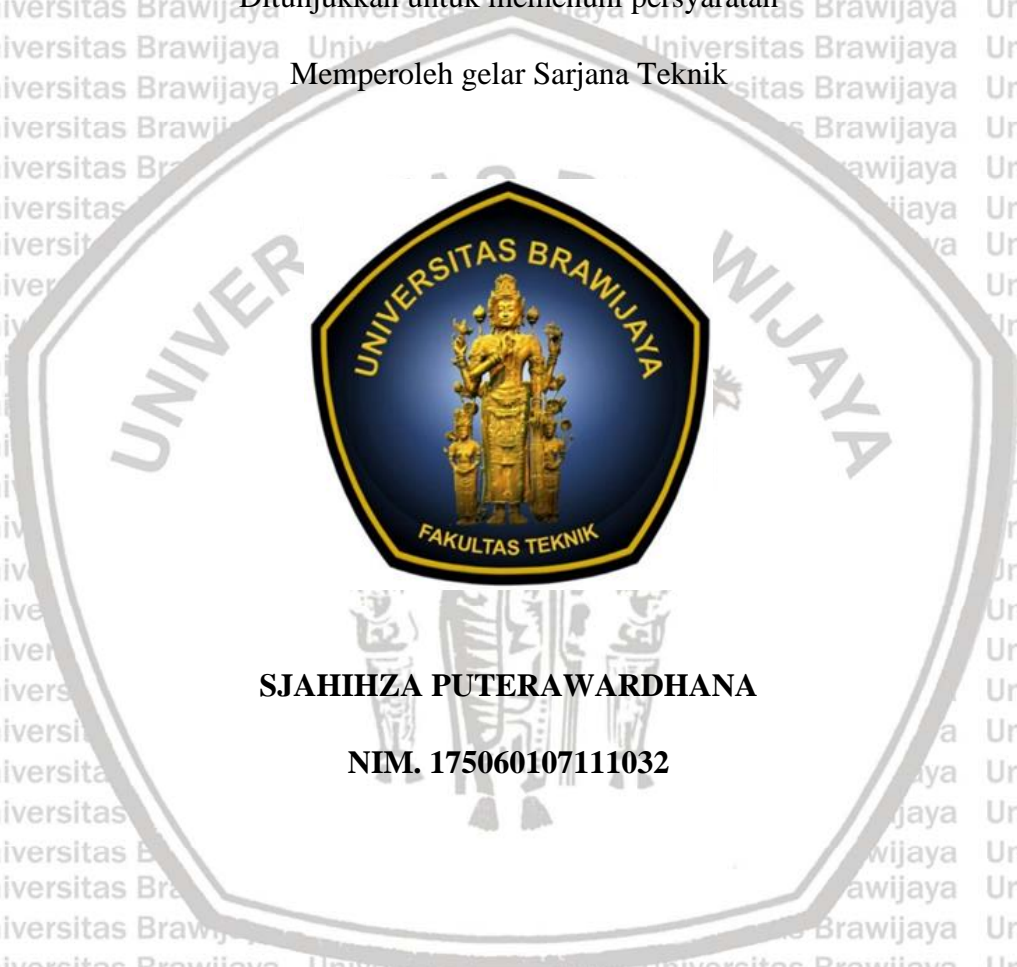


**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN GEDUNG RSUD dr.
SOEWANDHI SURABAYA PADA STRUKTUR SAMBUNGAN BALOK-
KOLOM MENGGUNAKAN SISTEM BETON PRACETAK (PRECAST)**

**SKRIPSI
TEKNIK SIPIL**

Ditunjukkan untuk memenuhi persyaratan

Memperoleh gelar Sarjana Teknik



SJAHIHZA PUTERAWARDHANA

NIM. 175060107111032

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG**

2021



LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN GEDUNG RSUD dr. SOEWANDHI
SURABAYA PADA STRUKTUR SAMBUNGAN BALOK-KOLOM MENGGUNAKAN
SISTEM BETON PRACETAK (PRECAST)**

SKRIPSI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan

memperoleh gelar Sarjana Teknik



SJAHIHZA PUTERAWARDHANA

NIM. 175060107111032

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada tanggal

Dosen Pembimbing I

Ir. M. Taufik Hidayat, MT.

NIP.19611228 1998802 1 001

Dosen Pembimbing II

Dr. Eng. Ming Narto Wijaya, ST., MT., M.Sc

NIP. 2011028407051001

Mengetahui

Ketua Program Studi



Dr. Eng. Ir. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng (Prac.)

NIP. 19810220 200604 1 002

HALAMAN IDENTITAS TIM PENGUJI SKRIPSI

JUDUL SKRIPSI :

STUDI ALTERNATIF PERENCANAAN GEDUNG RSUD dr. SOEWANDHI SURABAYA PADA STRUKTUR SAMBUNGAN BALOK-KOLOM MENGGUNAKAN SISTEM BETON PRACETAK (PRECAST)

Nama Mahasiswa : Sjahihza Puterawardhana

NIM : 175060107111032

Program Studi : Teknik Sipil

Minat : Struktur

Tim Dosen Penguji :

Dosen Penguji 1 : Ir. M. Taufik Hidayat, MT.

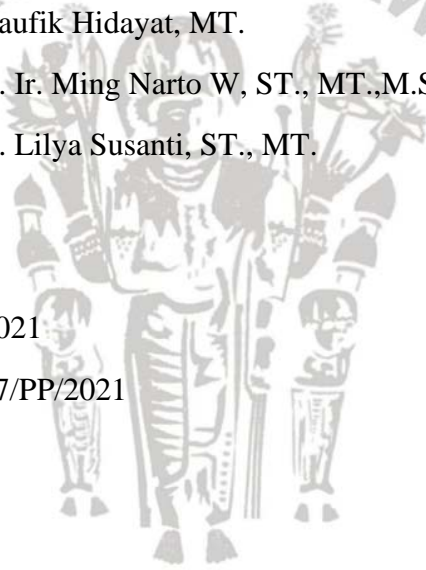
Dosen Penguji 2 : Dr. Eng. Ir. Ming Narto W, ST., MT., M.Sc

Dosen Penguji 3 : Dr. Eng. Lilya Susanti, ST., MT.

Tanggal Ujian : 22 Desember 2021

SK Penguji : 2851/UN10.F07/PP/2021

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 24 November 2021

Sjahihza Puterawardhana

NIM.175060107111032

UNIVERSITAS BRAWIJAYA





LEMBAR PERUNTUKAN

Teriring ucapan Terimakasih untuk Saya sendiri sudah bisa melewati lika liku kehidupan perkuliahan mulai dari mahasiswa baru hingga saat ini, dan terimakasih untuk Papa, Mama, Mas Dimaz, Mas Eca, Sabrina, Zavira, atas limpahan dukungan, materi serta semangat yang telah diberikan





KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi yang berjudul “ Studi Alternatif Perencanaan Gedung RSSUD dr. Soewandhi Surabaya pada Struktur Sambungan Balok-Kolom Menggunakan Sistem Beton Pracetak(*Precast*) “ ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulisan skripsi ini untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Penulis menyadari bahwa pada saat proses pengerjaan skripsi ini telah banyak mendapat dukungan, nasihat, serta bimbingan dari berbagai pihak, dengan rasa syukur yang mendalam penulis berkewajiban menyambaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam bentuk apapun dalam menyelesaikan skripsi ini kepada :

1. Bapak Juniar Endrawanto dan Ibu Nurul Aini selaku Orangtua penulis yang selalu memberikan dukungan, memberikan doa, nasihat, meluangkan tenaga, pikiran dan segala hal lainnya demi kelancaran anak-anaknya, orangtua adalah pihak yang paling berjasa selama ini dalam kehidupan penulis.
2. Bapak Dr. Eng. Ir. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng (Prac.), selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Indradi Wijatmiko, ST., M.Eng (Prac.), selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
4. Bapak Dr. Ir. Wisnumurti, MT. selaku Ketua Kelompok Jabatan Fungsional Bidang Struktur Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
5. Bapak Ir. M. Taufik Hidayat, MT. selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan motivasi, nasihat, dan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini
6. Bapak Dr. Eng. Ir. Ming Narto Wijaya, ST., MT., M.Sc. selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan motivasi, nasihat, dan bimbingan dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Ibu Dr. Eng. Lilya Susanti, ST., MT selaku dosen Ketua Majelis Penguji yang telah bersedia untuk menguji penulis, memberikan motivasi, saran dan keputusan dalam menyelesaikan skripsi ini.

8. Seluruh dosen, staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil FT-UB yang telah memberikan banyak sekali ilmu mengenai teknik sipil, kenangan, hingga pelajaran kehidupan dari tahun pertama hingga sekarang.
9. Dimaz Pradiptawardhana, Erza Prasetyawardhana, Sabrina Ailzawardhani, dan Zavira Alizawardhani selaku saudara dan saudari kandung yang selalu memberikan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Rekan seperjuangan Firhan Rezi, Raihan Ananta, Faisal Ramayadi, Dimas Ryansyach, Rizqi Farhani, Irfan Kanugrahan, dan Bachrudin Muhammad yang telah membantu penyusunan skripsi ini.
11. Teman teman Angkatan 2017 yang selalu memberikan semangat, dukungan, kenangan dan kepedulian terhadap penulis selama menyelesaikan skripsi ini.
12. Teman teman SMA Al Hikmah Surabaya, Abby Ramadhan, Asyrafy Surya, Herlina Novita yang selalu memberikan semangat, motivasi, kepedulian kepada penulis.
13. Keluarga Besar Mahasiswa Sipil (KBMS) yang telah membantu dan mewedahi saya untuk selalu berkembang selama proses perkuliahan dalam ruang lingkup kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Malang, 24 November 2021

Penulis

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Tujuan.....	3
1.6 Manfaat.....	4
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Beton Pracetak (<i>Precast</i>).....	5
2.2 Kelebihan dan Kekurangan dalam penggunaan Beton Pracetak (<i>precast</i>).....	6
2.3 Permasalahan dan kendala beton pracetak	7
2.4 Perbedaan dalam analisa beton konvensional dengan beton pracetak	8
2.5 Pembebanan.....	9
2.5.1 Beban Pada Struktur.....	9
2.5.2 Beban yang Diperhitungkan.....	10
2.5.3 Beban Mati (Dead Load).....	10
2.5.4 Beban Gempa	11
2.5.5 Beban Hidup (Live Load)	13
2.5.6 Analisis pada beban gempa menurut SNI 1726:2019	15
2.6 Analisa Beton Pracetak.....	21
2.7 Analisa Pada Balok Pracetak Saat Pengangkatan.....	25
2.8 Sambungan pada Beton Pracetak	29
2.8.1 Desain Sambungan Beton Pracetak.....	32
2.9 Sistem Struktur	34
BAB III	35
METODOLOGI PENELITIAN	35



3.1	Pengumpulan Data.....	35
3.2	Data-Data Desain.....	35
3.2.1	Data-Data Umum	35
3.3	Prosedur Perencanaan.....	37
3.3.1	Analisis Pembebanan	37
3.3.2	Analisis Struktur.....	38
3.3.3	Desain pada Penampang.....	38
3.3.4	Gambar Struktur.....	38
3.4	Diagram Alir Perencanaan.....	39
3.5	Hipotesis	40
BAB IV.....		41
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		41
4.1	Perencanaan Dimensi Struktur	41
4.1.1	Perencanaan Pada Balok	41
4.1.2	Perencanaan Pada Kolom.....	42
4.1.3	Perencanaan Pelat.....	42
4.2	Analisis Pembebanan.....	42
4.2.1	Beban Mati (D).....	43
4.2.2	Beban Mati Tambahan (<i>Super Dead Load</i>)	43
4.2.3	Beban Hidup (L).....	44
4.2.4	Beban Gempa	45
4.2.5	Beban Kombinasi	50
4.3	Pemodelan Struktur Menggunakan Software SAP2000 v20.....	50
4.4	Perencanaan dan Analisis Kekuatan Balok	54
4.4.1	Penulangan Balok 1 (40×60)	54
4.4.2	Penulangan Geser Balok 1 (40 x 60).....	62
4.5	Perencanaan dan Analisis Kekuatan Kolom.....	63
4.5.1	Perencanaan Kolom K1 (70×70)	63
4.5.2	Perencanaan Kolom K2 (65×65).....	68
4.6	Perhitungan Balok Pracetak.....	72
4.6.1	Balok Pracetak Sebelum Cor Penuh.....	73
4.6.2	Balok Pracetak Setelah Cor Penuh.....	75
4.7	Analisa Balok Pracetak Saat Pengangkatan	78
4.8	Perencanaan Sambungan Beton Pracetak (<i>precast</i>)	81
4.8.1	Panjang Penyaluran Tulangan.....	81



4.9	Analisa Sambungan Balok Kolom Pracetak.....	82
4.9.1	Analisa Sambungan Balok-Kolom Tengah.....	82
4.9.2	Analisa Sambungan Balok-Kolom Pinggir.....	84
BAB V		85
PENUTUP.....		85
5.1	Kesimpulan.....	85
5.2	Saran.....	86
DAFTAR PUSTAKA.....		87
LAMPIRAN.....		88



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 *Peraturan Pembebanan untuk Rumah Dan Gedung*10

Tabel 2. 2 *Kategori risiko bangunan gedung untuk bahan gempa* 12

Tabel 2. 3 *Faktor keutamaan gempa* 13

Tabel 2. 4 *Pembebanan* 14

Tabel 2. 5 *Klasifikasi Situs Tanah* 16

Tabel 2. 6 *Koefisien Situs, Fa* 17

Tabel 2. 7 *Koefisien Situs, Fv* 17

Tabel 2. 8 *Koefisien modifikasi respon* 20

Tabel 4. 1 *Tinggi minimum pada balok nonprategang* 41

Tabel 4. 2 *Berat senduru bahan bangunan dan komponen gedung* 43



(Halaman sengaja dikosongkan)



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 SS, Peta percepatan spektrum respons MCER periode 0,2 detik 15

Gambar 2. 2 S1, Peta percepatan spektrum respons MCER periode 1 detik 15

Gambar 2. 3 Desain Respon Spektrum 18

Gambar 2. 4 Tegangan sebelum cor penuh 22

Gambar 2. 5 Tegangan setelah pengecoran penuh 24

Gambar 2. 6 Pengangkatan balok pracetak 25

Gambar 2. 7 model pembebanan balok pracetak saat pengangkatan 26

Gambar 2. 8 bidang momen balok pracetak pada saat pengangkatan 26

Gambar 2. 9 Tegangan sebelum pengangkatan 27

Gambar 2. 10 Letak titik angkat balok pracetak 28

Gambar 2. 11 Tegangan dengan tulangan tunggal 29

Gambar 2. 12 Pengangkuran 32

Gambar 2. 13 Sambungan pada tumpuan corbel 33

Gambar 2. 14 Karakteristik momen dan rotasi 33

Gambar 3. 1 Informasi Umum Proyek RSUD Dr. Mohamad Soewandhie Surabaya 36

Gambar 3. 2 LPSE proyek Gedung RSUD Dr. Mohamad Soewandhi Surabaya 36

Gambar 3. 3 Lokasi proyek Gedung RSUD Dr. Mohamad Soewandhi Surabaya 36

Gambar 3. 4 Diagram alir perencanaan RSUD Dr. Mohamad Soewandhie Surabaya 39

Gambar 4. 1 Denah balok gedung RSUD dr. Soewandhi Surabaya 41

Gambar 4. 2 Tabel 3 dan tabel 4 SNI 1726-2019 45

Gambar 4. 3 SS Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER) 46

Gambar 4. 4 S1 Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER) 46

Gambar 4. 5 Tabel 6 Koefisien situs Fa SNI 1726-2019 47

Gambar 4. 6 Tabel 7 Koefisien situs Fv SNI 1726-2019 47

Gambar 4. 7 Spektrum respons desain 48

Gambar 4. 8 Peta transisi periode panjang (TL) 49

Gambar 4. 9 Grid System 51

Gambar 4. 10 Material 51

Gambar 4. 11 Frame Section 52

Gambar 4. 12 Respons Spektrum 53

Gambar 4. 13 Pemodelan struktur gedung RSUD dr. Soewandhi Surabaya 54

Gambar 4. 14 balok pracetak sebelum cor penuh 73



Gambar 4. 15 Model struktur balok pracetak (*precast*) pada saat pengangkatan 78



(Halaman sengaja dikosongkan)



RINGKASAN

Sjahihza Puterawardhana, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2021, Studi Alternatif Perencanaan Gedung RSUD dr. Soewandhi Surabaya pada Struktur Sambungan Balok-Kolom Menggunakan Sistem Beton Pracetak (Precast), Dosen Pembimbing : Taufik Hidayat dan Ming Narto Wijaya

Perencanaan kotruksi juga memerlukan inovasi dalam hal pengerjaan yang dapat mempercepat waktu pelaksanaan pengerjaannya. Gedung RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya ini dibangun menggunakan struktur beton bertulang yang kebanyakan kontraktor Indonesia berpendapat bahwa proses pengerjaan yang mudah dan telah diterapkan pada mayoritas bangunan di Indonesia. pekerjaan struktur menggunakan beton bertulang secara menyeluruh sebagai struktur utama juga memerlukan waktu yang cukup lama karena proses mengeringnya beton itu sendiri.

Pertanyaan diatas mendorong penulis untuk menggunakan metode *precast* atau beton pracetak untuk melakukan penelitian alternatif tentang perencanaan Gedung RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya. Metode beton pracetak adalah teknologi kontruksi struktur beton dengan komponen-komponen yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus untuk mencetak beton tersebut (*fabrication*) dan selanjutnya dipasang langsung di lokasi proyek.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui cara pengangkatan pada elemen beton pracetak, mengetahui desain sambungan pada balok-kolom menggunakan sistem pracetak, serta mengetahui kekuatan sambungan pada balok-kolom menggunakan sistem pracetak pada Gedung RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya

Berdasarkan hasil analisis perencanaan pada balok-kolom menggunakan sistem pracetak sebelum cor penuh dengan beban yang dipikul oleh balok tersebut merupakan beban sendiri dari balok. Saat pengangkatan balok menunjukkan bahwa jarak tumpuan saat pengangkatan sejauh 1,85 m dari tepi balok. balok induk pracetak yang berukuran 40/40 dengan tulangan lentur yang mengalami tarik yaitu 6-D25 dan tulangan yang mengalami tekan yaitu 3-D25 serta sengkang $\varnothing 8-200$ menghasilkan momen tumpuan yang besarnya sama dengan momen lapangan sebesar 830,955 kgm. Serta analisis hubungan balok –

kolom pracetak baik yang ditengah maupun di pinggir struktur yang dilakukan pada kondisi setelah cor penuh dengan beban yang dipikul merupakan beban mati (D), beban hidup (L) dan beban gempa menunjukkan hasil yang aman terhadap lentur dan geser. Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil analisis kapasitas momen di daerah tengah bentang menunjukkan momen nominal sebesar 499,294 kNm dimana lebih besar dari momen ultimate yang terjadi yaitu sebesar 392,192 kNm dan kuat geser nominal sebesar 3992,89 kN dimana lebih besar dari gaya geser yang terjadi yaitu sebesar 3981,5094 kN, sedangkan hasil analisis sambungan di daerah pinggir bentang menunjukkan momen nominal sebesar 687,56 kNm dimana lebih besar dari momen ultimate yang terjadi yaitu sebesar 132,545 kNm dan kuat geser nominal sebesar 2950,51 kN dimana lebih besar dari gaya geser yang terjadi yaitu sebesar 1810,7275 kN kN.

