = \frac{833.50 - 550}{550} \times 0.003$$

$$= 0.00155 < \epsilon_y;$$

$$\text{maka } f_s = 0.00155 \cdot 200000 = 309.27 \text{ MPa}$$

$$NT_1 = 981.250 \cdot 309.27 \cdot 10^{-3} = 303.474 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P_n &= ND_D + ND_1 + ND_2 + ND_3 - NT_2 - NT_1 \\ &= 16093.688 + 1177.50 + 392.500 + 107.045 + 98.21 - \\ &\quad 303.474 \end{aligned}$$

$$= 17565.473 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0.65 \cdot 17565.473$$

$$= 11417.558 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_n &= NDD(h/2 - ab/2) + \{(ND_1 + NT_1) \cdot (h/2 - 66.5)\} + \{(ND_2 + ND_4) \cdot \\ &\quad (h/2 - 258.25)\} \end{aligned}$$

$$= (16093.69 \cdot (900/2 - 467.5/2)) + \{(1177.5 + 303.48) \cdot (900/2 - 66.5)\} +$$

$$\{(392.5 + 98.22) \cdot (900/2 - 258.25)\} \cdot 10^{-3}$$

$$= 4142.312 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0.65 \cdot 4142.312$$

$$= 2692.503 \text{ kNm}$$

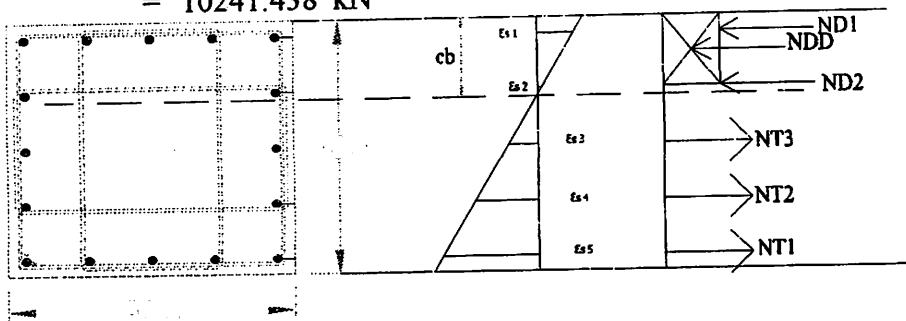
$$e_b = \frac{M_n}{P_n} = \frac{4142.3119}{17565.473} = 0.2358 \text{ m} = \mathbf{235.821 \text{ mm}}$$

• **Kondisi Patah Tarik** ($c < c_b$)

Dipakai nilai $c = 350 \text{ mm}$

$$a = c \cdot \beta$$

$$\begin{aligned}
 &= 350 \cdot 0.85 \\
 &= 297.5 \text{ mm} \\
 ND_D &= 0.85 \cdot f_c \cdot a \cdot b \\
 &= 0.85 \cdot 45 \cdot 298 \cdot 900 \cdot 10^{-3} \\
 &= 10241.438 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.17 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi patah tarik

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} = \frac{400}{200000} = 0.00200$$

$$\epsilon_{s1} = \frac{350 - 66.5}{350} \times 0.003$$

$$= 0.00243 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$ND_1 = 2943.750 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 1177.50 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s2} = \frac{350 - 258.25}{350} \times 0.003$$

$$= 0.0008 < \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = 0.00079 \cdot 200000 = 157.3 \text{ MPa}$$

$$ND_2 = 981.250 \cdot 157.29 \cdot 10^{-3} = 154.34 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s3} = \frac{450 - 350}{350} \times 0.003$$

$$= 0.0009 < \epsilon_y ;$$

$$\text{maka } f_s = 0.0009 \cdot 200000 = 171.43 \text{ MPa}$$

$$ND_3 = 981.250 \cdot 171.43 \cdot 10^{-3} = 168.21 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s4} = \frac{642 - 350}{350.000} \times 0.003$$

$$= 0.00250 \cdot 200000 = 500 \text{ MPa}$$

$$NT2 = 981.250 \cdot 500 \cdot 10^{-3} = 490.765 \text{ kN}$$

$$\epsilon_{s5} = \frac{833.50 - 350}{350} \times 0.003$$

$$= 0.00414 > \epsilon_y ; \text{ maka } f_s = f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$NT1 = 981.250 \cdot 400 \cdot 10^{-3} = 392.50 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} P_n &= ND_D + ND_1 - NT4 - NT3 - NT_2 - NT1 \\ &= 10241.438 + 1177.50 - 154.34 - 168.21 - 490.765 - \\ &\quad 392.500 \end{aligned}$$

$$= 10213.121 \text{ kN}$$

$$\phi P_n = 0.65 \cdot 10213.121$$

$$= 6638.5289 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} M_n &= NDD(h/2 - ab/2) + \{(ND1 + NT1) \cdot (h/2 - 66.5)\} + \{(NT4 + NT2) \cdot \\ &\quad (h/2 - 258.25)\} \end{aligned}$$

$$= [10241.44 \cdot (900/2 - 297.5/2) + \{(1177.5 + 392.5) \cdot (900/2 - 66.5)\} +$$

$$\{(154.34 + 490.77) \cdot (900/2 - 258.25)\}$$

$$(h/2 - 286,50)\} \cdot 10^{-3}$$

$$= 3811.0286 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0.65 \cdot 3811.029$$

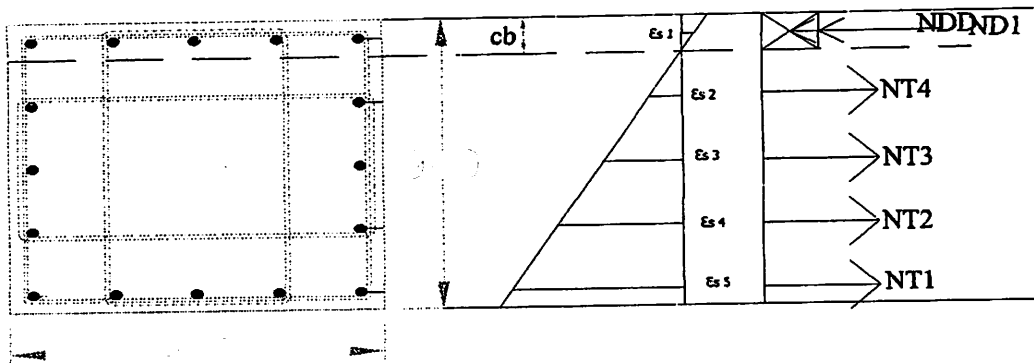
$$= 2477.17 \text{ kNm}$$

$$e_b = \frac{M_n}{P_n} = \frac{3811.0286}{10213.121} = 0.3732 \text{ m} = 373.2 \text{ mm}$$

- **Kondisi Lentur Murni**

Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tarik } A_s &= 7 \text{ D } 29 = 4621.295 \text{ mm}^2 \\ \text{Tulangan tekan } A_s' &= 9 \text{ D } 29 = 5941.665 \text{ mm}^2 \\ A_s' 1 &= 3 \text{ D } 29 = 1980.555 \text{ mm}^2 \\ A_s' 2 &= 2 \text{ D } 29 = 1320.370 \text{ mm}^2 \\ y_1 &= 40 + 10 + 1/2 \cdot 29 = 64.5 \text{ mm} \\ y_2 &= 64.5 + 191.75 = 256 \text{ mm} \\ y = d' &= \frac{1980.555 \times 64.5 + 1320.37 \times 256}{5941.665} = 78.450 \text{ mm} \end{aligned}$$



Gambar 4.18 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi 1 lentur murni

Dimisalkan garis netral (c) $>$ y_2 maka perhitungan garis netral harus dicari menggunakan persamaan :

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \cdot \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta 1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s' (c - d') 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta 1 \cdot b) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 45 \cdot 0,85 \cdot 900)c^2 + (600 \cdot 5941.665 - 4621.295 \cdot 400)c - 600 \cdot 5941.665 \cdot 78.45$$

$$29261 c^2 + 1716481.000 c - 279674171.6 = 0$$

$$c = 72.739 \text{ mm}$$

Karena nilai $c < y_2$ maka dihitung nilai c sebenarnya berdasarkan persamaan yang kedua.

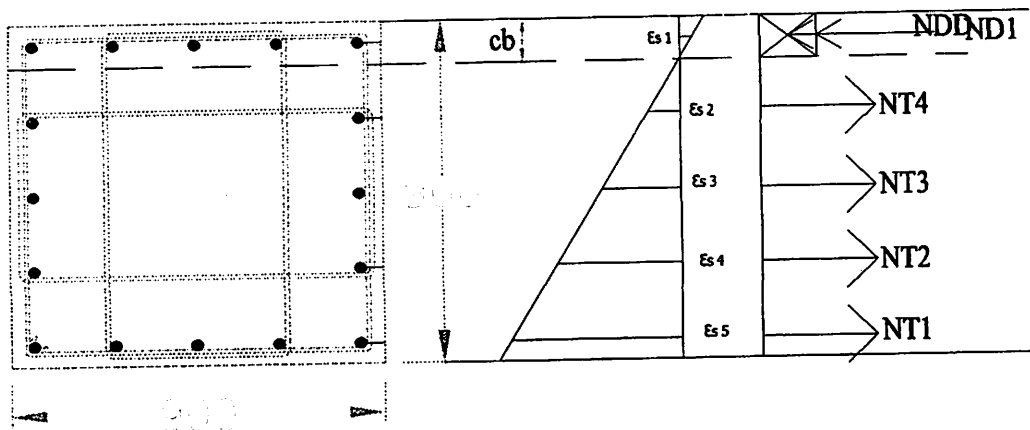
Dicoba dipasang tulangan sebagai berikut :

$$\text{Tulangan tarik } A_s = 7 \text{ D } 29 = 4621.295 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan } A_s' = 9 \text{ D } 29 = 5941.665 \text{ mm}^2$$

$$d' = 40 + 10 + 1/2 \cdot 29 = 64.5 \text{ mm}$$

$$d = 900 - 64.5 = 836 \text{ mm}$$



Gambar 4.19 Diagram tegangan dan regangan kolom kondisi 2 lentur murni

$$0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b + A_s' \cdot f_s' = A_s \cdot f_y$$

$$\text{Substitusi nilai : } f_s' = \frac{(c - d')}{c} \times 600$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) + A_s' \frac{(c - d')}{c} \times 600 = A_s \cdot f_y$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b) \cdot c + A_s' (c - d') \times 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$\text{Substitusi nilai : } a = \beta_1 \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta_1 \cdot c \cdot b) \cdot c + A_s' (c - d') 600 = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot l \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = A_s \cdot f_y \cdot c$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot l \cdot b) c^2 + 600 A_s' \cdot c - 600 A_s' \cdot d' - A_s \cdot f_y \cdot c = 0$$

$$(0,85 \cdot f_c \cdot \beta \cdot l \cdot b) c^2 + (600 A_s' - A_s \cdot f_y) \cdot c - 600 A_s' \cdot d' = 0$$

$$(0,85 \cdot 45 \cdot 0,85 \cdot 900) c^2 + (600 \cdot 5941,665 - 4621,295 \cdot 400) \cdot c - 600 \cdot 5941,665 \cdot 64,5 = 0$$

$$29261 c^2 - 1716481,000 c - 229942435,500 = 0$$

$$c = 64,043 \text{ mm}$$

$$a = \beta \cdot c$$

$$= 0,85 \times 64,043 = 54,436 \text{ mm}$$

$$N_{D_D} = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

$$= 0,85 \times 45 \times 54,436 \times 900$$

$$= 1873,971 \text{ kN}$$

$$N_{D_1} = f_s' \cdot A_s'$$

$$= \frac{(c - d')}{c} \times 600 \cdot A_s'$$

$$= \frac{64,5 - 64,043}{64,043} \times 600 \times 5941,665 \times 10^{-3}$$

$$= 25,453 \text{ kN}$$

$$N_{T_1} = A_s l \times f_y$$

$$= 5941,665 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 2376,666 \text{ kN}$$

$$N_{T_2} = A_s l \times f_y$$

$$= 981,250 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 392,500 \text{ kN}$$

$$N_{T_3} = A_s l \times f_y$$

$$= 981,250 \times 400 \times 10^{-3}$$

$$= 392,500 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned}
 NT_4 &= A_s1 \times f_y \\
 &= 981.250 \times 400 \times 10^{-3} \\
 &= 392.500 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$NDD + ND1 = NT1 + NT2 + NT3 + NT4$$

$$\begin{aligned}
 1873.971 + 25.453 &= 2376.67 + 392.500 + 392.500 + 392.500 \\
 1899.424061 &= 3554.166
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ZD_D &= c - a/2 \\
 &= 64.043 - \frac{54.436}{2} \\
 &= 36.825 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ZD_1 &= c - y1 \\
 &= 64.043 - 64.5 \\
 &= -0.457 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ZT4 &= y2 - c \\
 &= 256 - 64.043 \\
 &= 192.207 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ZT3 &= y3 - c \\
 &= 450.00 - 64.043 \\
 &= 385.957 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ZT2 &= y4 - c \\
 &= 642 - 64.043 \\
 &= 577.707 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ZT1 &= y5 - c \\
 &= 833.50 - 64.043 \\
 &= 769.457 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mn &= \{(ND_D \cdot ZD_D) + (ND_1 \cdot ZD_1) + (NT_1 \cdot ZT_1) + (NT_2 \cdot ZT_2) + \\
 &\quad (NT_3 \cdot ZT_3) + (NT_4 \cdot ZT_4)\} \\
 &= \{(1873.98 \cdot 36.83) + (25.46 \cdot -0.46) + (2376.67 \cdot 769.46)
 \end{aligned}$$

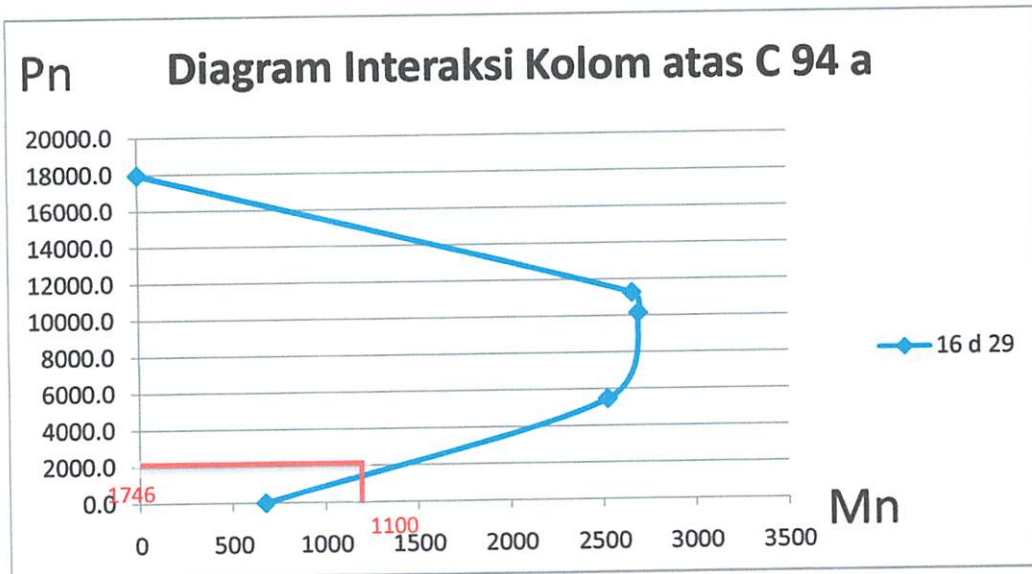
$$\begin{aligned}
 & +(392.5 \cdot 577.71) + (392.5 \cdot 385.96) + (392.5 \cdot 192.21) \cdot 10^{-3} \\
 & = 2351.442 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi Mn & = 0.65 \cdot 2351.44 \\
 & = 1528.438 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

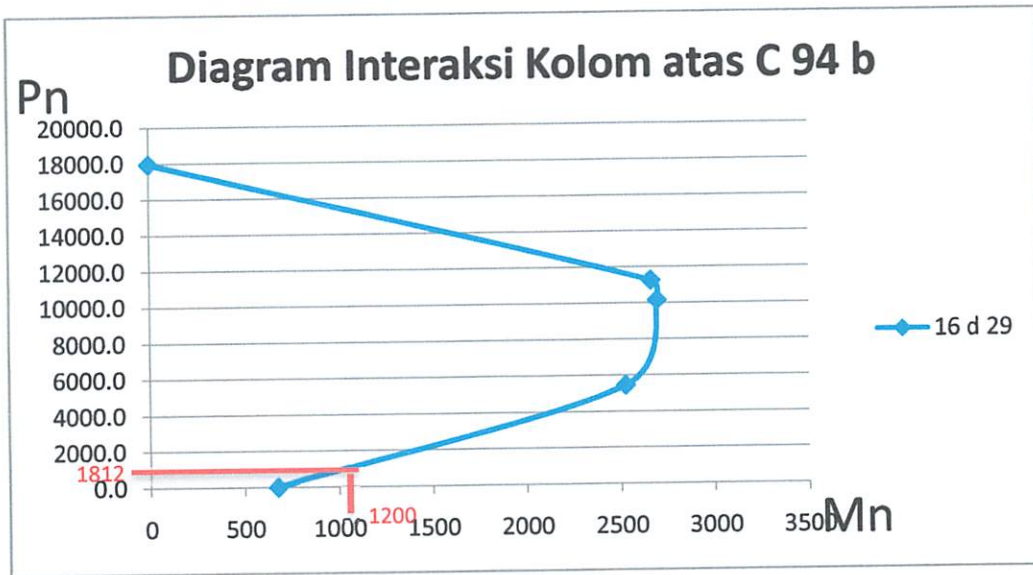
Koordinat diagram

Kondisi	16 D 29	
	ϕPn (kN)	ϕMn (kNm)
Sentris	18097.898	0
Patah Desak	11417.558	2692.503
Balance	10137.071	2706.262
Patah Tarik	6638.529	2477.169
Lentur	0	1528.438

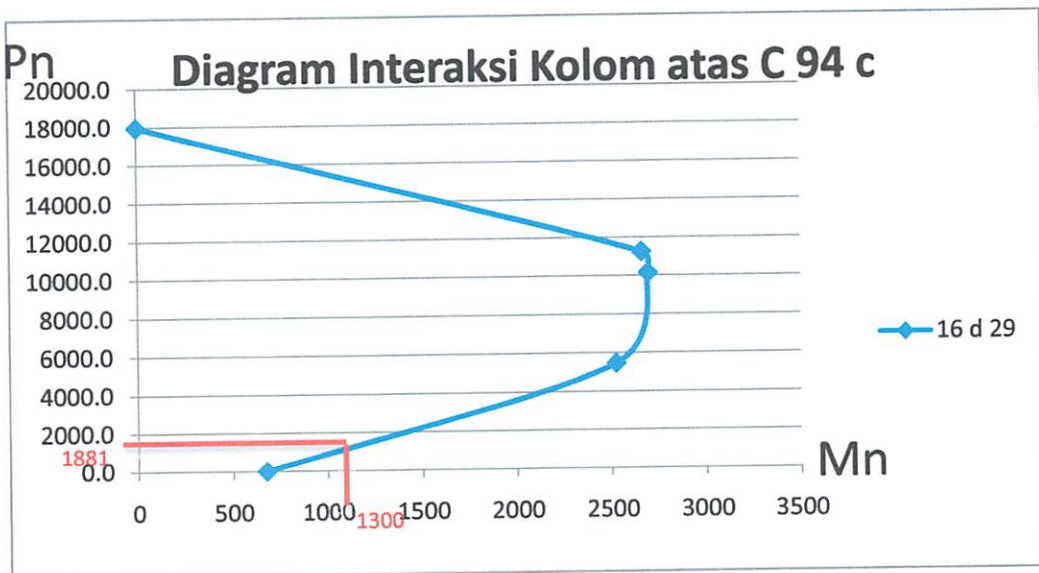
ϕPn Kolom atas beam 1237 (kN)	1746 kN
ϕPn Kolom desain beam 808 (kN)	1812 kN
ϕPn Kolom bawah 380 (kN)	1881 kN



Gambar 4.20 Diagram Interaksi Kolom atas C 94 a



Gambar 4.21 Diagram Interaksi Kolom desain C 94 b



Gambar 4.22 Diagram Interaksi Kolom desain C 94 c

Dari hasil pembacaan ketiga diagram interaksi kolom diatas, maka didapat Nilai momen nominal terfaktor untuk kolom yang ditinjau sebesar:

ϕ Mn Kolom atas beam C 94 a (kNm)	1100
ϕ Mn Kolom desain beam C 94 b (kNm)	1200
ϕ Mn Kolom bawah beam C 94 c (kNm)	1300

4.2.2 Perhitungan Penulangan Geser Kolom

Penulangan geser kolom C 94 B pada portal memanjang line 4.