Kata Kunci : Profil, Perencanaan, Pracetak, Beton, Perkuatan



(Halaman sengaja dikosongkan)



SUMMARY

Sjahihza Puterawardhana, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Brawijaya, December 2021, Study on Alternative Planning of RSUD Dr. Soewandhi Surabaya on Beam-Column Connection Structure Using Precast Concrete System, Supervisor : Taufik Hidayat and Ming Narto Wijaya

Construction planning also requires innovation in terms of workmanship that can speed up the execution time of the work. RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya was built using a reinforced concrete structure which most Indonesian contractors think that the process is easy and has been applied to the majority of buildings in Indonesia. Structural work using reinforced concrete as a whole as the main structure also takes a long time because the concrete drying process itself.

The above questions encourage the author to use the precast or precast concrete method to conduct alternative research on the planning of the RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya. The precast concrete method is a technology for the construction of concrete structures with components that are first printed in a special place to print the concrete (fabrication) and then installed directly at the project site.

The purpose of this study was to determine how to lift the precast concrete elements, knowing the connection design on the beam-column using a precast system, and knowing the strength of the connection on the beam-column using a precast system at the RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya

Based on the results of the planning analysis on the beam-column using a precast system before being cast, the load carried by the beam is the beam itself. When lifting the beam, it shows that the distance of support when lifting is 1.85 m from the edge of the beam. precast main beam measuring 40/40 with flexural reinforcement experiencing tension, namely 6-D25 and reinforcement in compression, namely 3-D25 and stirrups 8-200 producing a bearing moment of the same magnitude as the field moment of 830,955 kgm. As well as the analysis of the relationship between precast beams and columns, both in the middle and at the edges of the structure, which was carried out in conditions after the casting was full with the dead loads (D), live loads (L) and earthquake loads showing safe results against bending and shearing. This can be proven by the results of the moment capacity analysis in the mid-span area showing a nominal moment of 499.294 kNm which is greater than the ultimate moment that occurs which is 392.192 kNm and a nominal shear strength of 3992.89 kN which is greater than the shear force that occurs, which is equal to 3981.5094 kN, while the results of the analysis of the connection at the edge of the span show a nominal moment of 687.56 kNm which is greater than the ultimate moment that occurs which is 132.545 kNm and nominal shear strength of 2950.51 kN which is greater than the shear force that occurs that is equal to 1810.7275 kN kN.

Keywords: Profile, Planning, Precast, Concrete, Reinforcement

(Halaman sengaja dikosongkan)





BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumah Sakit merupakan prasarana dan sarana untuk menunjang dan mendukung terwujudnya Kesehatan masyarakat. Masyarakat yang sehat secara jasmani dan rohani akan mewujudkan sumber daya masyarakat yang berkualitas tinggi. Permintaan akan pelayanan Kesehatan masyarakat hari demi hari semakin meningkat secara pesat. Oleh karena itu mutu dari pelayanan Kesehatan harus diusahakan dengan cara memperhatikan aspek social dalam pelaksanaannya.

Mengingat bahwa beberapa rumah sakit di Indonesia masih sangat kurang baik dalam segi kualitas pelayanan, sehingga menyebabkan masyarakat merasa kesulitan untuk mendapatkan pelayanan kesehatan yang berkualitas. Sehubungan dengan masalah tersebut, Pemerintah Kota Surabaya ingin mewujudkan suatu sarana dan prasarana rumah sakit yang secara kualitas dan kuantitas diharapkan sanggup menciptakan suasana rumah sakit yang aman, nyaman, dan memadai. Oleh karena itu dalam melakukan perencanaan konstruksi Gedung rumah sakit diperlukan perencanaan yang mendalam dan matang.

Perencanaan kotruksi juga memerlukan inovasi dalam hal pengerjaan yang dapat mempercepat waktu pelaksanaan pengerjaannya. Gedung RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya ini dibangun menggunakan struktur beton bertulang yang kebanyakan kontraktor Indonesia berpendapat bahwa proses pengerjaan yang mudah dan telah diterapkan pada mayoritas bangunan di Indonesia. Karena telah digunakan dalam mayoritas bangunan di Indonesia, oleh karena itu sangatlah mudah untuk mencari referensi pelaksanaannya. Namun beton bertulang memiliki kekurangan yaitu pada penggunaannya cenderung menopang beban mati yang cukup besar yang berasal dari beban berat sendiri yang cukup besar yang nantinya mempengaruhi beban gempa yang juga relatif besar. Selain itu, pekerjaan struktur menggunakan beton bertulang secara menyeluruh sebagai struktur utama juga memerlukan waktu yang cukup lama karena proses mengeringnya beton itu sendiri.

Pertanyaan diatas mendorong penulis untuk menggunakan metode *precast* atau beton pracetak untuk melakukan penelitian alternatif tentang perencanaan Gedung RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya. Metode beton pracetak adalah teknologi kontruksi struktur beton dengan komponen-komponen yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus untuk mencetak beton tersebut (*fabrication*) dan selanjutnya dipasang langsung di lokasi proyek. Kelebihan dalam penggunaan beton pracetak diantaranya adalah mutu beton pracetak lebih terjamin dan dapat menghasilkan elemen bangunan dengan akurasi dimensi yang lebih baik karena proses pembuatan dilakukan di pabrik. Kemudian kelebihan lainnya dari segi waktu pelaksanaan pekerjaannya lebih cepat, karena elemen bangunan setelah tiba di lokasi dapat langsung dipasang sehingga mempermudah proses pelaksanaan di lapangan dan mengurangi tenaga konvensional atau tenaga kerja lapangan.

1.2 Identifikasi Masalah

Beberapa hal yang telah dijelaskan di latar belakang, maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Dibutuhkannya analisis pada saat pengangkatan elemen beton pracetak pada Gedung RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya.
2. Dibutuhkannya perencanaan sambungan balok-kolom dengan sistem pracetak pada Gedung RSUD dr. Soewandhi Surabaya.
3. Dibutuhkannya analisis kekuatan pada sambungan balok-kolom dengan sistem pracetak pada Gedung RSUD dr. Soewandhi Surabaya

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan masalah yang telah diidentifikasi, maka permasalahan yang akan dibahas adalah :

1. Bagaimana cara saat pengangkatan elemen beton pracetak pada Gedung RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya?
2. Bagaimana cara merencanakan sambungan balok-kolom menggunakan sistem pracetak pada Gedung RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya.
3. Bagaimana kekuatan pada sambungan balok-kolom menggunakan sistem pracetak pada Gedung RSUD dr. Mohamad Soewandhi

1.4 Batasan Masalah

Memperhatikan ruang lingkup pembahasan yang ada dalam perencanaan pada struktur gedung, agar agar dalam penulisan ini dapat lebih terkonsentrasi dan lebih spesifik, maka dilakukan beberapa pembatasan masalah diantaranya sebagai berikut :

1. Gedung RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya yang menjadi objek pada desain ulang dengan sistem pracetak hanya balok dan kolom.
2. Tidak meninjau metode dan sistem yang telah digunakan dalam perencanaan pembangunan
3. Kaki pada portal pondasi diasumsikan terjepit
4. Menggunakan sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB)
5. Bangunan dianggap beraturan
6. Mutu beton yang digunakan adalah $f'c = 30$ Mpa
7. Mutu bahan yang digunakan adalah $f_y = 340$ mpa
8. Menggunakan satu tipe sambungan basah pada perencanaan struktur
9. Analisis di fokuskan kepada seluruh bagian struktur yang berada di atas permukaan tanah (*up structure*)
10. Analisis pada pondasi, tangga, dan lift tidak diperhitungkan
11. Tidak membahas analisis dari segi ekonomi
12. Dalam analisis ini di bantu dengan menggunakan software SAP2000 v20.

1.5 Tujuan

Adapun tujuan dari perhitungan struktur Gedung RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui cara pengangkatan pada elemen beton pracetak pada Gedung RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya.
2. Untuk mengetahui desain sambungan pada balok-kolom menggunakan sistem pracetak pada Gedung RSUD dr. Soewandhi Surabaya.
3. Untuk mengetahui kekuatan sambungan pada balok-kolom menggunakan sistem pracetak pada Gedung RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya.

1.6 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penulisan skripsi ini adalah untuk referensi diri sendiri maupun orang lain dalam menambah wawasan dan pengetahuan di bidang teknik sipil khususnya di pemahaman ketrampilan ilmu struktur dalam perencanaan sambungan balok-kolom pada struktur bangunan yang menggunakan beton pracetak.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Beton Pracetak (*Precast*)

Beton pracetak adalah komponen beton tanpa atau dengan tulangan yang dicetak terlebih dahulu sebelum dirangkai menjadi suatu bangunan, beton pracetak sebagai teknologi kontruksi struktur beton yang komponen-komponen penyusunnya di cetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus (*off site fabrication*), kemudian komponen komponen tersebut disusun dan disatukan terlebih dahulu (*pre-assembly*), dan selanjutnya dipasang di lokasi (*installation*), dengan demikian sistem pracetak ini akan berbeda dengan kontruksi yang menyatu secara kaku (monolit) terutama pada aspek perencanaan yang tergantung atau ditentukan pula oleh metoda pelaksanaan dari pabrikasi, penyatuan dan pemasangannya, serta ditentukan pula oleh teknis perilaku sistem pracetak dalam hal cara penyambungan antar komponen join.

Waktu, biaya, kualitas, *predictability*, ketergantungan, produktivitas, kesehatan, keselamatan, lingkungan, koordinasi, kreativitas, *reusability*, dan *relocatability* adalah beberapa aspek yang dianggap memberikan manfaat lebih besar dari teknologi beton pracetak ini.

Penerapan teknologi beton pracetak pada struktur memiliki keunggulan dalam memaksimalkan hasil yang dicapai jika proyek mencapai penurunan waktu kerja dan biaya konstruksi. Dalam keadaan lain, kualitas material juga harus dikembangkan untuk pertimbangan pengangkatan, pemasangan, dan pengangkutan, menghasilkan pemilihan dimensi dan kekuatan yang lebih besar daripada yang dibutuhkan oleh pendekatan cor di tempat (konvensional). Pemasangan elemen beton pracetak memerlukan peralatan yang banyak dari metode pemasangan elemen beton cor. Untuk memenuhi persyaratan SNI 7833:2021 untuk menguji desain sambungan beton pracetak, yang menegaskan bahwa:

- Setiap perencanaan pada komponen struktur beton pracetak dengan sambungannya

- harus mempertimbangkan kondisi kekangan deformasi dan pembebanan dimulai dari saat pabrikan awal, penyimpanan, pengangkutan, pemasangan, pembongkaran struktur hingga selesainya pelaksanaan struktur.
- Pada perencanaan komponen pracetak dan sambungannya harus memperhitungkan pengarus toleransi yang mana komponen struktur pracetak dan elemen penghubungnya harus dicantumkan dalam spesifikasi.
- Jika komponen struktur pracetak dimasukkan ke dalam sistem structural, gaya dan deformasi yang terjadi dan dekat sambungan harus diperhitungkan dalam perencanaan.

2.2 Kelebihan dan Kekurangan dalam penggunaan Beton Pracetak (*precast*)

Berikut adalah beberapa kelebihan dari penggunaan beton pracetak dalam proses pengerjaan yaitu :

a. Hemat waktu dan efisien

Waktu pelaksanaan pengerjaan merupakan hal yang sangat penting dan diutamakan dalam pembangunan karena waktu pelaksanaan berkaitan dengan biaya proyek, struktur elemen pracetak dibuat secara keseluruhan di pabrik, hal ini membuat proses pembangunan akan jauh lebih cepat disbanding dengan menggunakan beton konvensional yang harus dibuat langsung di lapangan.

b. Berkualitas dan bermutu baik

Elemen pracetak yang dihasilkan telah melalui serangkaian pengujian di laboratorium dan proses *quality control* agar mendapatkan struktur yang memenuhi syarat, mulai dari segi kualitas, kekuatan, dan segi efisiensi.

c. Ramah lingkungan

Jika menggunakan beton konvensional yang dibuat dan di cor langsung pada tempat konstruksi, akan ada limbah sisa-sisa dari pengerjaan yang dapat merusak lingkungan sekitar. Hal ini tidak terjadi jika menggunakan beton pracetak karena dibuat di tempat yang terpisah dan khusus. Menggunakan beton precast pemasangannya lebih mudah, sehingga ramah lingkungan.

d. Penyederhanaan pelaksanaan konstruksi

Penggunaan sistem elemen pracetak tidak hanya cepat dalam hal pelaksanaan, tetapi juga tidak memerlukan area proyek yang besar, karena elemen pracetak dapat dipasang di pabrik. Variasi *finishing* permukaan pada struktur elemen

pracetak, seperti model permukaan yang dapat dibuat sesuai dengan desain. Dapat dengan mudah dilakukan bersamaan dengan fabrikasi komponen tersebut di pabrik.

Namun demikian, berikut adalah kekurangan struktur elemen pracetak dalam proses pembuatan, penggunaan dan pembangunan atau kontruksi yaitu :

- a. Membutuhkan biaya transportasi dan pemasangan.
- b. Membutuhkan tempat pembuatan dan perawatan.
- c. Hanya dapat dilaksanakan didaerah yang sudah tersedia peralatan penunjang untuk *handling* dan *erection*.
- d. Kondisi alam di Indonesia yang memiliki 3 lempeng yaitu Eurasia, Indo-Australia, dan Pacific, mengakibatkan pergerakan lempeng yang akhirnya timbul gempa, kontruksi beton pracetak cukup berbahaya terutama pada daerah sambungannya, masalah sambungan ini menjadikan persoalan utama yang dihadapi pada perencanaan beton pracetak.
- e. Perlunya peralatan lapangan dengan kapasitas angkat dan angkut yang cukup untuk mengangkat komponen kontruksi dan menempatkannya pada posisi tertentu.
- f. Perlunya ketelitian tinggi sehingga tidak terjadi deviasi yang besar antara elemen satu dengan elemen lain.

2.3 Permasalahan dan kendala beton pracetak

Perhatian utama dalam perencanaan komponen beton pracetak seperti balok, kolom, pelat lantai, dan dinding adalah sambungan. Selain berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang bekerja, fungsi sambungan juga menyatukan masing-masing komponen beton pracetak tersebut menjadi satu kesatuan monolit sehingga dapat mengupayakan stabilitas struktur bangunannya. Beberapa kriteria jenis sambungan antara komponen beton pracetak diantaranya sebagai berikut :

- a. Kekuatan (*strength*).

Sambungan harus kuat untuk mentransfer gaya yang dihasilkan ke komponen lain atau struktur lainnya selama waktu layan (*service ability*).

- b. Daktilitas (*ductility*).

Kemampuan sambungan untuk dapat mengalami perubahan bentuk tanpa mengalami keruntuhan.

c. Perubahan volume (*volume change accommodation*).

Sambungan dapat mengantisipasi adanya retak, susut dan perubahan temperature yang dapat menyebabkan adanya tambahan tegangan yang besar

d. Ketahanan (*durability*).

Kondisi sambungan dipengaruhi cuaca dan iklim langsung atau korosi diperlukan penambahan bahan-bahan pencegah seperti *stainless steel epoxy* atau *galvanized*.

e. Tahan kebakaran (*fire resistance*).

Rencana penyambungan harus memastikan bahwa kekuatan baja dan beton dalam penyambungan tidak berkurang, dengan mempertimbangkan kemungkinan bahwa suhu sistem penyambungan akan naik jika terjadi kebakaran

2.4 Perbedaan dalam analisa beton konvensional dengan beton pracetak

Untuk mendesain beton konvensional ataupun beton pracetak sebenarnya sama, mulai dari beban-beban yang diperhitungkan hingga faktor-faktor koefisien untuk perencanaan juga sama, ada beberapa hal yang membedakan antara beton konvensional dan beton pracetak, sebagai dasaran untuk menganalisis desain sambungan pracetak harus memenuhi syarat yang ditetapkan menurut SNI 7833:2012 secara umum menegaskan sebagai berikut :

a. Setiap perencanaan komponen struktur beton pracetak dengan sambungannya harus mempertimbangkan semua kondisi dari kekangan dan pembebanan deformasi mulai dari saat pabrikasi awal, penyimpanan, pengangkutan, pemasangan, pembongkaran struktur hingga selesainya pelaksanaan struktur.

b. Perencanaan pada komponen pracetak dan sambungannya harus memperhitungkan pengaruh toleransi yang dimana komponen struktur pracetak dan elemen penghubungnya harus dicantumkan dalam spesifikasi.

c. Jika komponen struktur pracetak dimasukkan kedalam sistem structural, maka deformasi dan gaya yang terjadi dan dekat sambungan harus diperhitungkan dalam perencanaan

d. Persyaratan bangunan pracetak harus memenuhi kriteria dan syarat diaras sehingga bangunan bisa dikatakan aman. Desain dari sambungan-sambungan

maupun tumpuan pada pracetak harapannya mampu menahan teggangan lentur transversal maupun longitudinal yang terjadi.

- e. Desain pracetak memperhitungkan metode pengangkatan, penyimpanan beton pracetak di *stock yard*, pengiriman beton pracetak, dan pemasangan beton pracetak di proyek. Beton pracetak dibuat di pabrik.

2.5 Pembebanan

2.5.1 Beban Pada Struktur

Struktur pada bangunan teknik sipil akan menerima pengaruh dari luar yang perlu dipikul untuk menjalankan fungsinya. pengaruh dari luar dapat diukur sebagai besaran atau beban. Seperti berat sendiri struktur akibat dari gaya gravitasi, beban akibat hunian, pengaruh angin, getaran gempa, tekanan tanah dan tekanan hidrostatik air. Terdapat juga pengaruh luar tidak bisa diukur sebagai gaya. Seperti pengaruh penurunan pondasi pada struktur bangunan, pengaruh suhu pada elemen-elemen struktur. Secara umum beban luar yang bekerja pada struktur bangunan teknik sipil dapat dibedakan menjadi beberapa berikut ini :

- a. Beban Dinamik

Beban yang bekerja secara tiba-tiba pada suatu struktur disebut beban dinamis. Beban-beban ini umumnya dalam keadaan tidak tetap, dengan karakteristik besaran dan arah yang berubah dengan cepat. Deformasi struktur akibat beban dinamis, seperti getaran gempa/angin, akan berubah dengan cepat.