Diketahui :

$$h = 900 \text{ mm} \quad f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$b = 900 \text{ mm} \quad f_{y_{ulir}} = 400 \text{ MPa}$$

$$d = 833.5 \text{ mm} \quad f_{y_{polos}} = 240 \text{ MPa}$$

$$\text{Tinggi bersih } l_n = 3400 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan sengkang} = D \quad 12 \text{ mm}$$

a. Pengekangan Kolom

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang l_0 (SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang l_0 tidak boleh kurang dari :

- $h = 900 \text{ mm}$
- $\frac{1}{6} l_n = \frac{1}{6} \cdot 3400 = 566.667 \text{ mm}$
- 550

Jadi daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis sejauh 800 mm dari muka kolom.

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.3), spasi maksimum tidak boleh melebihi :

- $\frac{1}{4} \times \text{dimensi terkecil komponen struktu} = \frac{1}{4} \times 900 = 225 \text{ mm}$
- $6 \times \text{diameter terkecil komponen struktu} = 4 \times 29 = 116 \text{ mm}$

- 100 mm

Dipasang tulangan geser 4 D 12 mm

$$A_s = 4 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 12^2$$
$$= 452.16 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jadi } A_s = 452.16 \text{ mm}^2 \geq A_{sh}$$

$$h_c = 900 - 40 - 40 - 12 = 808 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = [900 - 2 \times 40]^2 = 672400 \text{ mm}^2$$

A_{sh} minimum harus memenuhi persyaratan sesuai SNI 2847-2013 Pasal

21.6.4.4.(b) dan diambil nilai yang terbesar dari hasil rumus berikut ini :

$$A_{sh} = 0.3 \left(\frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_{yh}} \right) \left(\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right)$$

$$452.16 = 0.3 \left(\frac{s \times 808 \times 30}{400} \right) \left(\left(\frac{810000}{672400} \right) - 1 \right)$$

$$452.16 = 0.3 \times 60.6 \times s \times 0.205$$

$$452.16 = 3.7204 \times s$$

$$s = 121.537 \text{ mm}$$

atau

$$A_{sh} = 0.09 \left(\frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_{yh}} \right)$$

$$452.16 = 0.09 \left(\frac{s \times 808 \times 30}{400} \right)$$

$$452.16 = 0.09 \times 60.6 \times s$$

$$452.16 = 5.454 \times s$$

$$s = 82.904 \text{ mm}$$

Dipakai $s = 80 \text{ mm}$

Jadi dipasang tulangan geser 4 D 12 - 80 mm.

a. Perhitungan Tulangan Transversal Kolom Akibat V_e

$$\begin{aligned} \text{Diketahui : } h &= 900 \text{ mm} & f_c &= 30 \text{ MPa} \\ b &= 900 \text{ mm} & f_{yulir} &= 400 \text{ MPa} \\ d &= 833.5 \text{ mm} \\ \text{Tinggi bersih } h_n &= 3400 \text{ mm} \\ \text{Tulangan sengkang} &= D \ 12 \text{ mm} \\ N_{u, k} &= 1812000.00 \text{ N} \end{aligned}$$

Perhitungan Momen Probabilitas (M_{pr})

$$M_{pr} = M_{nb} = 4263790188.250 \text{ Nmm}$$

Karena tulangan longitudinal sepanjang kolom sama, maka M_{pr_3} dan M_{pr_4}

= 4263790188.250 Nmm, sehingga :

$$\begin{aligned} V_{e \text{ kolom}} &= \frac{M_{pr_3} + M_{pr_4}}{h_n} \\ &= \frac{4263790188.250 + 4263790188.250}{3400} \\ &= 2508111.88 \text{ N} \\ V_{e \text{ balok}} &= \frac{M_{Pr_1} + M_{Pr_2}}{l_m} \\ &= \frac{487942107.039 + 291260048.426}{4800} \\ &= 162333.782 \text{ N} < V_{e \text{ kolom}} = 2508111.875 \text{ N} \end{aligned}$$

V_c = apabila memenuhi ketentuan pada SNI 2847-2013 Pasal 21.5.4.2

sebagai berikut :

Gaya aksial terfaktor $< A_g \cdot f_c / 20$

$$1812000 \text{ N} < \frac{900 \times 900 \times 30}{20}$$

$$1812000 \text{ N} < 1215000 \text{ N}$$

Maka dipakai V_c sesuai dengan SNI 2847-2013 Pasal 11.2.1.2 :

$$\begin{aligned}
 V_c &= 0.17 \left[1 + \frac{Nu}{14.A_g} \right] \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \\
 &= 0.17 \left[1 + \frac{1812000}{14 \times 810000} \right] \times 1 \times \sqrt{30} \times 900 \times 833.5 \\
 &= 810095.851 \text{ N}
 \end{aligned}$$

- Tulangan geser di dalam daerah sendi plastis

Daerah yang berpotensi sendi plastis terletak sepanjang l_0 (SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.1) dari muka yang ditinjau, dimana panjang l_0 tidak boleh kurang dari :

- $h = 900 \text{ mm}$
- $\frac{1}{6} l_n = \frac{1}{6} \cdot 3400 = 566.667 \text{ mm}$
- 550 mm

Jadi daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis sejauh 800 mm dari muka kolom.

Persyaratan spasi maksimum pada daerah gempa (SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.3), spasi maksimum tidak boleh melebihi :

- $\frac{1}{4} \times \text{dimensi terkecil komponen struktural} = \frac{1}{4} \times 900 = 225 \text{ mm}$
 - $6 \times \text{diameter terkecil komponen struktural} = 6 \times 29 = 174 \text{ mm}$
 - $S_o = 100 + \frac{350 - h_x}{3}$, dimana $h_x = \frac{2}{3} h_c = \frac{2}{3} \times 808 = 539$
- $$= 100 + \frac{350 - 539}{3} = 37 \text{ mm}$$

Dipasang tulangan geser 4 D 12 mm

$$\begin{aligned}
 A_s &= 4 \times \frac{1}{4} \times 3,14 \times 12^2 \\
 &= 452.16 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Jadi } A_s = 452.16 \text{ mm}^2 \geq A_{sh}$$

$$h_c = 900 - 40 - 40 - 12 = 808 \text{ mm}$$

$$A_{ch} = (900 - 2 \times 40)^2 = 672400 \text{ mm}^2$$

A_{sh} minimum harus memenuhi persyaratan sesuai SNI 2847-2013 Pasal

21.6.4.4.(b) dan diambil nilai yang terbesar dari hasil rumus berikut ini :

$$A_{sh} = 0.3 \left(\frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_{yh}} \right) \left(\left(\frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right)$$

$$452.16 = 0.3 \left(\frac{s \times 808 \times 30}{400} \right) \left(\left(\frac{810000}{672400} \right) - 1 \right)$$

$$452.16 = 0.3 \times 60.6 \ s \times 0.205$$

$$452.16 = 3.7204 \ s$$

$$s = 121.537 \text{ mm}$$

atau

$$A_{sh} = 0.09 \left(\frac{s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_{yh}} \right)$$

$$452.16 = 0.09 \left(\frac{s \times 808 \times 30}{400} \right)$$

$$452.16 = 0.09 \times 60.6 \ s$$

$$452.16 = 5.454 \ s$$

$$s = 82.904 \text{ mm}$$

Dipakai $s = 80 \text{ mm}$

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{452.16 \times 400 \times 833.5}{80}$$

$$= 1884376.800 \text{ N}$$

Jadi dipasang tulangan geser **4 D 12 - 80 mm**

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 Pasal 11.4.7.9

$$V_s \leq 0.66 \sqrt{f'_c} \ bw \cdot d$$

$$V_s \leq 0.66 \sqrt{30} \times 900 \times 833.5 \quad \text{syarat kontrol aman}$$

$$1884376.800 \text{ N} < 2711768.905 \text{ N} \dots\dots\dots\text{OK}$$

Maka :

$$\phi (V_s + V_c) = 0.75 [1884376.800 + 810095.851]$$

$$= 2020854.488 \text{ N} > V_u = 162333.782 \text{ N} \dots\dots\dots\text{OK}$$

Jadi untuk penulangan geser di daerah yang berpotensi terjadi sendi plastis sejauh $l_o = 600 \text{ mm}$ dipasang tulangan geser 4 kaki D 12-80.

- Tulangan geser di luar daerah sendi plastis

Persyaratan spasi maksimum untuk daerah luar sendi plastis menurut SNI 2847-2013 Pasal 21.6.4.5, spasi maksimum tidak boleh melebihi :

- 6 x diameter tulangan utama = 4 x 29 = 116 mm
- 150 mm

Dipakai sengkang 4 D 12 dengan spasi 100 mm

$$V_s = \frac{A_s \cdot f_y \cdot d}{s} = \frac{452.16 \times 400 \times 833.5}{100}$$

$$= 1507501.440 \text{ N}$$

Kontrol kuat geser nominal menurut SNI 2847-2013 Pasal 11.4.7.9

$$V_s \leq 0.66 \sqrt{f_c'} b_w \cdot d$$

$$V_s \leq 0.66 \sqrt{30} \times 900 \times 833.5$$

$$1507501.440 \text{ N} < 2711768.905 \text{ N} \dots\dots\dots\text{OK}$$

Maka :

$$\phi (V_s + V_c) = 0.75 [1507501.440 + 810095.851]$$

$$= 1738197.968 \text{ N} > V_u = 162333.782 \text{ N} \dots\dots\dots\text{OK}$$

Jadi untuk penulangan geser di luar sendi plastis dipasang tulangan geser **4 kaki D 12-100.**

4.3 Sambungan Lewatan Tulangan Vertikal Kolom

Sesuai SNI 2847-2013 Pasal 12.2.3 panjang sambungan lewatan harus dihitung sesuai dengan rumus sebagai berikut :

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1\lambda \sqrt{f_c'}} \cdot \frac{\Psi_t \Psi_o \Psi_s}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

dimana : $\Psi_t = 1$ $\Psi_o = 1$ $\Psi_s = 0.8$ $\lambda = 1$

$$\begin{aligned} c &= \text{selimut beton} + \emptyset \text{ sengkang} + \frac{1}{2} D \text{ kolom} \\ &= 40 + 12 + \left(\frac{1}{2} \cdot 29 \right) \end{aligned}$$

$$c = \frac{900 - 2(40 + 12) - 29}{2 \times 4}$$

$$= 95.875 \text{ mm}$$

diambil $c = 95.875 \text{ mm}$ yang menentukan

$$K_{tr} = 0$$

$$\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right) = \frac{95.875 + 0}{29} = 3.306$$

$$\text{Sehingga : } l_d = \frac{400}{1.1 \times 1} \sqrt{30} \times \frac{1 \times 1 \times 0.8}{3.306} \cdot 29$$

$$= 465.894 \text{ mm}$$

Sesuai Pasal 21.6.3.3, sambungan lewatan harus diletakan ditengah panjang kolom dan harus dihitung sebagai sambungan tarik.