- b. Beban Statis

Yang dimaksud beban statis adalah beban yang bekerja secara terus-menerus pada suatu struktur. Beban statis juga diasosiasikan dengan beban-beban yang perlahan-lahan timbul serta mempunyai variable besaran yang bersifat tetap (*steady states*). Dengan demikian, jika suatu beban mempunyai perubahan intensitas yang berjalan cukup perlahan sehingga pengaruh waktu tidak dominan, maka beban tersebut dapat diklasifikasikan sebagai beban static (*static load*). Deformasi dari struktur akibat beban static akan mencapai puncaknya jika beban ini mencapai nilai yang maksimum. Beban statis secara umum dapat dibagi lagi

menjadi beban mati, beban khusus, dan beban hidup, yaitu beban yang diakibatkan oleh penurunan pondasi atau efek dari temperature.

2.5.2 Beban yang Diperhitungkan

Beban yang bekerja adalah beban gravitasi berupa beban mati dan beban hidup, serta beban lateral berupa beban gempa dalam perencanaan struktur Gedung RSUD dr. Soewandhi Surabaya

2.5.3 Beban Mati (Dead Load)

Beban mati adalah beban semua bagian dari suatu gedung yang memiliki sifat konstan dan berada pada posisi yang sama setiap saat, beban ini terdiri dari berat sendiri struktur dan beban lain yang melekat pada struktur secara permanen. Termasuk segala beban tambahan, finishing, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut. semua metode untuk menghitung beban mati suatu elemen adalah didasarkan atas peninjauan berat satuan material yang terlihat dan berdasarkan volume elemen tersebut. beban mati pada struktur dapat dilihat pada table berikut ini.

Tabel 2. 1 Peraturan Pembebanan untuk Rumah Dan Gedung

Beban Mati	Besar Beban
Batu Alam	2600 kg / m ²
Beton Bertulang	2400 kg / m ²
Dinding pasangan ½ Bata	250 kg / m ²
Kaca setebal 12 mm	30 kg / m ²
Langit-langit & penggantung	18 kg / m ²
Lantai ubin semen portland	24 kg / m ²
Spesi per cm tebal	21 kg / m ²

Sumber : Peraturan Pembebanan untuk Rumah Dan Gedung (PPIUG) 1983

2.5.4 **Beban Gempa**

Beban gempa adalah semua beban static ekuivalen yang bekerja pada suatu Gedung yang merupakan pengaruh dari Gerakan tanah akibat gempa, dalam hal pengaruh gempa pada struktur Gedung ditentukan berdasarkan suatu Analisa dinamik, jadi yang diartikan beban gempa adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh Gerakan tanah akibat gempa. Kategori resiko struktur bangunan dipengaruhi oleh fungsi bangunan atau jenis pemanfaatan bangunan tersebut. Berdasarkan SNI 1726-2012 tata cara perencanaan ketahanan gempa pada struktur bangunan gedung dan non gedung, berikut dijelaskan pada tabel dibawah ini :

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Tabel 2. 2 *Kategori risiko bangunan gedung untuk bahan 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 sernentara ➤ Gudang penyimpanan ➤ Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
<p>semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, II, III, dan 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</p>	III

<p>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>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 <p>Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kateogon risiko IV.</p>	<p>IV</p>

Sumber : SNI 1726-2012

Tabel 2. 3 Faktor keutamaan gempa

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, Ie
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 1726-2012

2.5.5 Beban Hidup (Live Load)

Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh penghuni dan penggunaan suatu bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi. Analisis beban hidup diberi factor reduksi sesuai dengan SNI 03-1726-2002 karena beban ini memberi beban yang bersifat sementara pada suatu struktur. Beban hidup pada bangunan dikategorikan sesuai dengan fungsi ruangnya. Fungsi dari elemen struktur khususnya pelat lantai,

adalah untuk mendukung beban-beban hidup yang dapat berupa berat dari orang-orang atau hunian, perabot, mesin-mesin, peralatan, dan timbunan-timbunan barang. Beban hidup adalah beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan. Walaupun dapat berpindah-pindah, beban hidup bisa dikatakan bekerja secara perlahan-lahan pada struktur. Perencanaan pembebanan untuk beban hidup disesuaikan dengan standar pembebanan menurut SNI 1727:2013. Berikut merupakan beban hidup yang direncanakan bekerja pada struktur gedung.

Beban yang dibebankan oleh penggunaan suatu bangunan atau struktur lain yang tidak termasuk dalam beban konstruksi disebut sebagai beban hidup. Karena beban ini merupakan beban sementara pada suatu struktur, maka analisis beban hidup diberikan faktor reduksi sesuai dengan SNI 03-1726-2002. Fungsi suatu ruangan menentukan seberapa besar beban hidup yang dipikul dalam suatu bangunan. Tujuan dari elemen struktur, khususnya pelat lantai, adalah untuk menopang beban hidup seperti manusia, barang-barang mereka, furnitur, mesin, peralatan, dan tumpukan barang. Istilah beban hidup mengacu pada beban yang mungkin atau mungkin tidak ada pada bangunan pada waktu tertentu. Beban hidup dianggap bekerja lambat pada struktur, meskipun memiliki kemampuan untuk bergerak. Standar pembebanan, SNI 1727:2013, digunakan untuk mengubah perencanaan beban untuk beban hidup. Berikut ini adalah beban hidup yang diharapkan akan diterapkan pada struktur bangunan tersebut.

Tabel 2. 4 *Pembebanan*

Bagian	Beban (KN/m ²)
Beban hidup ruang operasi	2,87
Beban hidup ruang pasien	1,92
Beban hidup korridor	3,83
Beban hidup ruang pertemuan	4,79
Beban hidup atap	0,96
Beban hidup tangga	4,79

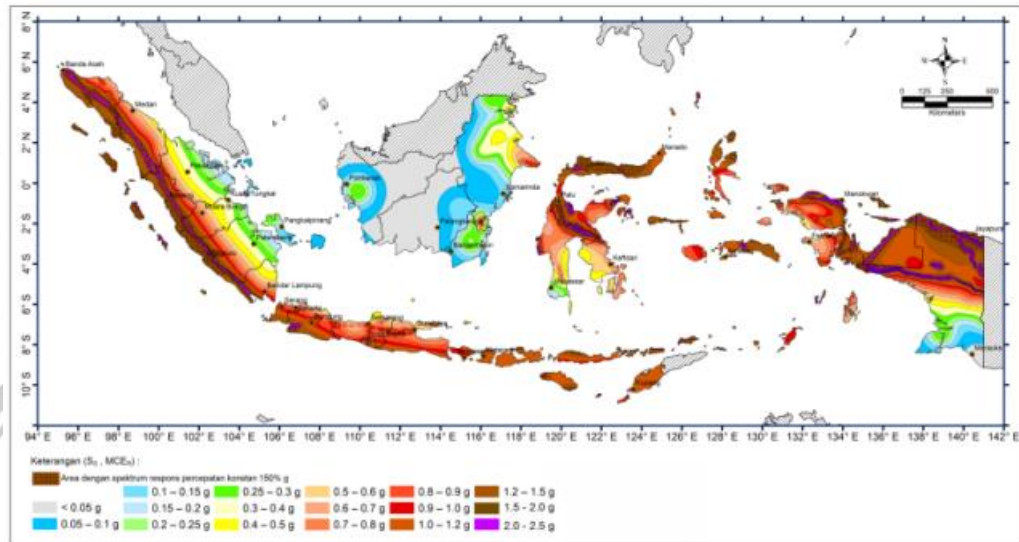
Sumber : SNI 1727-2013 Pembebanan

2.5.6 Analisis pada beban gempa menurut SNI 1726:2019

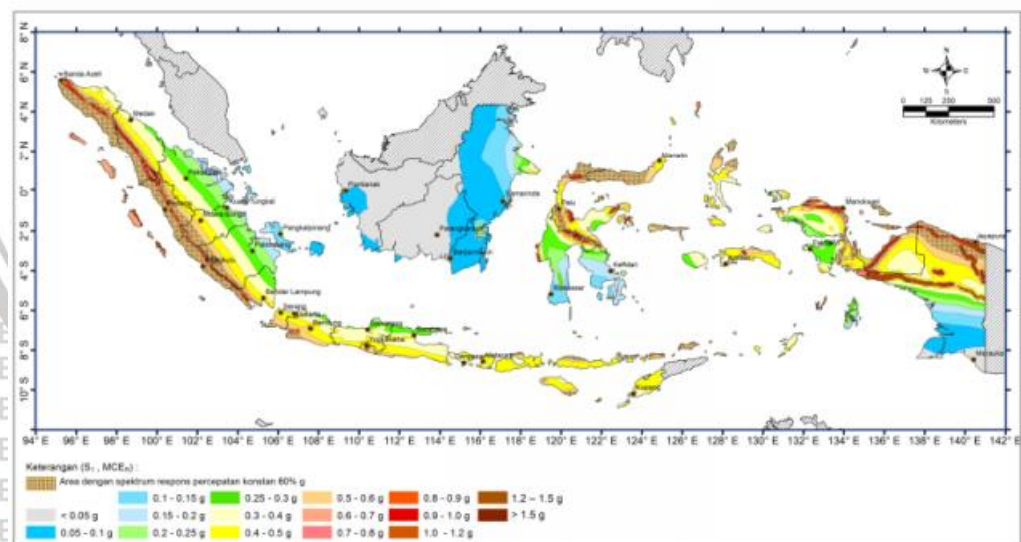
2.5.6.1 Wilayah Gempa

Parameter dalam percepatan gempa dapat ditentukan berdasarkan parameter gempa maksimum dan gerak tanah yang dipertimbangkan risiko-tertarget

(MCEr) sesuai kelas situs.



Gambar 2. 1 S1, Peta percepatan spektrum respons MCEr periode 0,2 detik
 Sumber: SNI 1726:2019 (2019)



Gambar 2. 2 S1, Peta percepatan spektrum respons MCEr periode 1 detik
 Sumber: SNI 1726:2019 (2019)

2.5.6.2 Respon Spektrum

Penguatan getaran yang berhubungan dengan percepatan getaran dengan periode pendek (F_a) dan faktor penguatan yang berhubungan dengan percepatan yang mewakili periode getaran 1 detik keduanya termasuk dalam faktor penguatan (F_v). Parameter spektrum respons percepatan periode pendek (S_{ms}) dan periode satu detik (S_{m1}) dimodifikasi untuk pengaruh kategorisasi tanah, yang ditentukan dengan perhitungan berikut:

$$S_{ms} = F_a \times S_s$$

$$S_{m1} = F_v \times S_1$$

Keterangan :

S_s = Parameter respons spektrum percepatan gempa MCEr terpetakkan periode pendek (0,2 detik)

S_1 = Parameter respons spektrum percepatan gempa MCEr terpetakkan periode 1 detik

Tabel 2. 5 Klasifikasi Situs Tanah

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15sampai 50	50 sampai100

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{ch}	\bar{s}_u (kPa)
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristk sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40 \%$, 3. Kuat geser niralir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus,yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 6.10.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) - Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plasitisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

Sumber : SNI 1726:2019

Tabel 2. 6 Koefisien Situs, F_a

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0,2$ detik, S_z					
	$S_z \leq 0,25$	$S_z = 0,5$	$S_z = 0,75$	$S_z = 1,0$	$S_z = 1,25$	$S_z \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

CATATAN:

- (a) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 0

Sumber : SNI 1726:2019

Tabel 2. 7 Koefisien Situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 \leq 0,2$	$S_1 \leq 0,3$	$S_1 \leq 0,4$	$S_1 \leq 0,5$	$S_1 \leq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

CATATAN :

- (a) Untuk nilai-nilai antara S_1 dapat dilakukan interpolasi linier
 (b) SS= Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons situs-spesifik, lihat 6.10.1

Sumber : SNI 1726:2019

2.5.6.3 Parameter Spektur Desain

Parameter pada percepatan spektrum desain periode pendek yaitu S_{ds} dan untuk periode 1 detik yaitu S_{d1} , harus diperoleh dengan rumus berikut di

bawah ini

$$S_{ds} = \frac{2}{3} S_{ms}$$

$$S_{d1} = \frac{2}{3} S_{m1}$$

2.5.6.4 Respon Spektrum Desain

Penggambaran pada respons spektrum untuk masing-masing wilayah gempa dan jenis tanah sebagai berikut :

- a. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan :

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

- b. Nilai periode yang lebih besar atau sama dengan dari T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , sama dengan SDS

- c. Periode yang lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain, S_a , diambil berdasarkan persamaan :

$$S_a = 0,2 \frac{S_{d1}}{T}$$

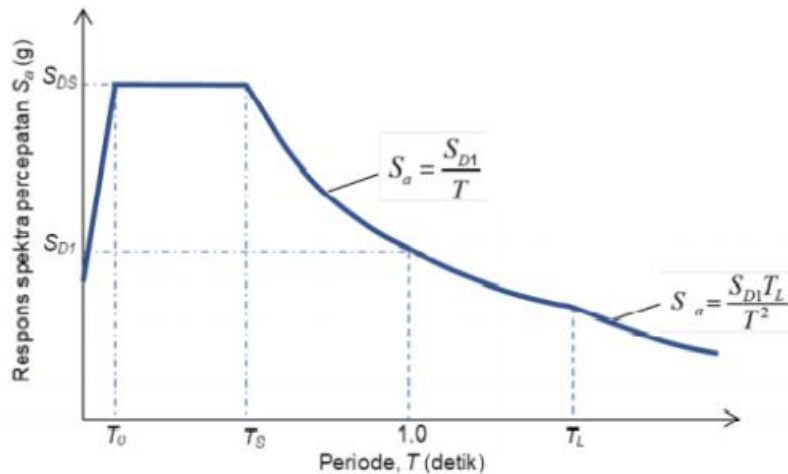
$$T_0 = \frac{S_{d1}}{S_{ds}}$$

Keterangan :

S_{ds} = Parameter respons spectra percepatan desain periode pendek

S_{d1} = parameter respons spectra percepatan desain periode 1 detik

T = Periode getar fundamental struktur



Gambar 2. 3 Desain Respon Spektrum

Sumber : SNI 1726 2019

Menurut SNI 1726:2019 Pasal 7.8.1.1 Gaya geser dasar seismic (V) ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$V = C_s W$$

Keterangan :

C_s = Koefisien respon seismic yang ditentukan sesuai dengan 0

W = berat seismic efektif menurut 0

Perhitungan koefisien respon seismic, C_s , harus di tentukan sesuai dengan persamaan sebagai berikut :

$$C_s = \frac{S_{ds}}{R/I_e}$$

Keterangan :

S_{ds} = parameter percepatan respons spectral desain dalam rentang periode pendek seperti ditentukan dalam 0 atau 0

R = koefisien modifikasi respons

I_e = faktor keutamaan gempa yang ditentukan sesuai dengan 0

Ketentuan :

a. Nilai C_s , yang terhitung tidak perlu melebihi hasil persamaan berikut

ini :

Untuk $T \leq T_L$

$$C_s = \frac{S_{d1}}{T \left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

Untuk $T > T_L$

$$C_s = \frac{S_{d1} T_L}{T^2 \left(\frac{R}{I_e} \right)}$$

b. Dan juga besarnya nilai C_s yang dihitung tidak kurang dari hasil persamaan berikut ini :

$$C_s (\text{min}) = 0,044 S_{ds} I_e \geq 0,01$$

- c. Untuk tambahan struktur yang belokasi di daerah dimana S_1 sama dengan atau lebih besar dari $0,6g$, maka C_s harus tidak kurang lagi dari :

$$C_s = \frac{0,5S_1}{\left(\frac{R}{I_e}\right)}$$

- d. Periode fundamental (T) untuk struktur dengan ketinggian yan tidak melebihi dari 12 tingkat dimana sistem pemikul gaya seismic terdiri dari rangka pemikul momen yang seluruhnya beton atau seluruhnya baja dan rata-rata tinggi tingkat sekurang-kurangnya 3 m yaitu :

$$T = 0,1 N \quad (N = \text{jumlah tingkat})$$

Keterangan :

Le dna R didefinisikan dalam 0, dan

S_{d1} = parameter percepatan respons spectral desain pada periode 1,0 detik, seperti yang ditentukan dalam 0

T = periode fundamental struktur (detik) yang ditentukan 0

S_1 = parameter percepatan respons spectral maksimum yang dipetakan ditentukan 0

Tabel 2. 8 Koefisien modifikasi respon

Sistem pemikul gaya seismic	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_b^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^d				
				Kategori desain seismic				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5/2	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5/2	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4 1/2	3	4	TB	TB	10 ^k	TI ^k	TI ^k
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3 1/2	3	3	TB	TB	TI ^l	TI ^l	TI ^l
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m	8	3	5/2	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4/2	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2/2	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5/2	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4/2	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5/2	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2/2	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembuatan ⁿ	3 1/2	3 ^o	3/2	10	10	10	10	10

Sumber : SNI 1726:2019

2.5.6.5 Distribusi Gaya

Berikut adalah gaya gempa yang akan direncanakan pada elemen struktur :

- a. Gaya yang akan terjadi pada semua tingkatan, gaya gempa lateral (F_x), yang harus dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$F_i = i C_{vx} V$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

- b. Gempa horizontal (V_x), geser tingkat desain gempa di semua tingkat harus ditentukan dengan persamaan berikut :

$$V_x = \sum_{i=1}^n F_i$$

Keterangan :

F_i = bagian dari geser dasar seismic (V) pada tingkat ke- i (kN)

C_{vx} = faktor distribusi vertical

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)

w_i & w_x = bagian berat seismic efektif total struktur (W) yang ditempatkan atau dikekang pada tingkat I atau x

h_i & h_x = tinggi dari dasar sampai tingkat I atau x (m)

k = eksponen yang terkait dengan periode struktur sebagai berikut :

- Struktur dengan $T < 0,5$ detik, $k = 1$
- Struktur dengan $T > 2,5$ detik, $k = 2$
- Struktur dengan $0,5 < T < 2,5$ detik, $k = 2$ atau harus ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2

2.6 Analisa Beton Pracetak

Dalam proses menganalisa balok pracetak menggunakan Analisa elastis dengan kuat rencana yang ditentukan dari tegangan ijin bahan, sebagai berikut :

$$f_c \text{ ijin} = 0.33 f'_c$$

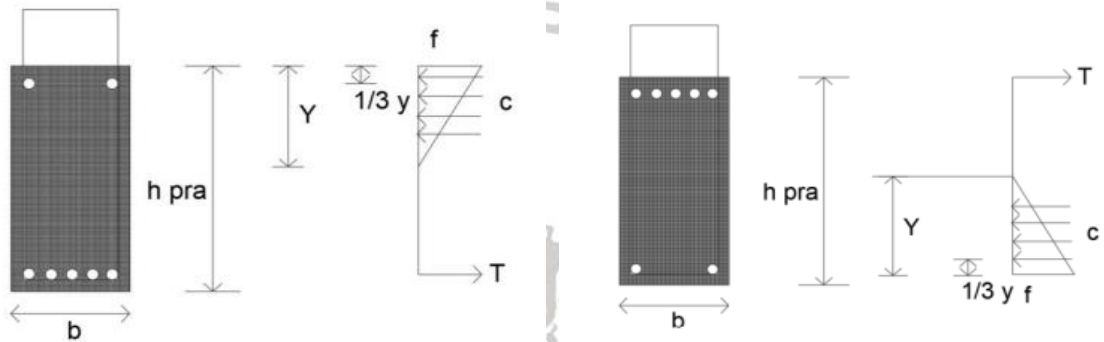
$$f_s \text{ ijin} = 0.58 f_y$$

Keterangan :

- F_c ijin = tegangan ijin beton (Mpa)
- F_s ijin = tegangan ijin tulangan (Mpa)
- f^c = tegangan hancur atau kuat tekan beton (Mpa)
- f_y = tegangan leleh tulangan (Mpa)

Dalam proses perhitungan perencanaan elemen balok pracetak ini meliputi analisa balok pracetak saat pengangkutan dan pemasangan.