Mengingat sambungan lewatan ini termasuk kelas B, maka panjangnya harus $= 1,3 l_d = 1.3 \times 465.894 = 605.662 \text{ mm} \approx 700 \text{ mm}$.

4.4 Kontrol Desain Kapasitas

Kontrol desain kapasitas untuk joint B 481

a. Momen pada kolom

$$\begin{aligned}\Sigma M_{nc} &= \phi M_n \text{ atas} + \phi M_n \text{ desain} \\ &= 1200000000 + 1100000000 \\ &= 2300000000 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma M_{nc} &= \phi M_n \text{ bawah} + \phi M_n \text{ desain} \\ &= 1300000000 + 1100000000 \\ &= 2400000000 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

b. Momen pada balok

$$M_{pr}^- = 291260048.426 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr}^+ = 487942107.039 \text{ Nmm}$$

$$\Sigma M_{nc} \geq 1.2 \Sigma M_{nb}$$

$$\begin{aligned}\Sigma M_{nc} &= \frac{2300000000.000 + 2400000000.000}{0.65} \\ &= 7230769230.769 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}1.2 \Sigma M_{nb} &= \frac{1.2 \times 291260048.426 + 487942107.039}{0.9} \\ &= 1038936207.288 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

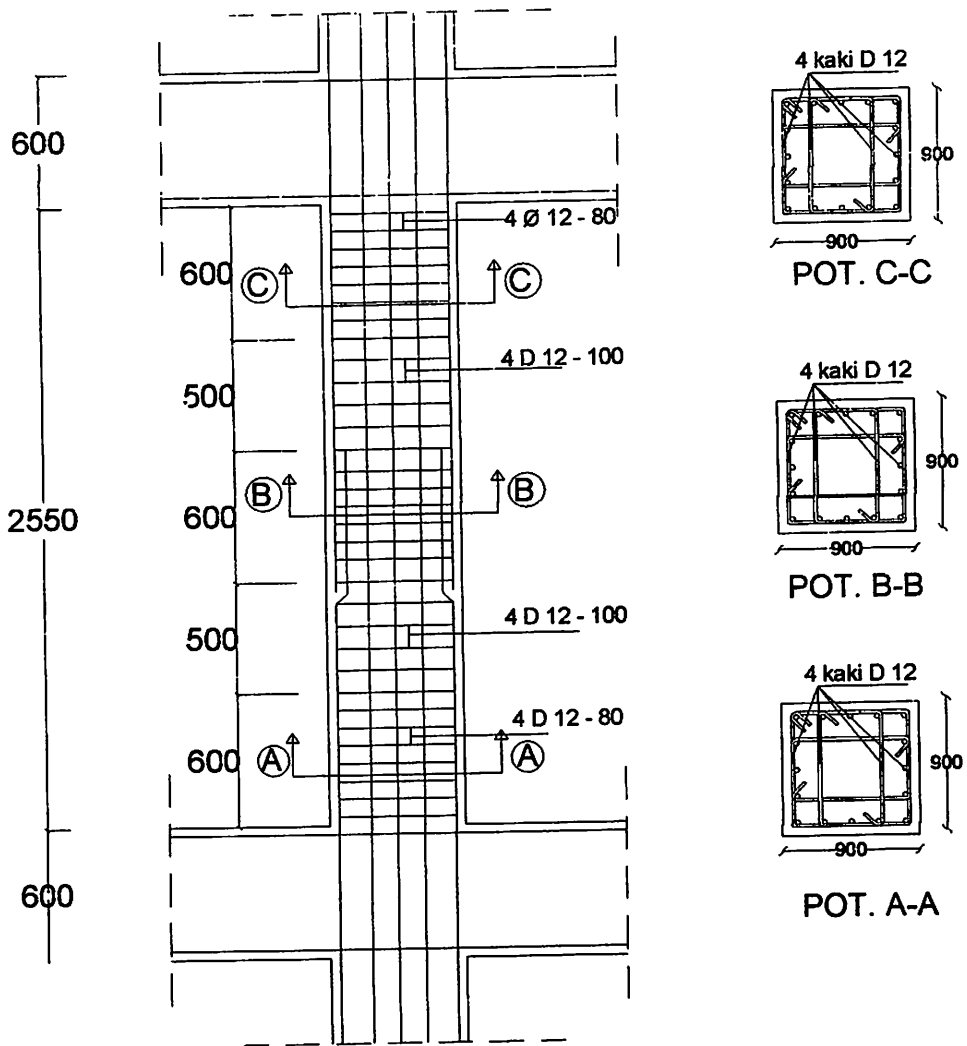
Maka :

$$\Sigma M_{nc} \geq 1.2 \Sigma M_{nb}$$

$$7,230,769,231 \text{ Nmm} > 1,038,936,207 \text{ Nmm} \dots\dots\dots\text{OK}$$

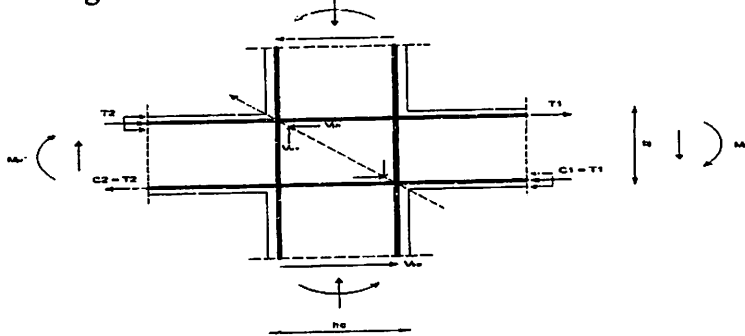
Dari hasil perencanaan balok dan kolom dapat disimpulkan bahwa :

Persyaratan "Strong Column Weak Beam" telah terpenuhiOK



Gambar 4.23 Detail Penulangan Longitudinal dan Transversal Kolom C 9.

4.5 Perhitungan Pertemuan Balok-Kolom



Gambar 4.24 Analisa geser dari hubungan balok kolom (Joint B 481)

Data perencanaan :

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$M_{pr}^-, b = 291260048.426 \text{ Nmm}$$

$$M_{pr}^+, b = 487942107.039 \text{ Nmm}$$

$$h_n, a = 3400 \text{ mm}$$

$$h_n, b = 3400 \text{ mm}$$

Tulangan yang terpasang pada balok :

$$\text{balok kiri} = 4 \text{ D } 22$$

$$\text{balok kanan} = 3 \text{ D } 22$$

Pemeriksaan kuat geser nominal pada joint :

Gaya geser yang terjadi

$$A_{s1} = 4 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 22^2 = 1519.76 \text{ mm}^2$$

$$A_{s2} = 3 \cdot \frac{1}{4} \cdot 3.14 \cdot 22^2 = 1139.82 \text{ mm}^2$$

$$T = A_s \cdot 1.25 \cdot f_y$$

$$T_1 = 1519.76 \cdot 1.25 \cdot 400 = 759880.000 \text{ N}$$

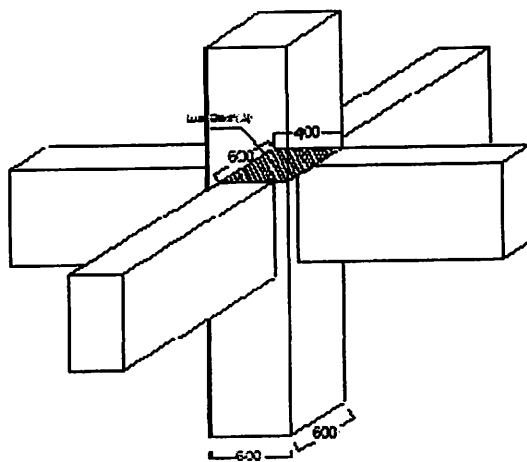
$$T_2 = 1139.82 \cdot 1.25 \cdot 400 = 569910.000 \text{ N}$$

$$M_u = \frac{M_{pr, b \text{ kanan}} + M_{pr, b \text{ kiri}}}{2}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{291260048.426 + 487942107.039}{2} \\
&= 389601077.733 \text{ Nmm} \\
V_h &= \frac{2 \times Mu}{h_n / 2} \\
&= \frac{2 \times 389601077.733}{3400 / 2} \\
&= 458354.209 \text{ N} \\
V_{jh} &= T_1 + T_2 - V_h \\
&= 759880.000 + 569910.000 - 458354.209 \\
&= 871435.791 \text{ N}
\end{aligned}$$

Kuat geser nominal untuk HBK yang terkekang keempat sisinya maka berlaku :

$$V_{jh} < \phi \times 1.7 \times A_j$$



Gambar 4.25 Luas efektif (A_j) untuk HBK

Maka :

$$\begin{aligned}
V_{jh} &< \phi \times 1.7 \times \sqrt{30} \times 400 \times 900 \\
871435.791 &< 0.75 \times 1.7 \times \sqrt{30} \times 400 \times 900 \\
871435.791 \text{ N} &< 2514046.539 \text{ N} \dots\dots\dots\text{OK}
\end{aligned}$$

- Penulangan geser horisontal

$$Nu = 1812000 \text{ N}$$

$$\frac{Nu}{Ag} = \frac{1,812,000}{900 \times 900}$$

$$= 2.796 \text{ N/mm}^2 > 0,1 \cdot f_c = 0.1 \times 45 = 4.5 \text{ N/mm}^2$$

Jadi $V_{c,h}$ dihitung menurut persamaan

$$\begin{aligned} V_{c,h} &= \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{Nu, k}{Ag} - 0,1 \times f'c \right)} \times bj \times hc \\ &= \frac{2}{3} \sqrt{\left(\frac{1812000}{810000} - 0.1 \times 45 \right)} \times 900 \times 900 \\ &= 167570.881 \text{ N} \end{aligned}$$

$$V_{s,h} + V_{c,h} = V_{j,h}$$

$$\begin{aligned} V_{s,h} &= V_{j,h} - V_{c,h} \\ &= 871435.791 - 167570.881 \\ &= 703864.910 \text{ N} \end{aligned}$$

$$A_{j,h} = \frac{V_{s,h}}{f_y}$$

$$= \frac{703864.910}{400}$$

$$= 1759.6623 \text{ mm}^2$$

Coba dipasang 4 lapis tulangan sengkang :

$$\text{Maka } A_s \text{ ada} = 4 \cdot 616.00$$

$$= 2464.000 \text{ mm}^2 > A_{j,h} = 1759.6623 \text{ mm}^2 \dots \text{Aman}$$

- Penulangan geser vertikal

$$V_{j,v} = \frac{hc}{bj} V_{j,h}$$

$$= \frac{900}{900} \times 871435.791$$

$$= 871435.791 \text{ N}$$

$$V_{c,v} = \frac{As' \cdot V_{j,h}}{As} \times \left(0.6 + \frac{Nu, k}{Ag \cdot f'c} \right)$$

$$= \frac{1139.82 \times 871435.791}{1519.76} \times \left(0.6 + \frac{1812000}{810000 \times 30} \right)$$

$$= 440881.959 \text{ N}$$

$$V_{s,v} = V_{j,v} - V_{c,v}$$

$$= 871435.791 - 440881.959$$

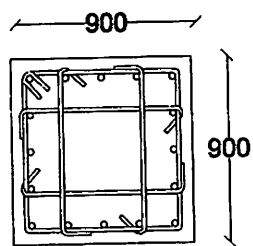
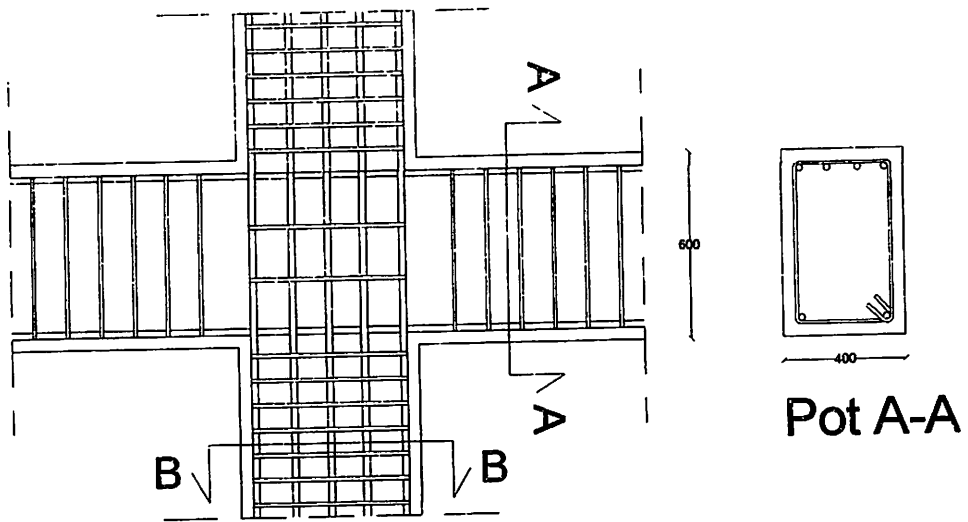
$$= 430553.832 \text{ N}$$

$$A_{j,v} = \frac{V_{s,v}}{f_y}$$

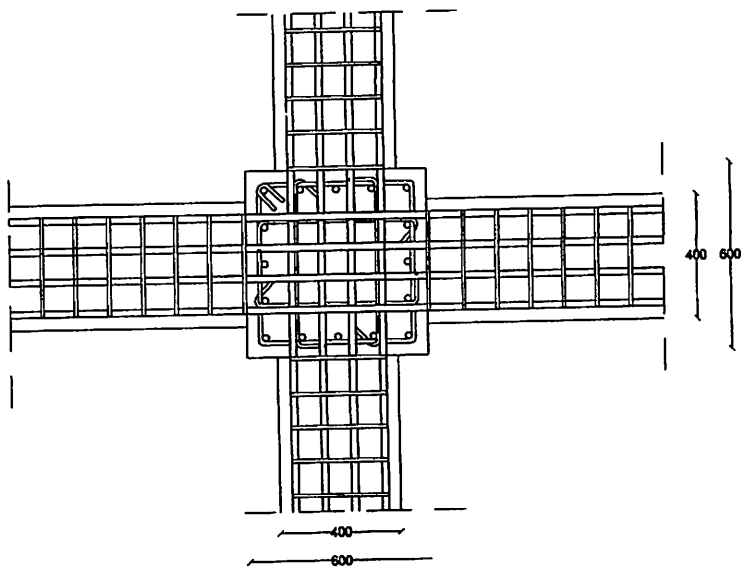
$$= \frac{430553.832}{400}$$

$$= 1001.288 \text{ mm}^2$$

Tulangan kolom yang terpasang 16 D 29, dimana luas tulangan (As ada = 10562.96 mm^2) $>$ 1001.288 mm^2 . Maka tidak diperlukan lagi tulangan geser vertikal karena sudah ditahan oleh tulangan kolom yang terpasang.



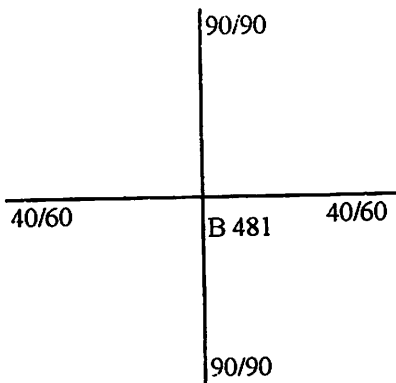
Pot B-B



Gambar 4.26 Hubungan Balok Kolom

4.6 Perhitungan Pendetailan Tulangan

Perhitungan pendetailan joint B 481



- Pendetailan Tulangan Tumpuan Tarik (atas)

- Untuk pemberhentian tulangan tumpu tarik ke dalam balok adalah sejauh

$$\frac{1}{4} L_n = \frac{1}{4} \cdot 4800 = 1200 \text{ mm dari muka kolom.}$$

Ditambah dengan penjangkaran yang diperlukan untuk penjangkaran sejauh

$$12 d_b = 12 \times 22 = 264 \text{ mm}$$

$$\frac{1}{16} l_n = \frac{1}{16} \times 4800 = 300.000 \text{ mm}$$

$$d = 539.00 \text{ mm}$$

Dipakai perpanjangan 539 mm

$$\text{Total panjang yang diperlukan} = 1200 + 539.00 = 1739.00 \text{ mm}$$

Modifikasi yang digunakan :

† Batang tulangan baja paling atas dengan elevasi antara tulangan tersebut dengan lapisan beton terbawah tidak kurang dari 300 mm.

$$600 - 40 - 10 - (0,5 \times 22) = 539.00 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

† Ld yang dibutuhkan adalah :

$$L_{db} = \frac{0,02 \cdot A_s \cdot f_y}{\sqrt{f_c'}} = \frac{(0,02 \cdot (\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 22 \cdot 22) \cdot 390}{\sqrt{45}} = 555.443 \text{ mm}$$

$$L_{db} = 0.06 \cdot 22 \cdot 400 = 528.000 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } L_{db} = 555.443 \text{ mm}$$

Dipakai faktor 1.4

$$\text{Maka } L_d = 555.443 \times 1.4$$

$$= 777.620 \text{ mm ditambah perpanjangan } 539 \text{ mm.}$$

$$L_d = 777.620 + 539.00$$

$$= 1316.620 \text{ mm} < 1739.00 \text{ mm}$$

Jadi dipakai panjang penyaluran $L_d = 1739.00 \text{ mm} \approx 1740 \text{ mm}$

- Penjangkaran masuk ke dalam kolom

- Pendetailan tulangan tumpuan tekan balok (SNI 2847-2013 Pasal 12.3.2)

Untuk tulangan tumpuan tekan, panjang penyaluran yang masuk ke dalam kolom adalah :

$$L_{db} = \frac{db \cdot f_y}{4 \sqrt{f_c'}} = \frac{22 \times \frac{400}{4}}{\sqrt{45}} = 401.663 \text{ mm}$$

Panjang L_{db} tidak boleh kurang dari :

$$L_{db} = 0.04 \cdot 22 \cdot 400 = 352.000 \text{ mm}$$

$$L_{db} = 200 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } L_{db} = 401.663 \text{ mm} \approx 410 \text{ mm}$$

- Pendetailan tulangan tumpuan tarik balok (SNI 2847-2013 Pasal 12.5.2)

$$L_{hb} = \frac{100 \cdot db}{\sqrt{f_c'}} = \frac{100 \times 22}{\sqrt{45}} = 401.663 \text{ mm}$$

Tidak kurang dari :

$$8 \text{ db} = 8 \times 22 = 176 \text{ mm}$$

$$L_{dh} = 401.663 \text{ mm} > 8 \text{ db} = 176 \text{ mm}$$

$$\text{Dipakai } L_{dh} = 401.663 \text{ mm} \approx 410 \text{ mm}$$

Dipilih pembengkokan 90° dengan panjang pembengkokan 12 db

$$= 12 \times 22 = 264 \text{ mm} \approx 265 \text{ mm}$$

- **Pemutusan tulangan tumpuan tekan**

Untuk pemberhentian tulangan tumpuan tekan adalah sejauh

$$\frac{1}{6} l_n = \frac{1}{6} \times 4800 = 960 \text{ mm dari muka kolom.}$$

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada perencanaan Bangunan Apartement Bale Hinggil Surabaya menggunakan struktur portal tahan gempa dengan konsep Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Mutu beton yang digunakan $f_c' = 30$ MPa, mutu baja ulir $f_y = 400$ MPa, mutu baja polos $f_y = 240$ MPa dan untuk perhitungan analisa struktur menggunakan program bantu ETABS.

➤ **Balok**

- Dimensi Balok : 40/60
- Tulangan Tumpuan Kiri : atas 4 D 22, bawah 2 D 22
- Tulangan Lapangan : atas 2 D 22, bawah 3 D 22
- Tulangan Tumpuan Kanan : atas 4 D 22, bawah 2 D 22

Joint Kiri

Daerah Sendi Plastis : D 10 – 75 (2 kaki)

Daerah Luar Sendi Plastis : D 10 – 250 (2 kaki)

Joint Kanan

Daerah Sendi Plastis : D 10 – 75 (2 kaki)

Daerah Luar Sendi Plastis : D 10 – 250 (2 kaki)

➤ Kolom

Kolom pada portal ini direncanakan menggunakan dimensi 90/90 cm dengan jumlah tulangan 16 D 29, dengan spesifikasi tulangan geser :

Daerah Sendi Plastis : D 12 – 80 (4 kaki)

Daerah Luar Sendi Plastis : D 12 – 100 (4 kaki)

- Pada perencanaan kolom pada portal ini telah memenuhi konsep “Capacity Design” yaitu Strong Column Weak Beam. Misalkan pada joint 10028 :

$7230769231 \text{ Nmm} > 1094769729 \text{ Nmm} \dots\dots\dots \text{OK}$

- Pada hubungan balok kolom dipasang pengekang horisontal 4 D 12 (4 kaki) dan untuk pengekang vertikal menggunakan tulangan longitudinal kolom.