- a. Dimensi balok pracetak sebelum pengecoran penuh ketebalan minimal balok ditentukan dengan menghitung kapasitas momen penampang balok. Luas tulangan lentur telah diasumsikan Ketika menghitung kapasitas momen dimensi balok.



Gambar 2. 4 Tegangan sebelum cor penuh

$$C = f_c * 0.5 * b * c$$

$$T = A_s * f_s$$

Keterangan :

- f_c = tegangan ijin beton (0.33 f^c) (Mpa)
- f_y = tegangan ijin tulangan baja (0.53 f_y) (Mpa)
- b = lebar penampang balok (m)
- A_s = luas tulangan Tarik

Dengan persamaan keseimbangan penampang yang telah tercantum, untuk mencari nilai C :

$$C = T$$

$$f^c * 0.5 * b * c = A_s * f_s \rightarrow c = (2 * A_s * f_s) / (f_c * b)$$

sehingga kapasitas momen penampang beton : $M_n = T(d-c/3) = A_s \cdot f_s(d-c/3)$

tebal minimum (d min) diperoleh jika $M_n = M_u$

$$M_u = A_s \cdot f_s(d-c/3)$$

$$d_{\min} = \frac{M_u}{A_s \cdot f_s} + \frac{c}{3}$$

Keterangan :

- M_n = momen kapasitas penampang (Nmm)
- M_u = momen terhadap load factor penampang (Nmm)
- d min = tebal efektif minimal (mm)

dimensi balok (bxb) diasumsikan sebelumnya, sehingga tebal balok pracetak adalah sebagai berikut :

- untuk balok anak : $h'_{ba} = h_{ba} - h_{\text{plat}}$
- untuk balok induk arah x : $h'_{bix} = h_{bix} - h_{ba}$
- untuk balok induk arah y : $h'_{biy} = h_{biy} - h_{\text{plat}}$

tebal balok pracetak dicek terhadap tebal efektif minimal (d)

$$d = h'_{\text{pra}} - p - \phi_s - \frac{1}{2} \phi_{\text{tul}}$$

keterangan :

- p = selimut beton (mm)
- ϕ_{tul} = diameter tulangan sengkang (mm)
- ϕ_s = diameter tulangan pokok (mm)

Syarat : $d \geq d_{\min}$

Cek terhadap momen kelendutan pada saat pelaksanaan

$$M_n = A_s \cdot f_s(d - \frac{c}{3})$$

Dengan syarat $M_n \geq M_u$

Cek kelendutan pada saat pelaksanaan :

$$\delta = \frac{P \cdot l^3}{48EI} + \frac{5 \cdot q \cdot l^4}{384EI} \leq \delta$$

Keterangan :

- S = lendutan (mm)
- P = beban terpusat yang bekerja di penampang (N)
- Q = beban merata yang bekerja di penampang (N/mm)
- L = bentang elemen pracetak (mm)
- E = modulus elastisitas bahan beton pracetak (Mpa)
- I = momen inersia di penampang balok pracetak (mm⁴)

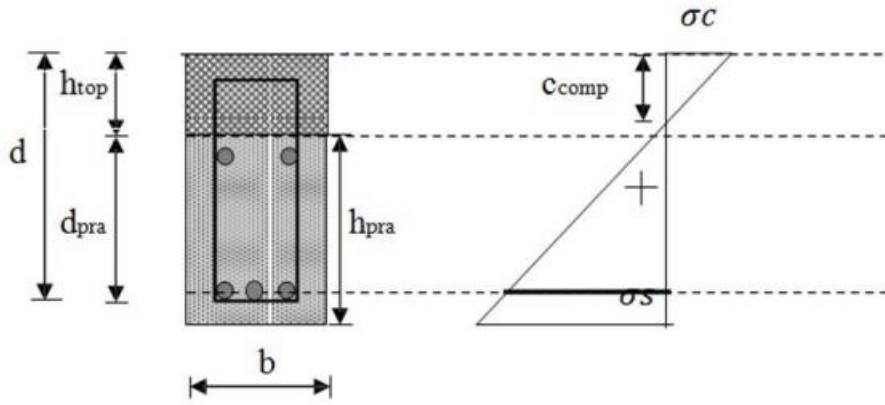
Lendutan ijin :

○ Balok induk : $\delta = \frac{L}{480}$ (mm)

○ Balok anak : $\delta = \frac{L}{240}$ (mm)

b. Tegangan setelah pengecoran penuh

Tegangan balok pracetak akan terjadi setelah elemen pracetak disatukan dengan bantuan toping yang ditinjau terhadap kondisi beban,



Gambar 2. 5 Tegangan setelah pengecoran penuh

Untuk mencari nilai c diperlukan angka ekivalen bahan (n)

$$n = \frac{E_s}{E_c} \rightarrow bc \cdot 0,5c - nA_s (d-c) = 0$$

keterangan :

- Es = modulus elastisitas baja tulangan (2.1*10) (Mpa)
- Ec = modulus elastisitas beton (2.1*10) (Mpa)

Sehingga tegangan di penampang dirumuskan sebagai berikut :

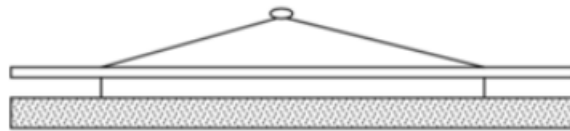
$$\sigma_c = -\frac{Mu+c}{lpra} \leq fc \rightarrow \sigma_s = -\frac{Mu+(d-c)}{lpra} \leq fs$$

Keterangan :

- σ_c = tegangan pada serat beton mengalami tekan (Mpa)
- σ_s = tegangan pada serat beton mengalami tarik (Mpa)
- Mu = momen eksternal yang terjadi pada penampang (Mpa)
- D = tebal efektif balok (mm)
- Y = tebal area penampang tertekan (mm)
- Ipra = momen inersia penampang cor penuh (mm⁴)
- fc = tegangan ijin beton = 0.33*fc (Mpa)
- fs = tegangan ijin tulangan = 0.58*fy (Mpa)

2.7 Analisa Pada Balok Pracetak Saat Pengangkatan

Balok pracetak diangkat menggunakan crane yang diangkat dengan dua titik angkat, analisa pada kondisi ini beban mati akibat beban sendiri dikalikan dengan faktor beban 1,2. Pada kondisi pertama adalah saat pengangkatan balok pracetak untuk dipasang pada tumpuannya. Pada kondisi ini beban yang bekerja adalah berat sendiri balok pracetak yang ditumpu oleh angkur pengangkatan yang akan menyebabkan terjadinya momen pada tengah bentang dan tumpuan. Ada dua hal yang harus ditinjau dalam kondisi ini, yaitu kekuatan angkur pengangkatan (lifting anchor) dan kekuatan lentur penampang beton pracetak.

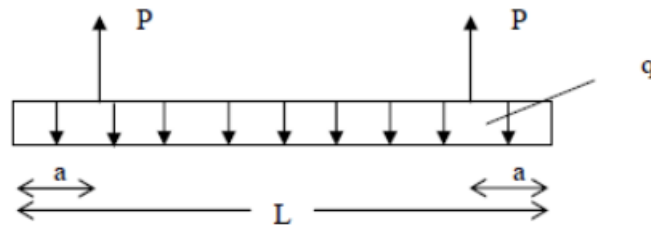


Gambar 2. 6 Pengangkatan balok pracetak

$$F = \frac{1}{2} q L$$

Keterangan :

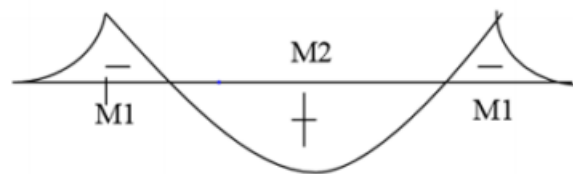
- F = gaya angkat balok anak (ton)
- Q_d = berat sendiri balok pracetak terfaktor dengan faktor beban $\phi = 1.2$ (ton)
- L = bentang balok pracetak (m)



Gambar 2. 7 model pembebanan balok pracetak saat pengangkatan

Momen maksimum yang terjadi :

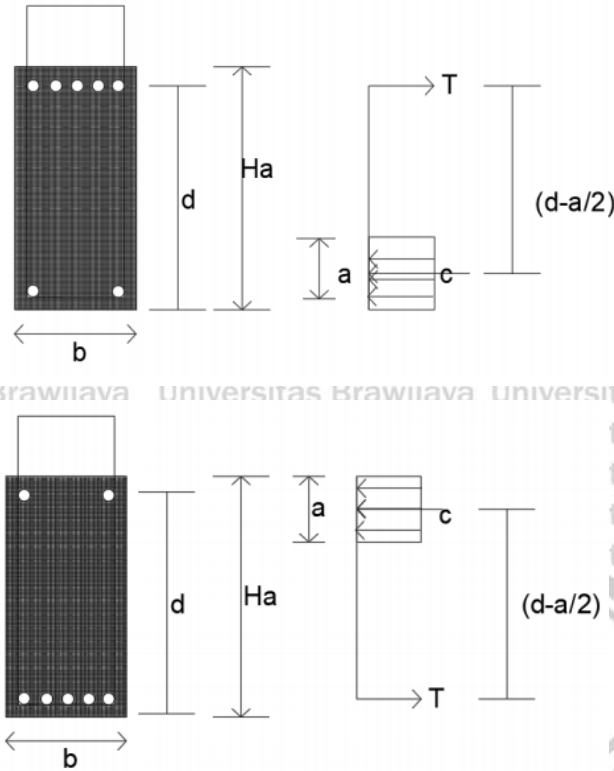
- $M_1 = \frac{1}{2}.q.a^2$
- $M_2 = \frac{1}{8}.q.(L-2.a)^2 - \frac{1}{2}.q.a^2$



Gambar 2. 8 bidang momen balok pracetak pada saat pengangkatan

Diperlukan penetapan kapasitas momen negatif balok dengan asumsi tulangan tambahan yang telah ditentukan untuk menentukan letak titik angkat, dimana penampang balok masih dapat menahan momen negatif.

Pendekatan berikut digunakan untuk menghitung kapasitas momen negative penampang ketika diangkat. Karena sera tatas berada di bawah tanganan membutuhkan penguatan. Asumsi tulangan $2\Phi 6$ yang akan memberikan nilai luasan tulangan tarik A_s .



Gambar 2. 9 Tegangan sebelum pengangkatan

- Kapasitas momen negative

$$T = A_s' \cdot f_y$$

$$C = 0.85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b$$

Keterangan

- T = gaya tarik pada serat tertarik yang dilimpahkan pada tulangan (N)
- C = gaya tekan pada serat tertekan penampang beton (N)
- a = kedalaman penampang tertekan (mm)
- d = kedalaman efektif penampang beton (mm)
- b = lebar penampang balok beton (mm)
- A_s' = luasan tulangan tarik (mm²)

Jika $f_y = 400$ MPa, $f_c' = 40$ MPa, dan lebar penampang balok (b) diketahui, maka dengan keseimbangan $T = C$ nilai a didapatkan untuk perhitungan kapasitas momen penampang tarik (M_n).



- Kapasitas momen negatif penampang pada titik angkat akibat gaya angkat
- Keseimbangan momen internal, $T = C$

$$a = \frac{A_s' \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c' \cdot b}$$

$$Mn = T \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (\text{Nmm})$$

Untuk menentukan titik angkat (x), momen yang terjadi pada titik angkat tersebut harus lebih kecil atau sama dengan kapasitas momen tarik terfaktor ($\Phi = 0.8$) kapasitas momen negatif terfaktor ($\Phi = 0.8$).

$$Mu = Mx$$

Dimana Mx = momen yang terjadi pada titik angkat a

$$Mx = \frac{1}{2} qd \cdot x^2$$

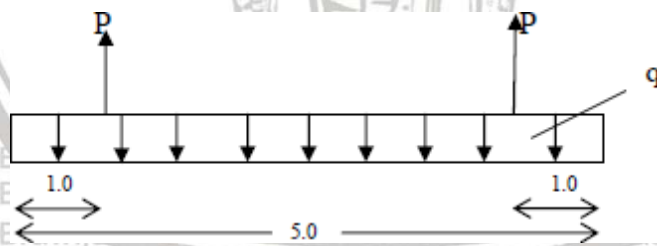
Maka ketika Mu di ketahui jarak titik angkat aka bisa di ketahui

Jika $Mu = 2,85 \text{ kNm}$ dan $qd = 2.419 \text{ Knm}$ $L = 5 \text{ m}$

$$\text{Maka } 2,85 = \frac{1}{2} 2.419 \cdot x^2$$

$$X = 1.54$$

Maka letak titik angkat adalah $X < 0 < 1.54$ dan akan di ambil sejauh 1 m.



Gambar 2. 10 Letak titik angkat balok pracetak

Bila, $Mx = \Phi Mn$, maka didapatkan nilai x_{max} :

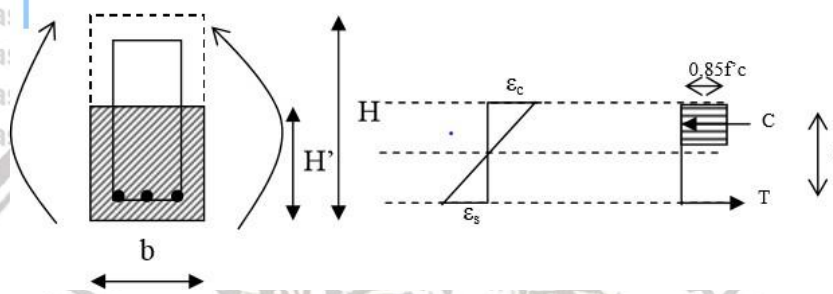
- Mn = kapasitas momen nominal penampang (tonm)
- x_{max} = jarak titik angkat maksimal dari ujung bentang (m)

Nilai x memiliki batasan sebagai berikut :

$$0 < x \leq x_{maks}$$

Nilai x tersebut adalah batasan letak titik angkat balok anak dimana penampang dengan asumsi tulangan ekstra tertentu mampu menahan momen negatif yang terjadi akibat gaya angkat saat proses ereksi.

Perhitungan kapasitas momen positif dihitung dengan rumus kapasitas momen (M_n) struktur beton bertulang dengan tulangan tunggal yang telah dijelaskan sebelumnya yang secara singkat dapat dijabarkan sebagai berikut :



Gambar 2. 11 Tegangan dengan tulangan tunggal

$$\begin{aligned} M_n &= T_s \cdot (d - z) \\ &= T_s \cdot (d - 0,5a) \\ &= A_s \cdot f_y \cdot (d - 0,5 \cdot \beta \cdot c) \\ &= A_s \cdot f_y \cdot (d - 0,5 \cdot 0,85 \cdot c) \\ &= A_s \cdot f_y \cdot (d - 0,425 \cdot c) \end{aligned}$$

$$M_n > M_2 \dots \dots (\text{OK}), \text{ dimana } M_2 = M_{\text{max Eksternal Positif Balok}}$$

2.8 Sambungan pada Beton Pracetak

Sambungan dalam perencanaan elemen pracetak selain sebagai penghubung antar elemen pracetak juga berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang bekerja dari elemen struktur satu dengan lain yang nantinya akan diteruskan ke pondasi. Terdapat dua jenis sambungan yang bisa dipergunakan untuk menyatukan antar komponen beton pracetak yaitu sebagai berikut:

1. Sambungan kering (*dry connection*)

Sambungan kering menggunakan plat besi sebagai penghubung antar komponen beton pracetak, dengan baut atau las yang digunakan untuk menyambung plat besi. Karena elemen struktural dari struktur dapat berperilaku non-monolitik, adopsi pendekatan penghubung ini memerlukan perhatian khusus dalam analisis dan pemodelan komputer.

2. Sambungan basah (*wet connection*)

Pelepasan baja tulangan dari ujung-ujung komponen beton pracetak yang dihubungkan antar tulangan dengan *mechanical joint*, *mechanical coupled*, *splice sleeve* atau panjang penyaluran disebut sambungan basah. Beton kemudian ditempatkan di konektor. Bentuk sambungan ini dapat membantu mengurangi tegangan yang dapat disebabkan oleh mulur, susut, dan fluktuasi suhu. Karena dapat mengubah setiap komponen beton pracetak menjadi monolit, sambungan basah sangat disarankan untuk bangunan di daerah rawan gempa.

Desain sambungan yang dipakai dalam perancangan ini adalah sambungan basah, seperti cor di tempat maupun dengan cara grouting sudah banyak diterapkan atau dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak.

Dalam desain sambungan ini menggunakan metode pracetak tanpa penahan, sehingga tumpuan balok dianggap sendi (momen pada sambungan balok-kolom dianggap 0) ketika menahan beban sendiri balok pracetak. Pada saat sambungan telah mengeras dan diberi gaya luar sambungan tersebut menjadi tumpuan jepit (memiliki momen pada sambungan balok-kolom).

Berdasar SKSNI T-15-1991-03 menyatakan bahwa panjang penyaluran tulangan untuk D-36 dan lebih kecil adalah :

$$l_{db} = 0,02 A_b * f_y / \sqrt{f'_c}$$

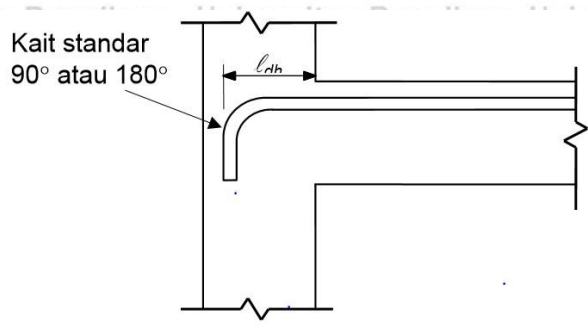
Dengan syarat harus kurang dari

$$0,06 * d_b * f_y$$
 Dimana:

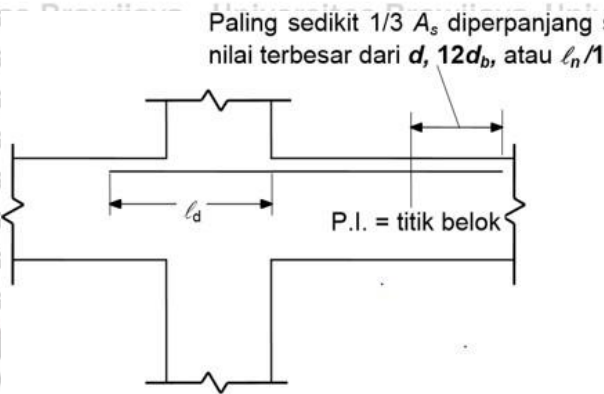
- l_{db} = Panjang penyaluran tulangan (mm)
- A_b = Luas tulangan (mm^2)
- d_b = Diameter tulangan (mm)

Berdasarkan SK SNI 03 – 2847 - 2002 Pasal 14.12 tentang penyaluran tulangan momen negatif berbunyi:

- Tulangan momen negatif pada suatu komponen struktur menerus, komponen struktur yang terkekang deformasinya, atau komponen struktur kantilever, atau pada sebarang komponen struktur dari suatu rangka kaku, harus diangkur di dalam atau sepanjang komponen struktur pendukung, dengan menggunakan panjang penanaman, kait, atau angkur mekanis (Gambar 2.12 a).
- Tulangan momen negatif harus mempunyai suatu panjang penanaman ke dalam bentang seperti diisyaratkan 14.1 dan 14.10
- Paling sedikit sepertiga dari jumlah tulangan tarik total yang dipasang untuk momen negatif pada suatu tumpuan harus ditanamkan hingga melewati titik belok sejauh tidak kurang dari nilai terbesar antara tinggi efektif komponen struktur, $12d_b$, atau seperenambelas bentang bersih (Gambar 2.12 b).
- Pada tumpuan dalam dari komponen struktur lentur tinggi, tulangan tarik momen negatif harus menerus dengan tulangan tarik pada bentang disebelahnya.



(a) Pengangkuran untuk kolom luar

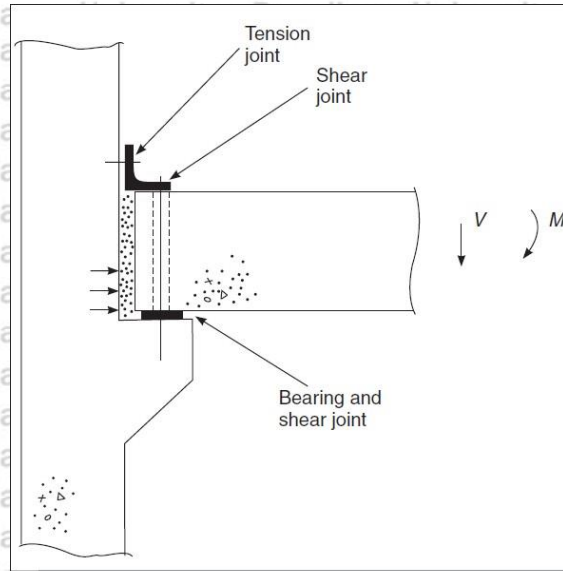


(b) Pengangkuran ke dalam balok yang bersebelahan

Gambar 2. 12 Pengangkuran

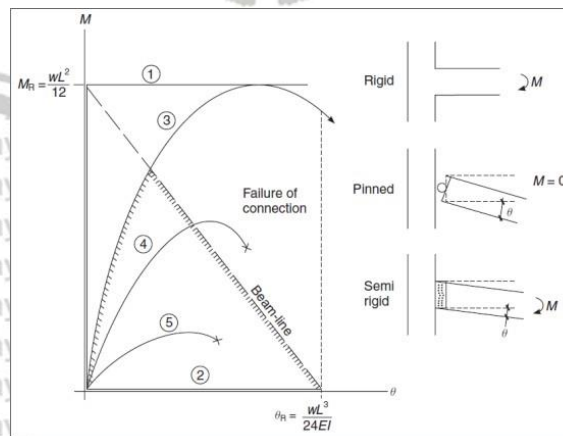
2.8.1 Desain Sambungan Beton Pracetak

Sambungan adalah bagian yang paling penting berada pada desain beton pracetak di sebuah konstruksi. Desain sambungan di tentukan sendiri jenis kerangka pracetak. Dinding kerangka memberikan kekakuan sambungan 1/100 dari kekakuan dinding panel – 200N/mm² per mm dari panjang beton panel yang terpasang vs 2.7 ke 15 N/mm². Struktur sambungan yang dibutuhkan untuk mentransfer semua gaya yang umum tekan, geser, dan Tarik. Baja atau material lainnya mungkin menjadi satu jika beton tertekan dari lebih besar nilai yang diizinkan. Dibandingkan dengan pengecoran di tempat konstruksi ada sejumlah gaya dari sambungan yang disebut gaya gesek karena adanya Gerakan gaya relative dari shrinkage.



Gambar 2. 13 Sambungan pada tumpuan corbel

Pergerakan dari frame dapat dikontrol dari desain sambungan yang sesuai. Dalam mencapai berbagai sistem struktur mungkin dibutuhkan konstruksi sambungan dan design. Kekakuan monolithic pada sambungan hanya bisa dibuat pada waktu membuat bekisting. Di teori bahwa Ketika tidak ada sambungan maka akan dianggap sebagai kekakuan penuh yang berperilaku sebagai kekakuan yang semu dengan cara menggunakan analisis retak lentur. Dengan menggunakan *beam-line* analisis dengan pendekatan *beam-analisis* dengan pendekatan yang dikembangkan oleh *steelwork*



Gambar 2. 14 Karakteristik momen dan rotasi

2.9 Sistem Struktur

Setiap struktur pada bangunan merupakan penggabungan berbagai elemen struktur secara tiga dimensi. Fungsi utama sistem struktur adalah untuk memikul secara aman dan efektif beban yang bekerja pada suatu bangunan, dan juga menyalurkannya ke tanah melalui pondasi. Sistem struktur pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan gempa dipikul oleh rangka pemikul momen melalui mekanisme lentur, sistem ini terbagi menjadi 3, yaitu SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa), SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah), dan SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus). Penjelasan 3 sistem berikut dibawah ini :

- Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), SRPMB pada struktur bangunan diharapkan dapat mengalami deformasi inelastis secara terbatas pada komponen struktur sambungannya akibat gaya gempa rencana. SRPMB diterapkan pada wilayah gempa 1 dan 2.
- Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), Sistem Struktur bangunan diharapkan dapat menahan resiko kegempaan sedang yaitu wilayah gempa 3 dan 4.
- Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), SRPMK pada struktur bangunan diharapkan dapat mengalami deformasi besar apabila dibebani oleh gaya-gaya yang berasal dari beban gempa rencana. SRPMK diterapkan pada wilayah gempa 5 dan 6.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Sumber data primer yang merupakan data umum proyek dan gambar denah bangunan diperoleh dari PT.PP (Persero) Tbk. pada proyek pembangunan Gedung RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya digunakan sebagai model untuk studi alternatif perencanaan gedung dalam pembahasan di skripsi ini.

3.2 Data-Data Desain

3.2.1 Data-Data Umum

Nama Proyek	: Proyek Pembangun RSUD dr. Mohamad Soewandhie
Alamat Proyek	: Jl. Tambak Rejo No.45-47 Kota Surabaya
Owner	: Pemerintah Kota Surabaya
Kontraktor	: PT. Bangun Mitra Persada
Manajemen Kontruksi	: KSO PT. PP & PT. Bangun Seajar Prima
Fungsi	: Rumah Sakit
Lantai	: 8 lantai
Tinggi Bangunan	: ± 35 m
Waktu Pelaksanaan	: 366 Hari (6 desember 2019 - 6 desember 2020)
Biaya	: 187.499.000.000.00 (termasuk PPN)
Jenis Kontrak	: Lumpsum Fixed Price

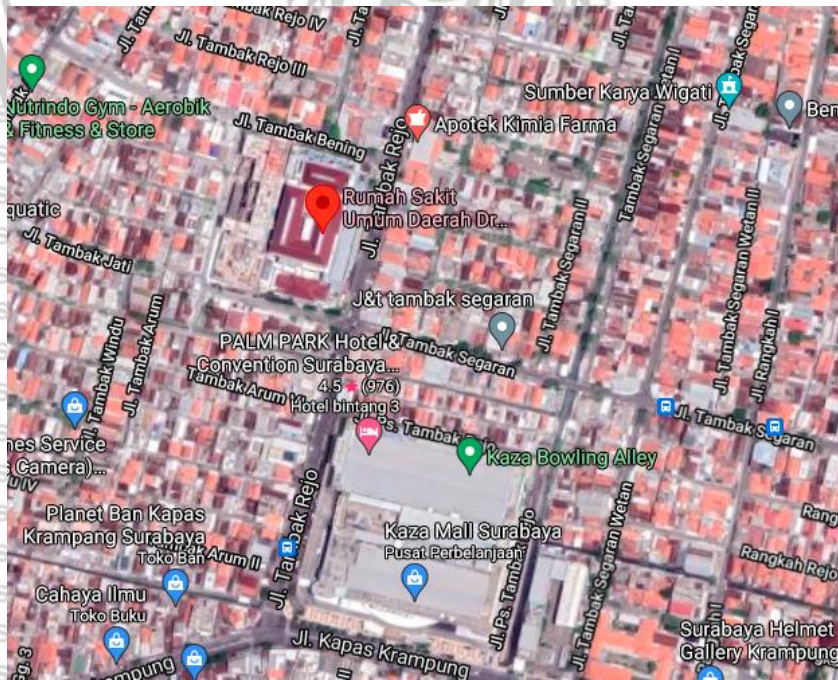


-  **NAMA PROYEK :**
PEMBANGUNAN GEDUNG TYPE B1 ((RSUD DR. SOEWANDHIE))
-  **ALAMAT PROYEK :**
JL. TAMBAK REJO No.45-47, TAMBAKREJO, KEC. SIMOKERTO, KOTA SURABAYA, JAWA TIMUR
-  **PEMBERI TUGAS/OWNER :**
PEMERINTAH KOTA SURABAYA (DINAS PERUMAHAN RAKYAT DAN KAWASAN PERMUKIMAN, CIPTA KARYA DAN TATA RUANG)
-  **MANAJEMEN KONSTRUKSI DAN PENYEDIA JASA KONSTRUKSI:**
PT. BANGUN SEJAJAR PRIMA (MK)
KSO PT. PP (PERSERO) TBK – PT. BANGUN MITRA PERSADA (KONTRAKTOR)
PORSI JO (PT. PP 70% - PT. BMP 30%)
-  **DURASI WAKTU PELAKSANAAN :**
MASA KONSTRUKSI 366 HARI KALENDER (EST. 06 DESEMBER 2019 – 06 DESEMBER 2020) (MULTI YEARS)
MASA PEMELIHARAAN 360 HARI KALENDER (07 DESEMBER 2020 – 02 DESEMBER 2021)
-  **JENIS DAN NILAI KONTRAK:**
Rp 170.454.272.727,27 (TIDAK TERMASUK PPN) - LUMPUSUM FIXED PRICE
Rp 167.499.000.000,00 (TERMASUK PPN)
-  **LINGKUP PEKERJAAN :**
KONSTRUKSI TERINTEGRASI RANCANG DAN BANGUN (DESIGN AND BUILD)

Gambar 3. 1 Informasi Umum Proyek RSUD Dr. Mohamad Soewandhi Surabaya

Pengumuman	Peserta	Hasil Evaluasi	Pemenang	Pemenang Berkontrak	
Nama Tender		Pembangunan Gedung Type B1 ((RSUD DR. SOEWANDHIE))			
Kategori		Pekerjaan Konstruksi			
Instansi		Pemerintah Daerah Kota Surabaya			
Satker		Dinas Perumahan Rakyat dan Kawasan Permukiman, Cipta Karya dan Tata Ruang			
Pagu		Rp 197.387.896.100,00			
HPS		Rp 197.387.896.100,00			
Nama Pemenang	Alamat	NPWP	Harga Penawaran	Harga Tereksi	Hasil Negosiasi
PT. PP (Persero) Tbk	JL. LETJEN. TB.SIMATUPANG 57, PASAR REBO - JAKARTA 13760 - Jakarta Timur (Kota) - DKI Jakarta	01.001.613.7-051.000	Rp 187.499.700.000,00	Rp 187.499.700.000,00	Rp 187.499.700.000,00

Gambar 3. 2 Informasi Layanan Pengadaan Secara Elektronik (LPSE) proyek Gedung RSUD Dr. Mohamad Soewandhi Surabaya



Gambar 3. 3 Lokasi proyek Gedung RSUD Dr. Mohamad Soewandhi Surabaya

3.3 Prosedur Perencanaan

3.3.1 Analisis Pembebanan

Pembebanan yang digunakan dalam perhitungan perencanaan gedung RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya adalah kombinasi dari beban hidup, beban mati, beban angin, dan beban gempa. Beban yang digunakan sesuai dengan tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 2847-2013) dan tata cara perencanaan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung (SNI 1726-2012). Maka beton bertulang gedung RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya harus mampu memikul seluruh kombinasi pembebanan berikut ini :

- $U = 1,4D$
- $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
- $U = 1,2D + 1,0L + 1,0 W + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
- $U = 0,9D + 1,0 W$
- $U = 1,2D + 1,0L + 1,0E$
- $U = 0,9D + 1,0E$

Keterangan :

- **D** : beban mati yang diakibatkan oleh material bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap, finishing, serta peralatan tetap.
- **L** : beban hidup yang diakibatkan oleh penggunaan gedung yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati.
- **Lr** : beban hidup pada atap yang timbul selama perawatan oleh pekerja, peralatan, dan material. Atau pada masa layanan yang ditimbulkan oleh orang dan benda bergerak.
- **R** : beban hujan, tidak termasuk yang diakibatkan oleh genangan air
- **W** : beban angin.
- **E** : beban gempa yang ditentukan sesuai dengan SNI 1726:2019

3.3.2 Analisis Struktur

Dimulai dengan menghitung besarnya momen, gaya aksial, dan gaya geser yang terjadi setelah diberikan beban pada Gedung RSUD dr. Soewandhi Surabaya, studi alternatif ini menggunakan aplikasi SAP 2000 V.20 untuk analisis pada struktur Gedung RSUD dr. Soewandhi Surabaya.

Dalam studi alternatif ini, analisis spektrum digunakan untuk menghitung analisis seismic dengan aplikasi ini, mudah untuk menghitung gaya yang bekerja pada struktur akibat gaya gempa.

3.3.3 Desain pada Penampang

Dasaran yang digunakan dalam desain penampang Gedung RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya, yaitu konsep beton bertulang yang menggunakan proses pracetak. Detail beton pracetak dari penampang yang akan digunakan pada balok dihubungkan ke kolom dan pelat yang menggunakan sambungan basah. Kontrol dilakukan pada kondisi yang berbeda setelah dimensi direncanakan, antara lain kondisi sebelum komposit dan kondisi setelah komposit. Pembebanan meliputi berat sendiri, jenis, keramik, plafon, instalasi, dinding, dan beban pakai dalam kondisi pra komposit (hidup). Setelah itu, penampang balok dan kolom harus disesuaikan.

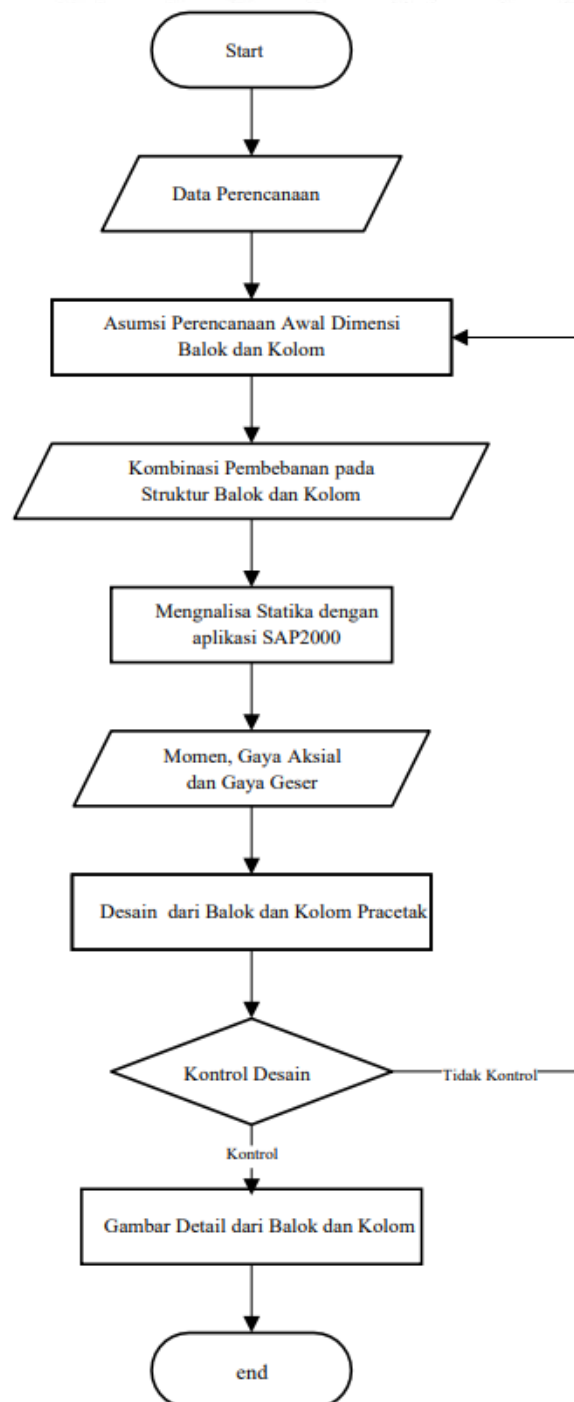
3.3.4 Gambar Struktur

Penggambaran dalam perencanaan dan perhitungan gambar pada studi alternatif ini dibantu dengan menggunakan software AutoCAD 2018.