- Dari hasil perhitungan di atas dapat disimpulkan struktur yang didesain diharapkan mampu menahan gaya gempa dan tidak mengalami kerusakan pada waktu menahan gaya gempa dengan kekuatan kecil, sedang dan tidak mengalami kerusakan fatal akibat gempa kuat.

5.2 Saran

Dengan kemajuan teknologi saat ini, perencanaan struktur gedung portal , kita dapat menggunakan fasilitas program bantu contohnya ETABS yang mampu menghasilkan penulangan dan hasil output secara langsung, tetapi tetap memperhatikan peraturan-peraturan yang ada akan lebih efisien dan dapat menghemat biaya pelaksanaan pekerjaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional (2012).SNI 1726 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung.
- Edward G. Nawi. (1998).Beton Bertulang, Departemen Sipil dan Rekayasa Lingkungan Universitas Rutgers Universitas Negeri New Jersey.
- J.Thambah Sembiring Gurki,(2010).Beton Bertulang,Rekayasa Sains Bandung. SNI 2847 2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
- Imran Iswandi , Hendrik Fajar (2009). Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa, ITB, Bandung.
- Purwono. R (2005), Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa, ITS, Surabaya.
- Thambah sembiring Gurki. (2010).Beton Bertulang, Rekayasa Sains, Bandung.
- Pedoman Penulisan Karya Ilmiah Skripsi, Tesis, Artikel, Makalah, Tugas Akhir, Laporan penelitian, Universitas Negeri Malang.
- WAHANA KOMPUTER (2010).Panduan Praktis Analisis Struktur Bangunan dan Gedung dengan Sap 2000 Versi 14, CV.ANDI, Yogyakarta.

	Beam	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3
RY1	B479	DEAD	15.748		0	-9.23	0	-0.012	0 -414.72
RY1	B479	DEAD	36.745		0	-9.23	0	-0.012	0 -221
RY1	B479	DEAD	57.743		0	-9.23	0	-0.012	0 -27.28
RY1	B479	DEAD	78.74		0	-9.23	0	-0.012	0 166.44
RY1	B479	LIVE	15.748		0	-4.38	0	-0.005	0 -196.648
RY1	B479	LIVE	36.745		0	-4.38	0	-0.005	0 -104.767
RY1	B479	LIVE	57.743		0	-4.38	0	-0.005	0 -12.886
RY1	B479	LIVE	78.74		0	-4.38	0	-0.005	0 78.995
RY1	B479	SW	15.748		0	-12.03	0	-23.151	0 -496.07
RY1	B479	SW	36.745		0	-11.35	0	-23.151	0 -250.541
RY1	B479	SW	57.743		0	-10.68	0	-23.151	0 -19.247
RY1	B479	SW	78.74		0	-10	0	-23.151	0 197.811
RY1	B479	RPX	15.748		0	15.47	0	5.221	0 1629.709
RY1	B479	RPX	36.745		0	15.47	0	5.221	0 1304.847
RY1	B479	RPX	57.743		0	15.47	0	5.221	0 979.984
RY1	B479	RPX	78.74		0	15.47	0	5.221	0 655.121
RY1	B479	RPY	15.748		0	0.08	0	31.834	0 4.706
RY1	B479	RPY	36.745		0	0.08	0	31.834	0 2.949
RY1	B479	RPY	57.743		0	0.08	0	31.834	0 1.192
RY1	B479	RPY	78.74		0	0.08	0	31.834	0 -0.565
RY1	B479	RPX	15.748		0	0.1	0	0.101	0 10.313
RY1	B479	RPX	36.745		0	0.1	0	0.101	0 8.258
RY1	B479	RPX	57.743		0	0.1	0	0.101	0 6.203
RY1	B479	RPX	78.74		0	0.1	0	0.101	0 4.149
RY1	B479	RPY	15.748		0	0.03	0	0.332	0 3.11
RY1	B479	RPY	36.745		0	0.03	0	0.332	0 2.491
RY1	B479	RPY	57.743		0	0.03	0	0.332	0 1.872
RY1	B479	RPY	78.74		0	0.03	0	0.332	0 1.253
RY1	B479	COMB1	15.748		0	-29.76	0	-32.429	0 -1275.11
RY1	B479	COMB1	36.745		0	-28.81	0	-32.429	0 -660.157
RY1	B479	COMB1	57.743		0	-27.86	0	-32.429	0 -65.138
RY1	B479	COMB1	78.74		0	-26.91	0	-32.429	0 509.952
RY1	B479	COMB2	15.748		0	-32.51	0	-27.804	0 -1407.58
RY1	B479	COMB2	36.745		0	-31.7	0	-27.804	0 -733.476
RY1	B479	COMB2	57.743		0	-30.88	0	-27.804	0 -76.45
RY1	B479	COMB2	78.74		0	-30.07	0	-27.804	0 563.494
RY1	B479	COMB3	15.748		0	-10.04	0	-22.575	0 536.762
RY1	B479	COMB3	36.745		0	-9.22	0	-22.575	0 738.998
RY1	B479	COMB3	57.743		0	-8.41	0	-22.575	0 924.151
RY1	B479	COMB3	78.74		0	-7.6	0	-22.575	0 1092.223
RY1	B479	COMB4	15.748		0	-40.98	0	-33.017	0 -2722.66
RY1	B479	COMB4	36.745		0	-40.17	0	-33.017	0 -1870.7
RY1	B479	COMB4	57.743		0	-39.35	0	-33.017	0 -1035.82
RY1	B479	COMB4	78.74		0	-38.54	0	-33.017	0 -218.019
RY1	B479	COMB5	15.748		0	-25.43	0	4.038	0 -1088.24
RY1	B479	COMB5	36.745		0	-24.61	0	4.038	0 -562.9
RY1	B479	COMB5	57.743		0	-23.8	0	4.038	0 -54.64
RY1	B479	COMB5	78.74		0	-22.99	0	4.038	0 436.537
RY1	B479	COMB6	15.748		0	-25.59	0	-59.629	0 -1097.65
RY1	B479	COMB6	36.745		0	-24.78	0	-59.629	0 -568.798
RY1	B479	COMB6	57.743		0	-23.97	0	-59.629	0 -57.025
RY1	B479	COMB6	78.74		0	-23.15	0	-59.629	0 437.667
RY1	B480	DEAD		0	0	-8.04	0	-0.012	0 218.169

DRY1	B480	DEAD	19.685	0	-8.04	0	-0.012	0	376.351
DRY1	B480	DEAD	39.37	0	-8.04	0	-0.012	0	534.533
DRY1	B480	DEAD	39.37	0	7.72	0	-1.608	0	533.11
DRY1	B480	DEAD	59.055	0	7.72	0	-1.608	0	381.155
DRY1	B480	DEAD	78.74	0	7.72	0	-1.608	0	229.199
DRY1	B480	LIVE	0	0	-3.81	0	-0.005	0	103.53
DRY1	B480	LIVE	19.685	0	-3.81	0	-0.005	0	178.555
DRY1	B480	LIVE	39.37	0	-3.81	0	-0.005	0	253.581
DRY1	B480	LIVE	39.37	0	3.66	0	-0.761	0	252.891
DRY1	B480	LIVE	59.055	0	3.66	0	-0.761	0	180.792
DRY1	B480	LIVE	78.74	0	3.66	0	-0.761	0	108.693
DRY1	B480	SW	0	0	-9.78	0	-23.151	0	265.402
DRY1	B480	SW	19.685	0	-9.14	0	-23.151	0	451.594
DRY1	B480	SW	39.37	0	-8.51	0	-23.151	0	625.275
DRY1	B480	SW	39.37	0	8.23	0	21.092	0	623.2
DRY1	B480	SW	59.055	0	8.87	0	21.092	0	454.848
DRY1	B480	SW	78.74	0	9.51	0	21.092	0	273.985
DRY1	B480	RPX	0	0	13.48	0	5.221	0	568.373
DRY1	B480	RPX	19.685	0	13.48	0	5.221	0	303.107
DRY1	B480	RPX	39.37	0	13.48	0	5.221	0	37.84
DRY1	B480	RPX	39.37	0	13.46	0	3.011	0	-13.115
DRY1	B480	RPX	59.055	0	13.46	0	3.011	0	-278.049
DRY1	B480	RPX	78.74	0	13.46	0	3.011	0	-542.984
DRY1	B480	RPY	0	0	0.07	0	31.834	0	-1.034
DRY1	B480	RPY	19.685	0	0.07	0	31.834	0	-2.468
DRY1	B480	RPY	39.37	0	0.07	0	31.834	0	-3.903
DRY1	B480	RPY	39.37	0	-0.01	0	-27.089	0	3.342
DRY1	B480	RPY	59.055	0	-0.01	0	-27.089	0	3.484
DRY1	B480	RPY	78.74	0	-0.01	0	-27.089	0	3.625
DRY1	B480	RPX	0	0	0.09	0	0.101	0	3.6
DRY1	B480	RPX	19.685	0	0.09	0	0.101	0	1.922
DRY1	B480	RPX	39.37	0	0.09	0	0.101	0	0.245
DRY1	B480	RPX	39.37	0	0.09	0	0.037	0	0.088
DRY1	B480	RPX	59.055	0	0.09	0	0.037	0	1.764
DRY1	B480	RPX	78.74	0	0.09	0	0.037	0	3.441
DRY1	B480	RPY	0	0	0.03	0	0.332	0	1.088
DRY1	B480	RPY	19.685	0	0.03	0	0.332	0	0.583
DRY1	B480	RPY	39.37	0	0.03	0	0.332	0	0.086
DRY1	B480	RPY	39.37	0	0.03	0	0.119	0	0.044
DRY1	B480	RPY	59.055	0	0.03	0	0.119	0	0.536
DRY1	B480	RPY	78.74	0	0.03	0	0.119	0	1.041
DRY1	B480	COMB1	0	0	-24.94	0	-32.429	0	676.999
DRY1	B480	COMB1	19.685	0	-24.05	0	-32.429	0	1159.123
DRY1	B480	COMB1	39.37	0	-23.16	0	-32.429	0	1623.732
DRY1	B480	COMB1	39.37	0	22.34	0	27.278	0	1618.834
DRY1	B480	COMB1	59.055	0	23.23	0	27.278	0	1170.403
DRY1	B480	COMB1	78.74	0	24.11	0	27.278	0	704.457
DRY1	B480	COMB2	0	0	-27.47	0	-27.804	0	745.933
DRY1	B480	COMB2	19.685	0	-26.71	0	-27.804	0	1279.223
DRY1	B480	COMB2	39.37	0	-25.95	0	-27.804	0	1797.499
DRY1	B480	COMB2	39.37	0	25	0	22.164	0	1792.198
DRY1	B480	COMB2	59.055	0	25.77	0	22.164	0	1292.47
DRY1	B480	COMB2	78.74	0	26.53	0	22.164	0	777.729
DRY1	B480	COMB3	0	0	-7.9	0	-22.575	0	1148.658