Gambar denah RSUD dr. Mohamad Soewandhi Surabaya terlampir

3.4 Diagram Alir Perencanaan

Membahas sambungan balok-kolom menggunakan sistem pracetak dalam studi alternatif ini, dan menyelesaikan perhitungan untuk memastikan bahwa semua komponen aman harus mengikuti diagram alur sebagai berikut dibawah ini :



Gambar 3. 4 Diagram alir perencanaan RSUD Dr. Mohamad Soewandhie Surabaya

3.5 Hipotesis

Berdasarkan hasil kajian Pustaka, studi alternatif ini diharapkan memberikan hasil sebagai berikut :

- Pada perencanaan Gedung RSUD Dr. Mohamad Soewandhie Surabaya diperlukan penambahan tulangan longitudinal pada saat pengangkatan beton pracetak (*precast*) untuk menghindari kerusakan pada beton yang dicetak akibat gaya Tarik pada saat pengangkatan.
- Pada perencanaan Gedung RSUD Dr. Mohamad Soewandhie Surabaya direncanakan sambungan balok-kolom menggunakan metode pracetak (*precast*) dengan sifat kekakuan serta perilaku yang mendekati struktur monolit.
- Pada perencanaan Gedung RSUD Dr. Mohamad Soewandhie Surabaya, analisis kekuatan pada sambungan balok-kolom dengan metode pracetak (*precast*) dilakukan sesuai dengan analisis beton konvensional.



BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Dimensi Struktur

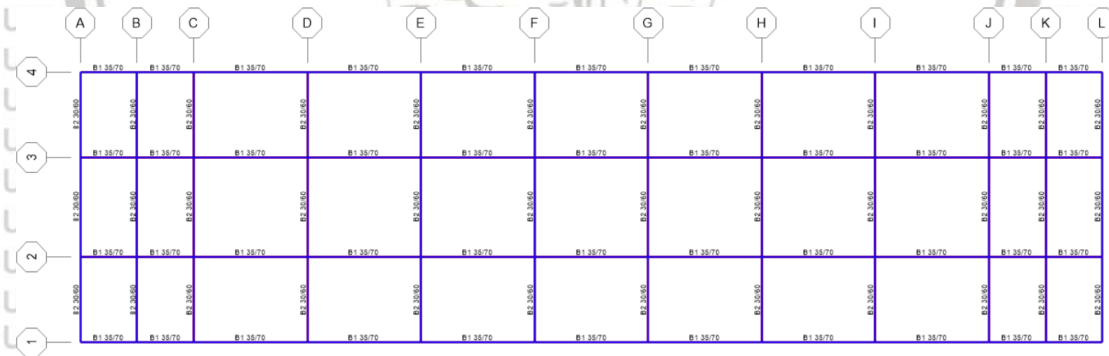
4.1.1 Perencanaan Pada Balok

Perencanaan dimensi balok pada gedung RSUD dr. Soewandhi Surabaya berdasarkan table 4.1 pada pasal 9.3.1.1 SNI 2847:2019

Tabel 4. 1 *Tinggi minimum pada balok nonprategang*

Konsidi perletakan	Minimum $h^{[1]}$
Pereletakan sederhana	L/16
Menerus satu sisi	L/18,5
Menerus dua sisi	L/21
Kantilever	L/8

Sumber : SNI 2847 : 2019



Gambar 4. 1 Denah balok gedung RSUD dr. Soewandhi Surabaya

4.1.2 Perencanaan Pada Kolom

Perencanaan dimensi kolom pada gedung RSUD dr. Soewandhi Surabaya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- Kolom direncanakan memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada atap atau lantai, dan momen maksimum yang berasal dari beban terfaktor pada suatu bentang terdekat
- Pada perhitungan momen akibat beban gravitasi yang bekerja pada kolom, ujung kolom dianggap terjepit
- Momen yang bekerja pada tiap level atau atap harus didistribusikan pada kolom di atas dan dibawah lantai tersebut berdasarkan kekakuan relatif sehingga akan memakai kolom berdimensi 70x70 cm (K1) dan 65x65 cm (K2)

4.1.3 Perencanaan Pelat

Pada pelat gedung RSUD dr. Soewandhi Surabaya yang akan direncanakan, menggunakan system diafragma dengan tebal pelat atap menggunakan 10 cm dan pelat lantai menggunakan 12 cm sesuai dengan keadaan existing gedung.

4.2 Analisis Pembebanan

Pembebanan yang diperhitungkan dalam perencanaan gedung RSUD dr. Soewandhi Surabaya adalah sebagai berikut :

4.2.1 Beban Mati (D)

Berat pada struktur harus relevan dan didasari dengan Standar Nasional Indonesia, yaitu SNI 1727:1989

Tabel 4.2 Berat senduru bahan bangunan dan komponen gedung

Baja	=	7850	kg/m ³
Beton bertulang	=	2400	kg/m ³
Pasir	=	1600	kg/m ³
Keramik per cm tebal	=	24	kg/m ²
Spesi per cm tebal	=	21	kg/m ²
Langit-langit + penggantung	=	18	kg/m ²
Pasangan bata merah ½ batu	=	250	kg/m ²

Sumber : SNI 1727:1989

4.2.2 Beban Mati Tambahan (Super Dead Load)

Beban Mati Pelat Lantai

Pasir setebal 1 cm (0,01 x 1600)	=	16	kg/m ²
Spesi setebal 3 cm (0,03 x 21)	=	0.63	kg/m ²
Keramik setebal 1 cm (0,01 x 24)	=	0.24	kg/m ²
Langit-langit + penggantung	=	18	kg/m ²
Instalasi ME	=	30	kg/m ²
Total beban mati pada pelat lantai	=	64.87	kg/m ²

Beban Mati Pelat Atap

Waterproofing tebal 2 cm = 0,02 x 14	=	0.28	kg/m ²
Langit-langit + penggantung	=	18	kg/m ²
Instalasi ME	=	30	kg/m ²
Total beban mati pada pelat atap	=	48.28	kg/m ²

Beban Mati Balok

Beban dinding pasangan ½ batu (250 kg/m²)

Lantai 1-2(-0.8) x 250	=	1300	kg/m ²
Lantai 3-8 (4-0.8) x 250	=	800	kg/m ²

4.2.3 Beban Hidup (L)

Beban hidup yang digunakan dalam perancangan gedung dan struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan tidak boleh kurang dari beban merata minimum sesuai dengan SNI 1727:2013

Table 4.3

Beban hidup terdistribusi minimum untuk Rumah Sakit

Ruang operasi, laboratorium	=	2.87	kN/m ²
Ruang pasien	=	1.92	kN/m ²
Koridor diatas lantai pertama	=	3.83	kN/m ²
Beban guna lantai rumah sakit (SNI 03-1727-1989)	=	250	kg/m ²
Beban guna lantai atap (SNI 03-1727-1989)	=	100	kg/m ²
Atap	=	0.96	kN/m ²

Sumber : SNI 1727:2013



4.2.4 Beban Gempa

Tahapan untuk analisis beban gempa dengan metode respon spektrum adalah sebagai berikut :

- a. Mencari Kategori Resiko Gempa dan Faktor Keutamaan Gempa

Tabel 3 – Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa (lanjutan)

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - 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, tsunami, 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 	IV
Gedung dan nongedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	

Tabel 4 – Faktor keutamaan gempa

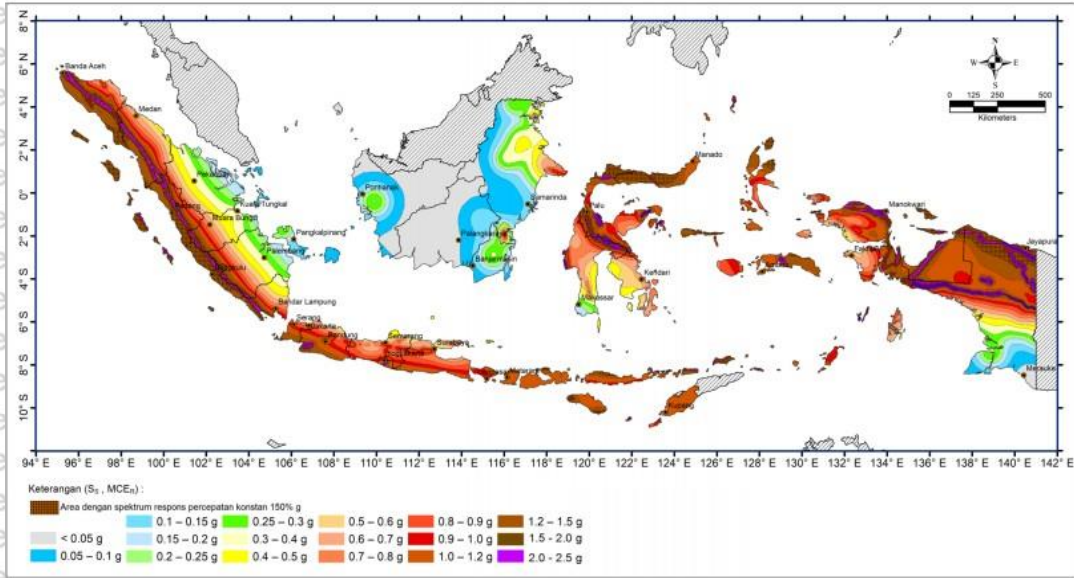
Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Gambar 4. 2 Tabel 3 dan tabel 4 SNI 1726-2019



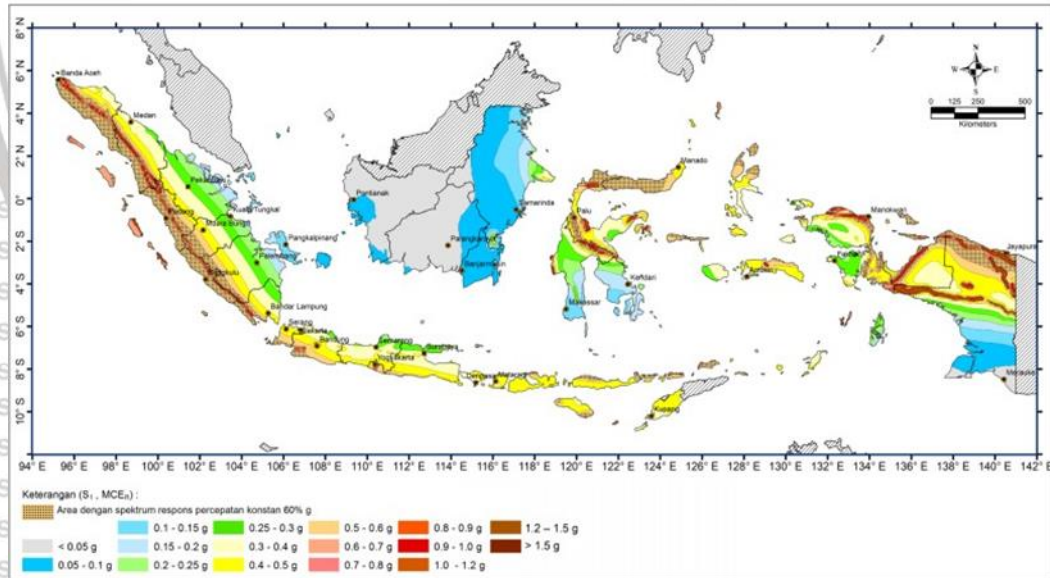
b. Parameter Respon Spektral MCER (S_s dan S_1)

SNI 1726:2019



Gambar 4. 3 S_s Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER)

SNI 1726:2019



Gambar 4. 4 S_1 Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tertarget (MCER)



c. Menentukan nilai koefisien F_a dan F_v

Tabel 1. Koefisien situs F_a (Stewart & Seyhan, 2013)

Situs	$S_s < 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s > 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,2	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8

Gambar 4. 5 Tabel 6 Koefisien situs F_a SNI 1726-2019

Tabel 2. Koefisien situs F_v (Stewart & Seyhan, 2013)

Situs	$S_1 < 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 > 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,1	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0

Gambar 4. 6 Tabel 7 Koefisien situs F_v SNI 1726-2019

d. Menenntukan nilai S_{MS} dan S_{M1}

$$S_{MS} = F_a \times S_s = 1,6 \times 0,12g = \mathbf{0,192}$$

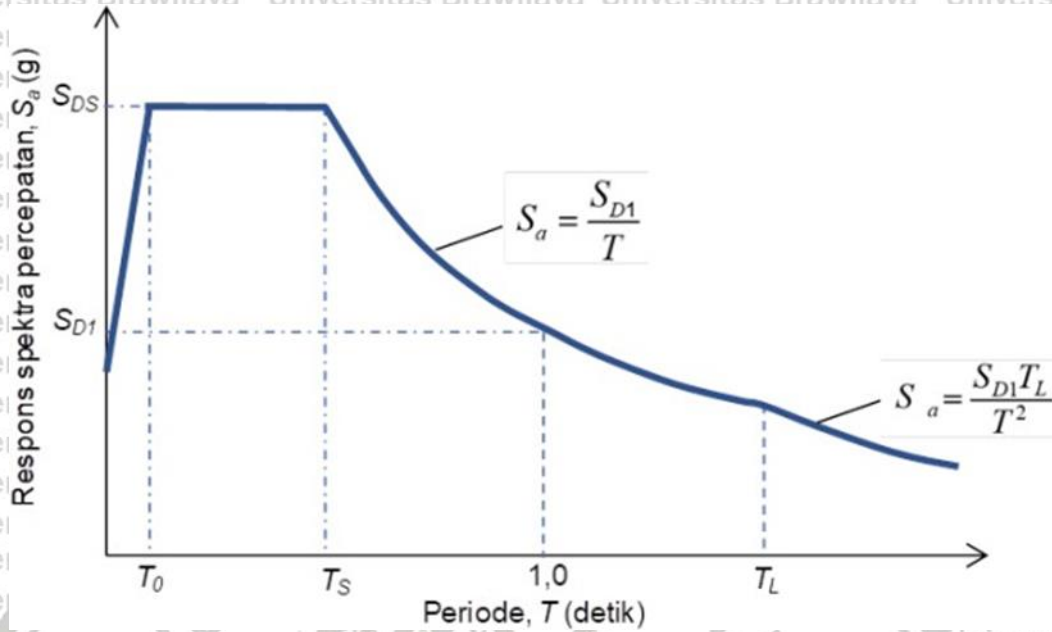
$$S_{M1} = F_v \times S_1 = 2,4 \times 0,06g = \mathbf{0,144}$$

e. Menentukan nilai S_{DS} dan S_{D1}

$$S_{DS} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,192 = 0,128$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} \times S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0,144 = 0,096$$

f. Menentukan Nilai T_0 dan T_s

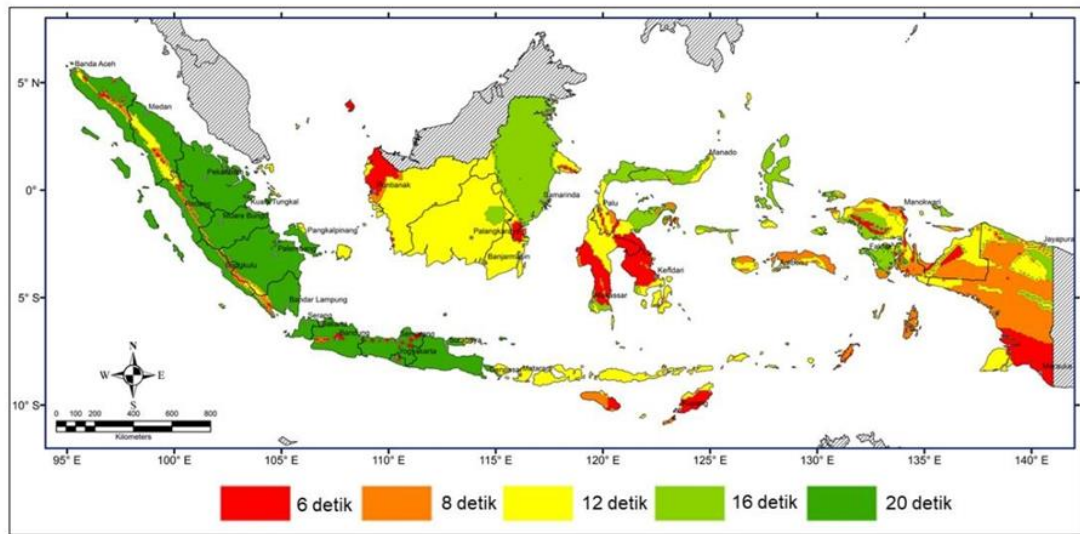


Gambar 4. 7 Spektrum respons desain

$$T_0 = 0,2 \frac{SD1}{SDS} = 0,2 \frac{0,096}{0,128} = 0,15$$

$$T_s = \frac{SD1}{SDS} = \frac{0,096}{0,128} = 0,75$$

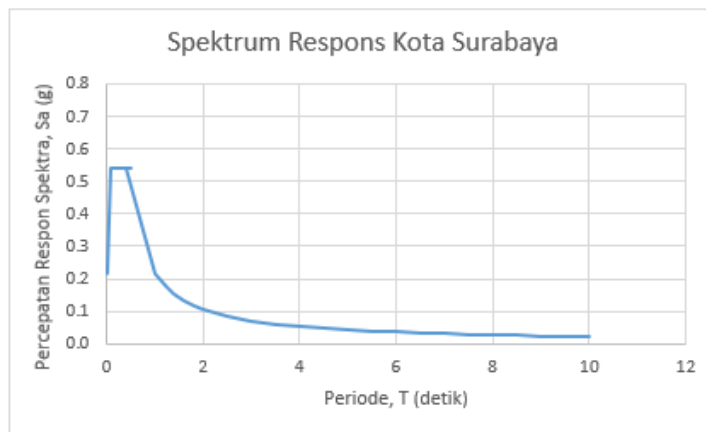
SNI 1726:2019



Gambar 4. 8 Peta transisi periode panjang (TL)

T (detik)	Sa (g)
0	0.216
0.08	0.540
0.40	0.540
1	0.213
1	0.213
1.2	0.178
1.4	0.152
1.6	0.133
1.8	0.119
2	0.107
2.5	0.085
3	0.071
3.5	0.061

T (detik)	Sa (g)
4	0.053
4.5	0.047
5	0.043
5.5	0.039
6	0.036
6.5	0.033
7	0.030
7.5	0.028
8	0.027
8.5	0.025
9	0.024
9.5	0.022
10	0.021



4.2.5 Beban Kombinasi

Struktur yang direncanakan harus sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban terfaktor dengan kombinasi pembebanan sesuai SNI 1726:2019 sebagai berikut;

- 1,4D
- 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr atau R)
- 1,2D + 1,6(Lr atau R) + (L atau 0,5W)
- 1,2D + 1,0W + L + 0,5(Lr atau R)
- 0,9D + 1,0W
- 1,2D + Ev + Eh + L
- 0,9D – Ev + Eh

Dimana:

$$E_v = 0,2SDS$$

$$E_{hx} = \rho (E_x + 0,3E_y)$$

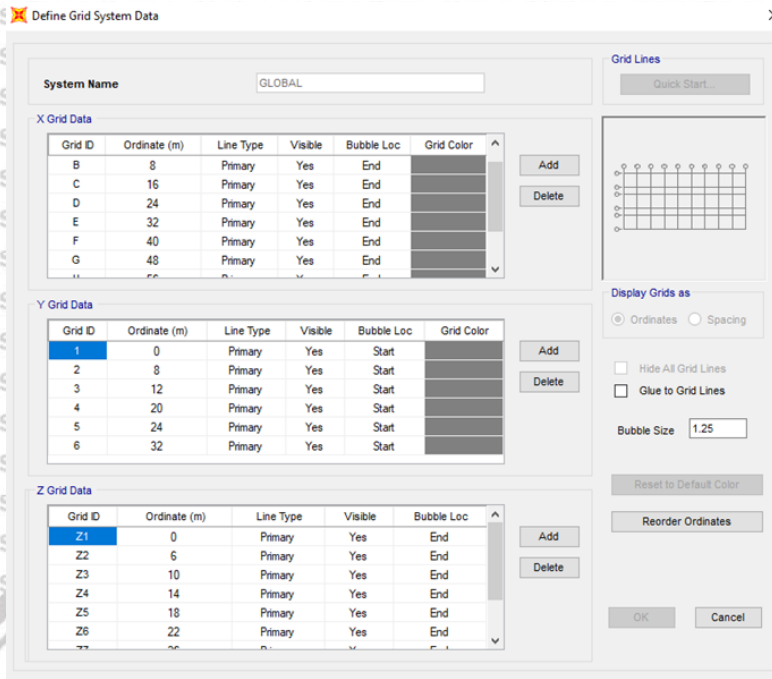
$$E_{hy} = \rho (E_y + 0,3E_x)$$

4.3 Pemodelan Struktur Menggunakan Software SAP2000 v20

Langkah-langkah yang akan dilakukan untuk membuat suatu pemodelan struktur pada SAP2000 v20. Berikut beberapa Langkah-langkah dan input yang dimasukkan pada SAP2000 v20 yaitu :

a. Grid System

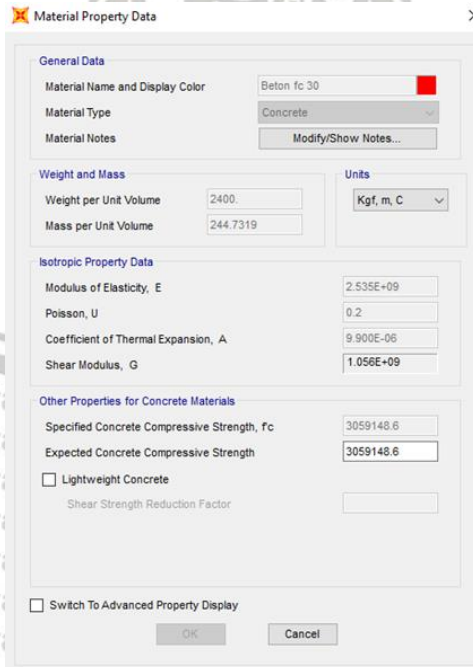
Grid system fungsinya adalah untuk menentukan letak koordinat pada struktur dalam x,y, dan z



Gambar 4. 9 Grid System

b. *Deifne* → *Materials*

Fungsi dari define material adalah mendefinisikan data material yang akan digunakan dalam pemodelan struktur

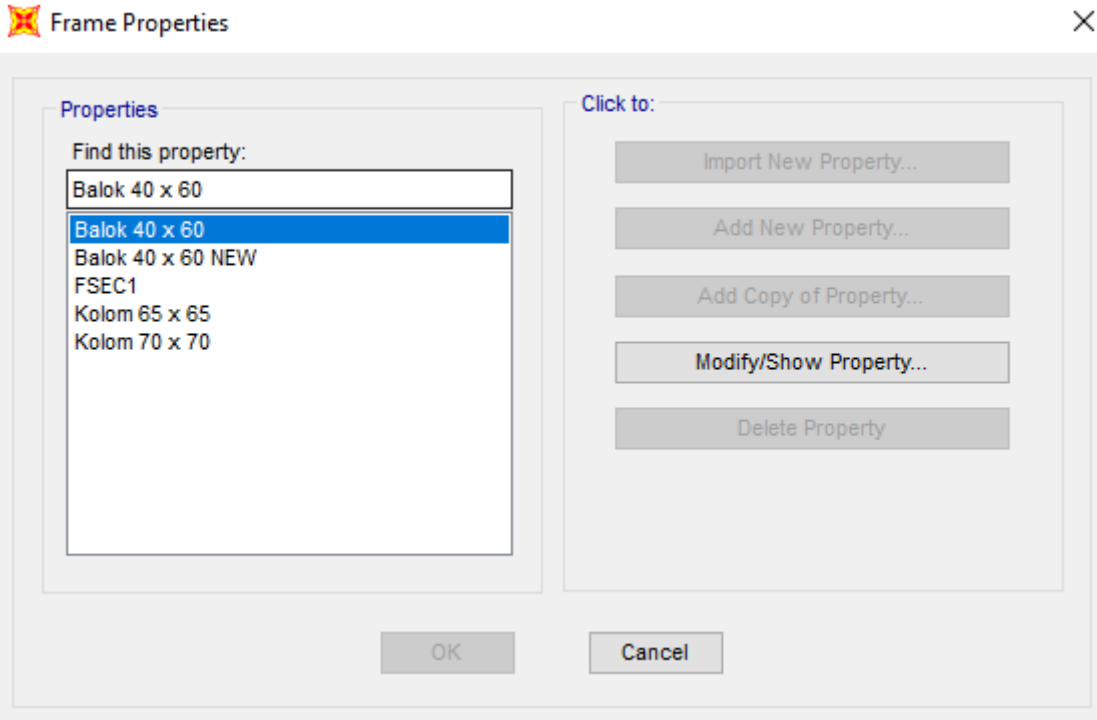


Gambar 4. 10 Material



c. Define → Section Properties

Define section properties fungsinya adalah menginput data dimensi balok, kolom, dan pelat.



Gambar 4. 11 Frame Section

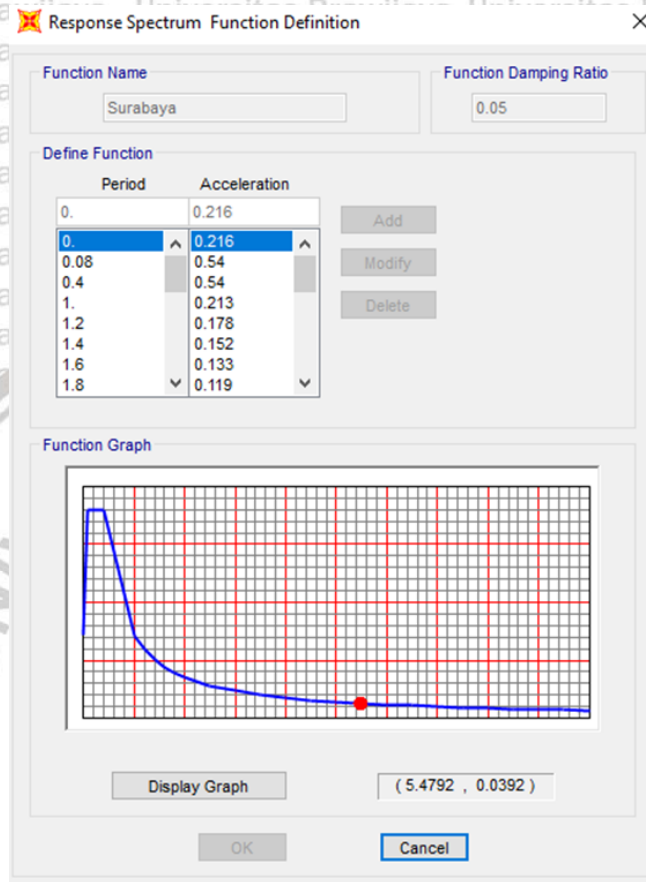
d. Define → Load Patterns

Fungsi dari define load patterns adalah memuat informasi tentang data pembebanan pada struktur yang dianalisis beban yang bekerja dari analisis struktur yang dilakukan antara lain sebagai berikut :

- Dead load
- Super dead
- Live load
- Quake

e. *Other Function* → *Respons Spektrum*

Fungsi dari other function respons spektrum adalah Memasukkan data respons spektrum yang akan bekerja sebagai beban gempa pada pemodelan struktur.



Gambar 4. 12 Respons Spektrum

f. *Define* → *Load Combination*

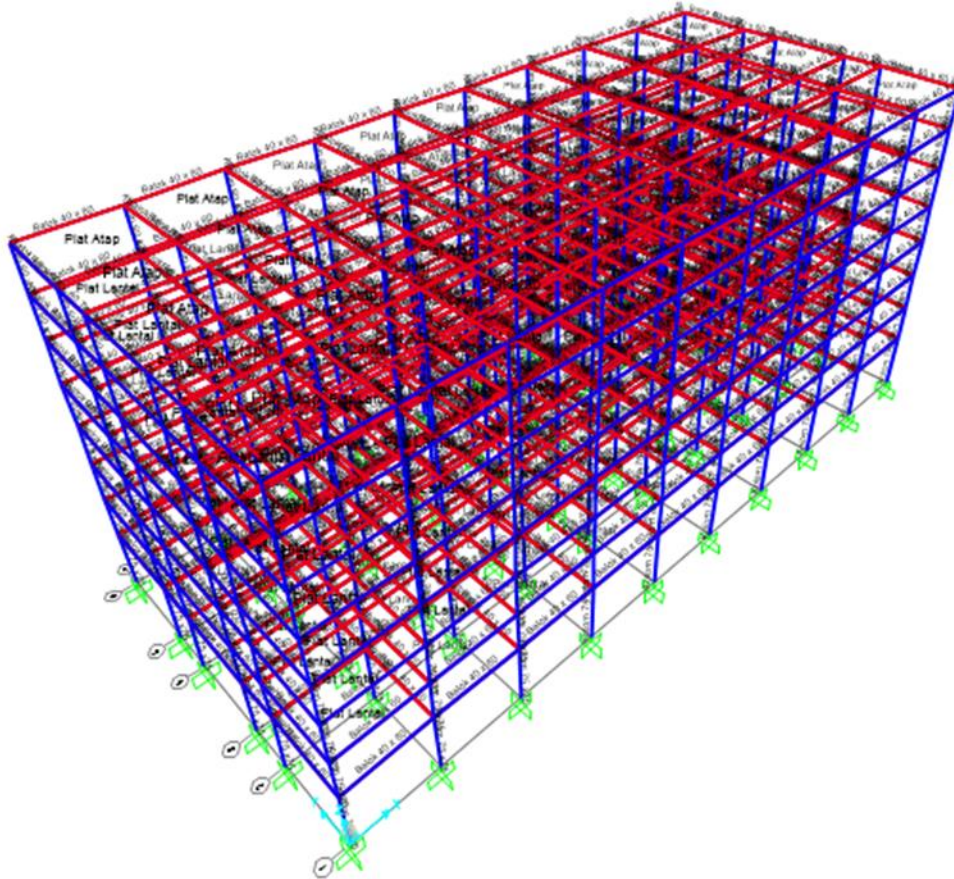
Define → Load Combination fungsinya adalah untuk mendefinisikan kombinasi pembebanan yang digunakan pada analisis struktur utama.

g. *Analyze* → *Run Analyze*

Analyze → Run Analyze fungsinya adalah tahapan untuk mendapatkan hasil dari data input yang telah dimasukkan.

h. *Display* → *Show Tables*

Display → *Show Tables* fungsinya adalah memuat data yang didapat, yaitu mulai dari besaran momen, gaya normal, gaya lintang pada elemen sesudah dianalisis.



Gambar 4. 13 Pemodelan struktur gedung RSUD dr. Soewandhi Surabaya menggunakan SAP 2000 v20

4.4 Perencanaan dan Analisis Kekuatan Balok

4.4.1 Penulangan Balok 1 (40×60)

Dari analisis menggunakan software SAP2000 v20 didapatkan hasil momen maksimum pada tumpuan dan lapangan sebagai berikut :

$$\text{MU Tump} = -63319 \text{ kgm}$$

$$\text{MU Lap} = 34679,75 \text{ kgm}$$

$$f'c = 30 \text{ Mpa}$$

$$fy = 340 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensi balok} = 400 \times 600 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Bentang balok} = 8000 \text{ mm}$$

Analisis Tulangan Tumpuan

Nilai Momen terbesar dari momen negative

$$Mu = -63319 \text{ kgm}$$

Tinggi Balok

$$(d) = 600 - 40 = 560$$

$$\rho_{\min} = \frac{14}{fy} = \frac{14}{340} = 0,00412$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \times \rho_b$$

$$= 0,75 \times \frac{(0,85 \times \beta_1 \times f'c)}{fy} \times \frac{600}{600 + fy}$$

$$= 0,75 \times \frac{(0,85 \times 0,85 \times 30)}{340} \times \frac{600}{600 + 340}$$

$$= 0,03052$$

$$R_n = \frac{Mn}{\phi \times b \times e \times d^2}$$

$$= \frac{63319}{0,8 \times 10000}{400 \times 560^2}$$

$$= 6,3097 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times f'c}$$

$$= \frac{340}{0,85 \times 30}$$

$$= 13,3333$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{fy}} \right]$$

$$= \frac{1}{13,3333} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,3333 \times 6,3097}{340}} \right]$$

$$= 0,02170$$

$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}$, yang digunakan $\rho = 0,02170$

$$As = \rho \times b \times e \times d = 0,02170 \times 400 \times 560 = 4859,9 \text{ mm}^2$$

$$As' = 0,5 \times As = 0,5 \times 4859,9 = 2429,9552 \text{ mm}^2$$

Diperolehnya nilai As dan As' , maka jumlah tulangan atas dan bawah yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tulangan tarik : 10 D25 (4909 mm²)

Tulangan tekan : 5 D25 (2545 mm²)

Kontrol Momen Kapasitas Penampang

Diketahui :

- Tulangan tarik = 10 D25 (4909 mm²)
- Tulangan tekan = 5 D25 (2545 mm²)
- f'_c = 30 Mpa
- ϵ_s = 0,0145
- E_s = 2×10^5
- Ukuran Balok = 40/60 cm
- d = 560 mm
- d' = 40 mm

Perhitungan :

Asumsi :

Tulangan tarik (As) sudah leleh $\Rightarrow f_s = f_y$

Tulangan tekan (As') sudah leleh $\Rightarrow f_s' = f_y$

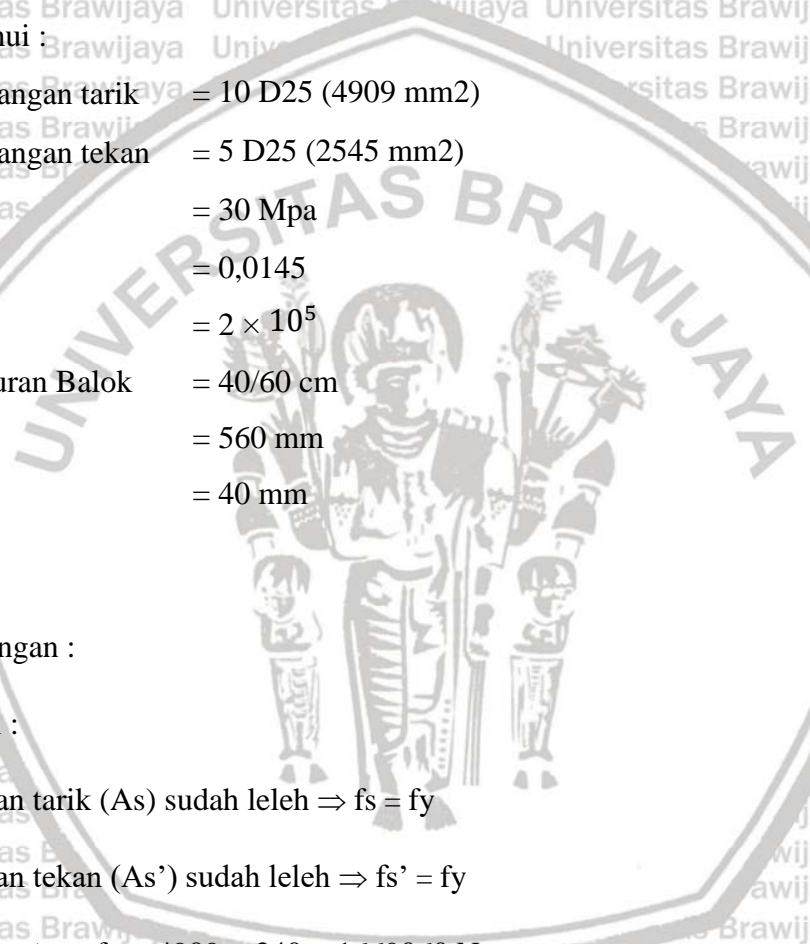
$$T = As \times f_y = 4909 \times 340 = 1669060 \text{ N}$$

$$C_s = As' \times f_y = 2545 \times 340 = 835720 \text{ N}$$

$$C_c = 0,85 \times f'_c \times b_e \times a$$

$$= 0,85 \times 30 \times 400 \times a$$

$$= 10200 a$$



Keseimbangan gaya :

$$C_c + C_s = T$$

$$10200 + 835720 = 1669060$$

$$a = 81.70 \text{ mm}$$

$$c = \frac{a}{0,85} = \frac{81,70}{0,85} = 96,12$$

Kontrol Tegangan :