DRY1	B480	COMB3	19.685	0	-7.14	0	-22.575	0	1296.641
DRY1	B480	COMB3	39.37	0	-6.37	0	-22.575	0	1429.61
DRY1	B480	COMB3	39.37	0	32.6	0	26.392	0	1374.457
DRY1	B480	COMB3	59.055	0	33.37	0	26.392	0	725.154
DRY1	B480	COMB3	78.74	0	34.13	0	26.392	0	60.836
DRY1	B480	COMB4	0	0	-34.85	0	-33.017	0	11.912
DRY1	B480	COMB4	19.685	0	-34.09	0	-33.017	0	690.428
DRY1	B480	COMB4	39.37	0	-33.32	0	-33.017	0	1353.93
DRY1	B480	COMB4	39.37	0	5.69	0	20.37	0	1400.687
DRY1	B480	COMB4	59.055	0	6.45	0	20.37	0	1281.252
DRY1	B480	COMB4	78.74	0	7.21	0	20.37	0	1146.804
DRY1	B480	COMB5	0	0	-21.3	0	4.038	0	579.251
DRY1	B480	COMB5	19.685	0	-20.54	0	4.038	0	991.066
DRY1	B480	COMB5	39.37	0	-19.78	0	4.038	0	1387.867
DRY1	B480	COMB5	39.37	0	19.14	0	-3.708	0	1390.914
DRY1	B480	COMB5	59.055	0	19.9	0	-3.708	0	1006.687
DRY1	B480	COMB5	78.74	0	20.66	0	-3.708	0	607.445
DRY1	B480	COMB6	0	0	-21.45	0	-59.629	0	581.319
DRY1	B480	COMB6	19.685	0	-20.68	0	-59.629	0	996.003
DRY1	B480	COMB6	39.37	0	-19.92	0	-59.629	0	1395.673
DRY1	B480	COMB6	39.37	0	19.15	0	50.47	0	1384.23
DRY1	B480	COMB6	59.055	0	19.91	0	50.47	0	999.719
DRY1	B480	COMB6	78.74	0	20.68	0	50.47	0	600.195
DRY1	B481	DEAD	0	0	8.86	0	-1.608	0	179.506
DRY1	B481	DEAD	20.997	0	8.86	0	-1.608	0	-6.588
DRY1	B481	DEAD	41.995	0	8.86	0	-1.608	0	-192.683
DRY1	B481	DEAD	62.992	0	8.86	0	-1.608	0	-378.778
DRY1	B481	LIVE	0	0	4.21	0	-0.761	0	85.115
DRY1	B481	LIVE	20.997	0	4.21	0	-0.761	0	-3.182
DRY1	B481	LIVE	41.995	0	4.21	0	-0.761	0	-91.48
DRY1	B481	LIVE	62.992	0	4.21	0	-0.761	0	-179.777
DRY1	B481	SW	0	0	9.69	0	21.092	0	208.137
DRY1	B481	SW	20.997	0	10.37	0	21.092	0	-2.395
DRY1	B481	SW	41.995	0	11.04	0	21.092	0	-227.162
DRY1	B481	SW	62.992	0	11.72	0	21.092	0	-466.165
DRY1	B481	RPX	0	0	15.45	0	3.011	0	-629.623
DRY1	B481	RPX	20.997	0	15.45	0	3.011	0	-954.079
DRY1	B481	RPX	41.995	0	15.45	0	3.011	0	-1278.54
DRY1	B481	RPX	62.992	0	15.45	0	3.011	0	-1602.99
DRY1	B481	RPY	0	0	-0.01	0	-27.089	0	3.671
DRY1	B481	RPY	20.997	0	-0.01	0	-27.089	0	3.845
DRY1	B481	RPY	41.995	0	-0.01	0	-27.089	0	4.018
DRY1	B481	RPY	62.992	0	-0.01	0	-27.089	0	4.191
DRY1	B481	RPX	0	0	0.1	0	0.037	0	3.989
DRY1	B481	RPX	20.997	0	0.1	0	0.037	0	6.043
DRY1	B481	RPX	41.995	0	0.1	0	0.037	0	8.097
DRY1	B481	RPX	62.992	0	0.1	0	0.037	0	10.15
DRY1	B481	RPY	0	0	0.03	0	0.119	0	1.207
DRY1	B481	RPY	20.997	0	0.03	0	0.119	0	1.826
DRY1	B481	RPY	41.995	0	0.03	0	0.119	0	2.446
DRY1	B481	RPY	62.992	0	0.03	0	0.119	0	3.066
DRY1	B481	COMB1	0	0	25.97	0	27.278	0	542.701
DRY1	B481	COMB1	20.997	0	26.92	0	27.278	0	-12.577
DRY1	B481	COMB1	41.995	0	27.87	0	27.278	0	-587.784

Y1	B481	COMB1	62.992	0	28.82	0	27.278	0	-1182.92
Y1	B481	COMB2	0	0	28.99	0	22.164	0	601.356
Y1	B481	COMB2	20.997	0	29.8	0	22.164	0	-15.872
Y1	B481	COMB2	41.995	0	30.62	0	22.164	0	-650.182
Y1	B481	COMB2	62.992	0	31.43	0	22.164	0	-1301.57
Y1	B481	COMB3	0	0	37.71	0	26.392	0	-164.451
Y1	B481	COMB3	20.997	0	38.53	0	26.392	0	-964.859
Y1	B481	COMB3	41.995	0	39.34	0	26.392	0	-1782.35
Y1	B481	COMB3	62.992	0	40.15	0	26.392	0	-2616.92
Y1	B481	COMB4	0	0	6.81	0	20.37	0	1094.795
Y1	B481	COMB4	20.997	0	7.62	0	20.37	0	943.299
Y1	B481	COMB4	41.995	0	8.44	0	20.37	0	774.721
Y1	B481	COMB4	62.992	0	9.25	0	20.37	0	589.06
Y1	B481	COMB5	0	0	22.25	0	-3.708	0	468.843
Y1	B481	COMB5	20.997	0	23.07	0	-3.708	0	-6.936
Y1	B481	COMB5	41.995	0	23.88	0	-3.708	0	-499.797
Y1	B481	COMB5	62.992	0	24.69	0	-3.708	0	-1009.74
Y1	B481	COMB6	0	0	22.27	0	50.47	0	461.501
Y1	B481	COMB6	20.997	0	23.08	0	50.47	0	-14.625
Y1	B481	COMB6	41.995	0	23.9	0	50.47	0	-507.832
Y1	B481	COMB6	62.992	0	24.71	0	50.47	0	-1018.12

Y	Column	Load	Loc	P	V2	V3	T	M2	M3
RY3	C94	DEAD	0	-1031.16	0.06	-1.63	-0.143	-118.502	8.983
RY3	C94	DEAD	66.929	-1031.16	0.06	-1.63	-0.143	-9.295	4.668
RY3	C94	DEAD	133.858	-1031.16	0.06	-1.63	-0.143	99.913	0.353
RY3	C94	LIVE	0	-484.31	0.03	-0.77	-0.066	-56.16	4.241
RY3	C94	LIVE	66.929	-484.31	0.03	-0.77	-0.066	-4.599	2.209
RY3	C94	LIVE	133.858	-484.31	0.03	-0.77	-0.066	46.962	0.176
RY3	C94	SW	0	-1594.89	0.14	-2.23	-0.065	-161.938	13.687
RY3	C94	SW	66.929	-1589.13	0.14	-2.23	-0.065	-12.935	4.604
RY3	C94	SW	133.858	-1583.37	0.14	-2.23	-0.065	136.069	-4.479
RY3	C94	RPX	0	53.6	52.96	5.93	-92.515	567.348	5589.605
RY3	C94	RPX	66.929	53.6	52.96	5.93	-92.515	170.208	2045.054
RY3	C94	RPX	133.858	53.6	52.96	5.93	-92.515	-226.933	-1499.5
RY3	C94	RPY	0	-6.13	4.47	63.85	56.079	6269.904	341.995
RY3	C94	RPY	66.929	-6.13	4.47	63.85	56.079	1996.543	42.564
RY3	C94	RPY	133.858	-6.13	4.47	63.85	56.079	-2276.82	-256.867
RY3	C94	RPX	0	0.2	0.33	0.15	0.438	14.4	34.915
RY3	C94	RPX	66.929	0.2	0.33	0.15	0.438	4.531	13.036
RY3	C94	RPX	133.858	0.2	0.33	0.15	0.438	5.338	8.857
RY3	C94	RPY	0	0.08	0.1	0.49	1.456	47.862	10.661
RY3	C94	RPY	66.929	0.08	0.1	0.49	1.456	15.06	3.922
RY3	C94	RPY	133.858	0.08	0.1	0.49	1.456	17.742	3.239
RY3	C94	COMB1	0	-3676.47	0.28	-5.4	-0.292	-392.616	31.738
RY3	C94	COMB1	66.929	-3668.4	0.28	-5.4	-0.292	-31.121	12.981
RY3	C94	COMB1	133.858	-3660.33	0.28	-5.4	-0.292	330.374	-5.777
RY3	C94	COMB2	0	-3926.16	0.29	-5.86	-0.356	-426.383	33.99
RY3	C94	COMB2	66.929	-3919.24	0.29	-5.86	-0.356	-34.033	14.66
RY3	C94	COMB2	133.858	-3912.33	0.29	-5.86	-0.356	358.317	-4.67
RY3	C94	COMB3	0	-3097.66	53.2	1.3	-92.765	230.819	5616.809
RY3	C94	COMB3	66.929	-3090.74	53.2	1.3	-92.765	143.532	2056.181
RY3	C94	COMB3	133.858	-3083.83	53.2	1.3	-92.765	56.245	-1504.45
RY3	C94	COMB4	0	-3204.86	-52.72	-10.56	92.265	-903.876	-5562.4

RY3	C94	COMB4	66.929	-3197.94	-52.72	-10.56	92.265	-196.883	-2033.93
RY3	C94	COMB4	133.858	-3191.03	-52.72	-10.56	92.265	510.111	1494.545
RY3	C94	COMB5	0	-3157.39	4.71	59.22	55.829	5933.376	369.199
RY3	C94	COMB5	66.929	-3150.47	4.71	59.22	55.829	1969.868	53.691
RY3	C94	COMB5	133.858	-3143.56	4.71	59.22	55.829	-1993.64	-261.818
RY3	C94	COMB6	0	-3145.13	-4.23	-68.48	-56.329	-6606.43	-314.79
RY3	C94	COMB6	66.929	-3138.21	-4.23	-68.48	-56.329	-2023.22	-31.438
RY3	C94	COMB6	133.858	-3131.3	-4.23	-68.48	-56.329	2559.996	251.915
RY2	C94	DEAD	0	-1069.77	0.2	-1.03	-0.118	-72.54	15.28
RY2	C94	DEAD	66.929	-1069.77	0.2	-1.03	-0.118	-3.567	2.133
RY2	C94	DEAD	133.858	-1069.77	0.2	-1.03	-0.118	65.405	-11.013
RY2	C94	LIVE	0	-502.65	0.09	-0.49	-0.055	-34.454	7.234
RY2	C94	LIVE	66.929	-502.65	0.09	-0.49	-0.055	-1.875	1.013
RY2	C94	LIVE	133.858	-502.65	0.09	-0.49	-0.055	30.704	-5.209
RY2	C94	SW	0	-1655.71	0.18	-1.35	-0.054	-93.947	12.36
RY2	C94	SW	66.929	-1649.95	0.18	-1.35	-0.054	-3.693	0.463
RY2	C94	SW	133.858	-1644.18	0.18	-1.35	-0.054	86.56	-11.434
RY2	C94	RPX	0	55.11	48.69	5.89	-74.402	669.715	6637.232
RY2	C94	RPX	66.929	55.11	48.69	5.89	-74.402	275.29	3378.451
RY2	C94	RPX	133.858	55.11	48.69	5.89	-74.402	-119.135	119.669
RY2	C94	RPY	0	-10.41	3.47	57.85	45.076	6730.116	271.361
RY2	C94	RPY	66.929	-10.41	3.47	57.85	45.076	2858.584	39.132
RY2	C94	RPY	133.858	-10.41	3.47	57.85	45.076	-1012.95	-193.098
RY2	C94	RPX	0	0.21	0.31	0.13	0.348	15.547	41.735
RY2	C94	RPX	66.929	0.21	0.31	0.13	0.348	6.514	21.207
RY2	C94	RPX	133.858	0.21	0.31	0.13	0.348	2.518	0.796
RY2	C94	RPY	0	0.1	0.09	0.45	1.155	51.672	12.601
RY2	C94	RPY	66.929	0.1	0.09	0.45	1.155	21.651	6.382
RY2	C94	RPY	133.858	0.1	0.09	0.45	1.155	8.37	1.392
RY2	C94	COMB1	0	-3815.68	0.52	-3.33	-0.241	-233.082	38.696
RY2	C94	COMB1	66.929	-3807.61	0.52	-3.33	-0.241	-10.165	3.635
RY2	C94	COMB1	133.858	-3799.54	0.52	-3.33	-0.241	212.752	-31.426
RY2	C94	COMB2	0	-4074.81	0.6	-3.63	-0.295	-254.911	44.742
RY2	C94	COMB2	66.929	-4067.9	0.6	-3.63	-0.295	-11.713	4.736
RY2	C94	COMB2	133.858	-4060.98	0.6	-3.63	-0.295	231.485	-35.27
RY2	C94	COMB3	0	-3215.47	49.14	3.04	-74.608	469.931	6670.399
RY2	C94	COMB3	66.929	-3208.55	49.14	3.04	-74.608	266.577	3381.566
RY2	C94	COMB3	133.858	-3201.64	49.14	3.04	-74.608	63.224	92.733
RY2	C94	COMB4	0	-3325.69	-48.24	-8.75	74.195	-869.499	-6604.06
RY2	C94	COMB4	66.929	-3318.78	-48.24	-8.75	74.195	-284.003	-3375.34
RY2	C94	COMB4	133.858	-3311.86	-48.24	-8.75	74.195	301.494	-146.606
RY2	C94	COMB5	0	-3280.99	3.92	54.99	44.87	6530.331	304.529
RY2	C94	COMB5	66.929	-3274.08	3.92	54.99	44.87	2849.872	42.247
RY2	C94	COMB5	133.858	-3267.16	3.92	54.99	44.87	-830.588	-220.034
RY2	C94	COMB6	0	-3260.17	-3.02	-60.7	-45.283	-6929.9	-238.194
RY2	C94	COMB6	66.929	-3253.25	-3.02	-60.7	-45.283	-2867.3	-36.016
RY2	C94	COMB6	133.858	-3246.34	-3.02	-60.7	-45.283	1195.306	166.161
RY1	C94	DEAD	0	-1109.88	0.09	-0.38	-0.049	-17.513	4.79
RY1	C94	DEAD	66.929	-1109.88	0.09	-0.38	-0.049	7.924	-1.54
RY1	C94	DEAD	133.858	-1109.88	0.09	-0.38	-0.049	33.361	-7.871
RY1	C94	LIVE	0	-521.68	0.04	-0.18	-0.023	-8.453	2.269
RY1	C94	LIVE	66.929	-521.68	0.04	-0.18	-0.023	3.566	-0.73
RY1	C94	LIVE	133.858	-521.68	0.04	-0.18	-0.023	15.584	-3.729
RY1	C94	SW	0	-1718.5	0.06	-0.47	-0.023	-22.312	3.026

RY1	C94	SW	66.929	-1712.74	0.06	-0.47	-0.023	9.03	-0.893
RY1	C94	SW	133.858	-1706.97	0.06	-0.47	-0.023	40.371	-4.811
RY1	C94	RPX	0	55.74	42.83	4.71	-34.088	821.508	8941.361
RY1	C94	RPX	66.929	55.74	42.83	4.71	-34.088	505.997	6075.078
RY1	C94	RPX	133.858	55.74	42.83	4.71	-34.088	190.486	3208.795
RY1	C94	RPY	0	-13.36	1.6	45.2	20.603	8062.932	111.335
RY1	C94	RPY	66.929	-13.36	1.6	45.2	20.603	5037.745	4.171
RY1	C94	RPY	133.858	-13.36	1.6	45.2	20.603	2012.559	-102.993
RY1	C94	RPX	0	0.22	0.27	0.1	0.158	18.511	56.202
RY1	C94	RPX	66.929	0.22	0.27	0.1	0.158	11.504	38.235
RY1	C94	RPX	133.858	0.22	0.27	0.1	0.158	4.496	20.27
RY1	C94	RPY	0	0.12	0.08	0.35	0.526	61.526	16.917
RY1	C94	RPY	66.929	0.12	0.08	0.35	0.526	38.235	11.536
RY1	C94	RPY	133.858	0.12	0.08	0.35	0.526	14.945	6.219
RY1	C94	COMB1	0	-3959.73	0.21	-1.19	-0.1	-55.755	10.942
RY1	C94	COMB1	66.929	-3951.67	0.21	-1.19	-0.1	23.735	-3.406
RY1	C94	COMB1	133.858	-3943.6	0.21	-1.19	-0.1	103.225	-17.754
RY1	C94	COMB2	0	-4228.74	0.26	-1.31	-0.122	-61.315	13.01
RY1	C94	COMB2	66.929	-4221.83	0.26	-1.31	-0.122	26.05	-4.087
RY1	C94	COMB2	133.858	-4214.91	0.26	-1.31	-0.122	113.414	-21.184
RY1	C94	COMB3	0	-3338.32	43.01	3.7	-34.173	773.718	8950.74
RY1	C94	COMB3	66.929	-3331.4	43.01	3.7	-34.173	526.341	6072.159
RY1	C94	COMB3	133.858	-3324.49	43.01	3.7	-34.173	278.964	3193.578
RY1	C94	COMB4	0	-3449.8	-42.64	-5.73	34.002	-869.297	-8931.98
RY1	C94	COMB4	66.929	-3442.88	-42.64	-5.73	34.002	-485.652	-6078
RY1	C94	COMB4	133.858	-3435.97	-42.64	-5.73	34.002	-102.007	-3224.01
RY1	C94	COMB5	0	-3407.42	1.78	44.18	20.517	8015.142	120.714
RY1	C94	COMB5	66.929	-3400.5	1.78	44.18	20.517	5058.09	1.251
RY1	C94	COMB5	133.858	-3393.59	1.78	44.18	20.517	2101.038	-118.211
RY1	C94	COMB6	0	-3380.7	-1.42	-46.22	-20.689	-8110.72	-101.956
RY1	C94	COMB6	66.929	-3373.78	-1.42	-46.22	-20.689	-5017.4	-7.091
RY1	C94	COMB6	133.858	-3366.87	-1.42	-46.22	-20.689	-1924.08	87.775



FORM REVISI / PERBAIKAN
BIDANG STRUKTUR

Nama : WKA BUDI MAGHEIROH
 NIM : 11.21.057
 Hari / tanggal : Sabtu, 15-08-2015

Revisi materi Skripsi meliputi :

- tujuan, babakan masalah, cek spasi
- tabel diatas tabel.
- tulisan tabel 1 spasi ke font 10.
- sumber tabel?
- kombinasi M^{\ominus} M^{\oplus} .
- Kesimpulan : menjawab Rumusan Masalah
 fol. sambungan balok-balok.

Revisi Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikutkan Yudisium.

Revisi Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 11-09- 2015
 Dosen Penguji

Malang, 15-08- 2015
 Dosen Penguji

(Dr. Eding L. Mansah, MT.)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
 Jl. Bendungan Sigura-gura 2
 Jl. Raya Karanglo Km. 2
 Malang

UJIAN SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG _____

Nama : Wika
 NIM : _____
 Hari / tanggal : _____ / _____

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

Kerjakan revisi

Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium.

Perbaikan ini telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, _____ 20

Dosen Penguji

(_____)

Malang, _____ 20

Dosen Penguji

(_____)