Tulangan Tarik

$$f_s = \epsilon_s \times E_s$$

$$= 0,0145 \times \left(\frac{d-c}{c}\right) \times 200000$$

$$= 0,0145 \times \left(\frac{560-96,12}{96,12}\right) \times 200000$$

$$= 2895,7160 > f_y \text{ (340 Mpa) sesuai dengan asumsi}$$

Tulangan Tekan

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

$$= 0,0018 \times \left(\frac{c-d'}{c}\right) \times 200000$$

$$= 0,0018 \times \left(\frac{96,12-40}{96,12}\right) \times 200000$$

$$= 350,3059 > f_y \text{ (340 Mpa) sesuai dengan asumsi}$$

$$M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$= 4909 \times 340 \times \left(560 - \frac{81,70}{2}\right)$$

$$= 866492499 \text{ Nmm} = 86649,2499 \text{ kgm}$$

$$= 86649,2499 \text{ kgm} > M_u = 63319 \text{ kgm OK!}$$



Analisa Tulangan Lapangan

MU lapangan = 34679,75

Perhitungan lebar efektif (be) :

Berdasarkan SK SNI 2847:2019 :

Lebar efektif balok T tidak lebih besar dan diambil nilai terkecil dari :

$$\begin{aligned} B_w + 1/12 \times \text{bentang balok} &= 400 + (1/12 \times 8000) \\ &= 1066,6667\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_w + 6 \times hf &= 400 + (6 \times 120) \\ &= 1120 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_w + 1/2 \text{ jarak bersih antar balok} &= 400 + (0,5 \times (8000-400)) \\ &= 4200 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka diambil lebar efektif (be) yang terkecil yaitu = 1066,6667 mm

$$\begin{aligned} \text{MR (Momen tahanan)} &= \phi \times 0,85 \times f_c' \times b_e \times h_f \times (d - h_f / 2) \\ &= 0,8 \times 0,85 \times 30 \times 1066,6667 \times 120 \times (560 - 120/2) \\ &= 1305600040,8 \text{ Nmm} \\ &= 130560,0040 \text{ Kgm} > 34679,75 \end{aligned}$$

MR > Mulap → T-Persegi

$$p_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{340} = 0,00412$$

$$\begin{aligned} p_{\max} &= 0,75 \times p_b \\ &= 0,75 \times \frac{(0,85 \times \beta_1 \times f_c')}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= 0,75 \times \frac{(0,85 \times 0,85 \times 30)}{340} \times \frac{600}{600 + 340} \\ &= 0,03052 \end{aligned}$$



$$Rn = \frac{Mn}{\psi \times b \times d^2}$$

$$= \frac{34679,75 \times 0,8 \times 1000000}{400 \times 560^2}$$

$$= 3,4558 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times 340} = \frac{340}{0,85 \times 30} = 13,3333$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right]$$

$$= \frac{1}{13,3333} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 13,3333 \times 3,4558}{340}} \right]$$

$$= 0,01097$$

$\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$, yang digunakan $\rho = 0,01097$

$$As = \rho \times b \times d = 0,01097 \times 400 \times 560 = 2456 \text{ mm}^2$$

$$As' = 0,5 \times As = 0,5 \times 2456 = 1228,1705 \text{ mm}^2$$

Diperolehnya nilai As dan As' , maka jumlah tulangan atas dan bawah yang digunakan adalah sebagai berikut :

Tulangan tarik : 6 D25 (2945 mm²)

Tulangan tekan : 3 D25 (1473 mm²)

Kontrol Momen Kapasitas Penampang

Diketahui :

- Tulangan tarik = 6 D25 (2945 mm²)

- Tulangan tekan = 3 D25 (1473 mm²)

- $f'_c = 30 \text{ Mpa}$

- $\epsilon_s = 0,02610$

- $E_s = 2 \times 10^5$

- Ukuran Balok = 40/60 cm

- $d = 560 \text{ mm}$

- $d' = 40 \text{ mm}$

Perhitungan :

Asumsi :

Tulangan tarik (A_s) sudah leleh $\Rightarrow f_s = f_y$

Tulangan tekan (A_s') sudah leleh $\Rightarrow f_s' = f_y$

$$T = A_s \times f_y = 2945 \times 340 = 1001300 \text{ N}$$

$$C_s = A_s' \times f_y = 1473 \times 340 = 500820 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} C_c &= 0,85 \times f'_c \times b_e \times a \\ &= 0,85 \times 30 \times 400 \times a = 10200 a \end{aligned}$$

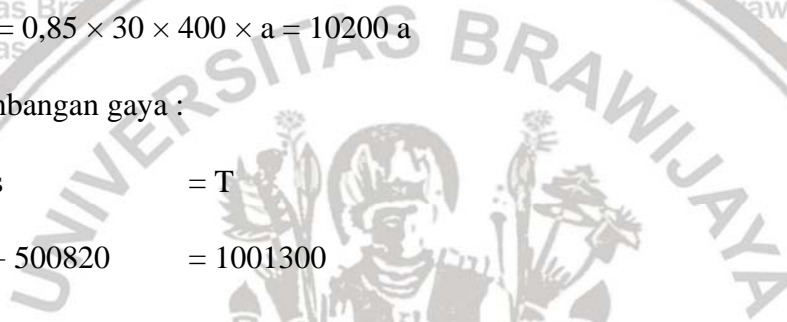
Kesetimbangan gaya :

$$\begin{aligned} C_c + C_s &= T \\ 10200 + 500820 &= 1001300 \\ a &= 49,067 \text{ mm} \\ c &= \frac{a}{0,85} = \frac{49,067}{0,85} = 57,725 > d' \end{aligned}$$

Kontrol Tegangan :

Tulangan Tarik

$$\begin{aligned} f_s &= \epsilon_s \times E_s \\ &= 0,003 \times \left(\frac{d-c}{c} \right) \times 200000 \\ &= 0,003 \times \left(\frac{560-57,725}{57,725} \right) \times 200000 \\ &= 5220,6521 > f_y \text{ (340 Mpa) sesuai dengan asumsi} \end{aligned}$$



Tulangan Tekan

$$\begin{aligned}
 f_s' &= \epsilon_s' \times E_s \\
 &= 0,003 \times \left(\frac{c-d'}{c}\right) \times 200000 \\
 &= 0,003 \times \left(\frac{57,725-40}{57,725}\right) \times 200000 \\
 &= 179,52322 < f_y = 340 \text{ Mpa (tulangan tekan belum leleh)}
 \end{aligned}$$

Karena tulangan tekan tidak sesuai dengan asumsi (tulangan tekan belum leleh)

maka perhitungan ulang dengan asumsi baru.

Asumsi ke-2 :

Tulangan tarik (As) sudah leleh $\Rightarrow f_s = f_y$

Tulangan tekan (As') belum leleh $\Rightarrow f_s' = \epsilon_s' \times E_s$

$$\epsilon_s' = \epsilon_c \times \left(\frac{c-d'}{c}\right)$$

Kesetimbangan gaya :

$$C_c + C_s = T$$

$$0,85 \times f'_c \times b_e \times a \times A_s' \times f'_s = A_s \times f_y$$

$$0,85 \times f'_c \times b_e \times a \times A_s' \times \epsilon_c \times \frac{\frac{a-d'}{a}}{0,85} E_s = A_s \times f_y$$

$$0,85 \times 30 \times 400 \times a \times 1473 \times 0,003 \times \frac{\frac{a-d'}{a}}{0,85} \times 200000 = A_s \times f_y$$

$$0,85 \times 30 \times 400 \times a \times 1473 \times 0,003 \times \frac{\frac{a-d'}{a}}{0,85} \times 200000 = 2945 \times 340$$

$$10200a \times 883800 - \frac{29959322}{a} = 1001300$$

$$10200a^2 \times 883800 - 29959322 = 1001300a$$

$$10200a^2 \times 117500 - 29959322 = 0$$

$$a_1 = 54,1955$$

$$a_2 = -42,6755$$

$$a = 54,1955$$

$$c = \frac{a}{0,85} = \frac{54,1955}{0,85} = 63,7549$$

4.4.2 Penulangan Geser Balok 1 (40 x 60)

Setelah dianalisis menggunakan software SAP2000 v20 didapatkan gaya geser maksimum.

$$V_u \text{ maksimum} = 25036,54 \text{ kg}$$

Syarat untuk kebutuhan tulang geser : $V_n > V_c$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times bw \times d$$

$$= \frac{1}{6} \times \sqrt{30} \times 400 \times 560$$

$$= 204483,0881 \text{ N} = 20448,30881 \text{ kg}$$

$$\phi = 0,75 \text{ (Faktor reduksi untuk geser)}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{25036,54}{0,75} = 33382,053 \text{ kg}$$

$$V_n = 33382,053 \text{ kg} > V_c = 20448,30881 \text{ kg} \text{ (perlu tulangan geser)}$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_s = V_n - V_c = 33382,053 - 20448,30881 = 12933,7442 \text{ kg}$$

$$V_s < \left(\frac{2 \times \sqrt{f'c}}{3} \right) bw \times d$$

$$12933,7442 < \left(\frac{2 \times \sqrt{30}}{3} \right) 400 \times 560$$

$$12933,7442 < 817932,3 \text{ OK!}$$

Maka digunakan tulangan geser praktis (Sengkang) $\phi 8$ ($A_v = 100 \text{ mm}^2$)

Jarak Sengkang maksimum :

$$V_s = \left(\frac{A_v \times f_y \times d}{s} \right)$$

$$12933,7442 = \left(\frac{100 \times 240 \times 560}{s} \right)$$

$$s = 1127,6 \text{ mm}$$

$$1/3 \times b_w \times d \times \sqrt{f'_c} = 1/3 \times 400 \times 560 \times \sqrt{30}$$

$$= 408966,17 \text{ N}$$

$$= 40896,62 \text{ kg}$$

$$V_s = 12933,7442 \text{ kg} < 40896,62 \text{ kg}$$

Maka digunakan tulangan geser (Sengkang) $\phi 8-200$.

4.5 Perencanaan dan Analisis Kekuatan Kolom

4.5.1 Perencanaan Kolom K1 (70×70)

Setelah dianalisis menggunakan software SAP2000 v20 diperoleh momen maksimum

(+) sebesar 89938,81 kgm dan momen maksimum (-) sebesar 89852,99 kgm. Berikut

adalah data yang tersedia untuk perencanaan kolom K1 :

• **Data Kolom** :

$$b = 700 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm}$$

$$d = 660 \text{ mm}$$

$$L = 4000 \text{ mm} = 4 \text{ m}$$

$$P_u = 546387,48 \text{ kg} = 5463874,8 \text{ N}$$

$$M_A = 89852,99 \text{ kgm}$$

$$M_B = 89938,81 \text{ kgm}$$

• **Data Balok :**

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

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

$$d' = 40 \text{ mm}$$

$$d = 560$$

$$L1 = 8000 \text{ mm} = 8 \text{ m}$$

$$L2 = 4000 \text{ mm} = 4 \text{ m}$$

• **Data Material :**

$$f'c = 30 \text{ MPa}$$

$$fy = 340 \text{ MPa}$$

$$Ec = 4700 \sqrt{f'c} = 4700 \sqrt{30} = 25742,96 \text{ MPa}$$

Setelah memperoleh data-data untuk merencanakan kolom K1 (70×70), kemudian lanjut ke perhitungan perencanaan kolom K1 (70×70) sebagai berikut :

• **Menghitung Kekakuan Kolom**

$$I_{g \text{ kolom}} = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_{g \text{ kolom}} = \frac{1}{12} \times 700 \times 700^3$$

$$I_{g \text{ kolom}} = 20008333333 \text{ mm}^3$$

$$\beta_D = \frac{\text{Momen beban mati rencana}}{\text{momen total rencana}}$$

$$\beta_D = \frac{89852,99}{89938,81}$$

$$\beta_D = 0,999045796 < 1$$

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{0,4 Ec I_g}{1+\beta_D} = \frac{0,4 \times 25742,96 \times 20008333333}{1+0,999045796}$$

$$= 1,03 \times 10^{14} \text{ N/mm}^2$$



• Menghitung Kekakuan Balok

- $I_{g \text{ balok}} = \frac{1}{12} \times b \times h^3$
- $I_{g \text{ balok}} = \frac{1}{12} \times 400 \times 600^3$
- $I_{g \text{ balok}} = 7200000000 \text{ mm}^3$
- $EI_{\text{balok}} = E_c \times I_{g \text{ balok}}$
- $= 25742,96 \times 7200000000$
- $= 1,85 \times 10^{14} \text{ N/mm}^2$

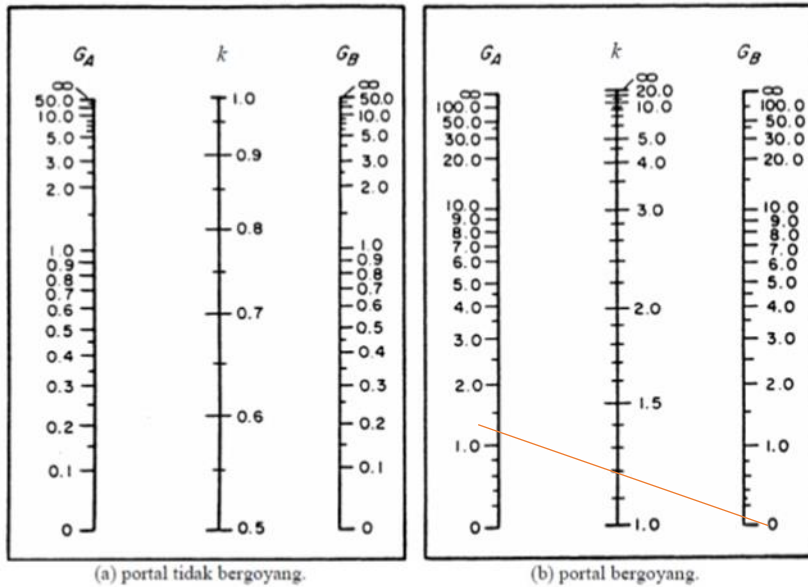
• Perhitungan G

$$G_{\text{atas}} = \frac{\sum \frac{EI}{L_k}}{\sum \frac{EI}{L_b}} = \frac{2 \times \frac{1,03 \times 10^{14}}{4000}}{\frac{1,85 \times 10^{14}}{8000} + \frac{1,85 \times 10^{14}}{4000}}$$

$$G_{\text{atas}} = 0,74140311$$

$$G_{\text{bawah}} = 0 \text{ (jepit)}$$

Nomogram



Berdasarkan nomogram factor Panjang efektif diperoleh $k = 1,2$



• **Cek Kelangsingan Kolom**

$$\begin{aligned}
 kLu &= k \times Lk \\
 &= 1,2 \times 4000 \\
 &= 4800 \text{ mm} \\
 r &= 0,3 \times h \\
 &= 0,3 \times 700 \\
 &= 210 \text{ mm} \\
 kLu/r &= \frac{4800}{210} = 22,85714286 \\
 kLu/r &= 22,85714286 > 22 \rightarrow \text{kolom langsing}
 \end{aligned}$$

• **Pembesaran Momen**

$$\begin{aligned}
 P_c &= \frac{\pi^2 \times EI_k}{(kLu)^2} \\
 P_c &= \frac{\pi^2 \times 1,03 \times 10^{14}}{(4800)^2} \\
 P_c &= 44184857,03 \text{ N} \\
 \delta_s &= \frac{1}{1 - \frac{P_u}{0,65} \times P_c} \\
 &= \frac{1}{1 - \frac{5445539,8}{0,65} \times 44184857,03} \\
 &= 1,2339690374 \geq 1 \rightarrow \text{Terjadi pembesaran momen} \\
 M_c &= M_{1ns} + \delta_s \times M_u \\
 &= 89852990 + 1,2339690374 \times 89938810 \\
 &= 20083469,605 \text{ Nmm} \rightarrow 20083,4696 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

• **Penulangan kolom**

Rasio tulangan : $\rho = 4\% \rightarrow 4$ sisi

$$\rho = \rho' = 1\%$$

$$A_g = 700 \times 700 = 490000 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 0,01 \times b \times d$$

$$= 0,01 \times 700 \times 660$$

$$= 4620 \text{ mm}^2$$

Dicoba :



$$\text{Tulangan tarik} = 10\text{-D}25 \rightarrow A_s = 4909 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan} = 10\text{-D}25 \rightarrow A_s' = 4909 \text{ mm}^2$$

• **Cek Keadaan Imbang**

$$c_b = \frac{600 \times d}{600 + f_y} = \frac{600 \times 660}{600 + 340} = 421,2765 \text{ mm}$$

$$f's = \frac{600 \times (c_b - d')}{c_b} = \frac{600 \times (421,2765 - 40)}{421,2765} = 543,0302$$

$f_y (=340) < f's (=543,0302)$ (tulangan tekan sudah leleh)

maka digunakan $f's = f_y$

$$a_b = 0,85 \times c_b$$

$$= 0,85 \times 421,2765 = 358,0850 \text{ cm}$$

$$P_{nb} = 0,85 \times f'_c \times a_b \times b \times A_s' \times f's - A_s' \times f_y$$

$$= 0,85 \times 30 \times 358,0850 \times 700$$

$$= 639181,725 \text{ N}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \times 639181,725$$

$$= 4154681,213 \text{ N} < P_u = 546387,48 \rightarrow \text{kolom mengalami runtuh tekan}$$

• **Cek Penampang Kolom**

$\rho = \rho'$ maka,

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{20083469,605}{546387,48} = 36,7 \text{ mm}$$

$$P_n = \frac{A_s' \times f_y}{\frac{e}{d-d'} + 0,5} + \frac{b \times h \times f'_c}{\frac{3 \times h \times e}{d^2} + 1,18}$$

$$= \frac{4620 \times 340}{\frac{36,7}{660-40} + 0,5} + \frac{700 \times 700 \times 30}{\frac{3 \times 700 \times 36,7}{(660^2)} + 1,18}$$

$$= 13847957,9633 \text{ N}$$

$$\phi P_n = 0,65 \times P_n$$

$$= 0,65 \times 13847957,9633 \text{ N}$$

$$= 9001172,6761 > P_u = 546387,48 \rightarrow \text{OK}$$



- **Tulangan Geser**

$$V_u = 21721,11 \text{ kg} = 217211,1 \text{ N}$$

Pemeriksaan kebutuhan tulangan geser

Syarat untuk kebutuhan tulangan geser : $V_n > V_c$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{30} \times b \times d \times \left[1 + \frac{N_u}{14A_g} \right]$$

$$= \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 700 \times 700 \times \left[1 + \frac{217211,1}{14 \times 700 \times 700} \right]$$

$$= 461470,0194 \text{ N} = 46147,0019 \text{ kg}$$

$$V_n = \frac{21721,11}{0,6}$$

$$= 36201,85 \text{ kg} < V_c = 46147,0019 \text{ kg} \rightarrow \text{menggunakan tulangan geser praktis}$$

Digunakan tulangan geser (Sengkang) $\phi 8-200$

4.5.2 Perencanaan Kolom K2 (65×65)

Setelah dianalisis menggunakan software SAP2000 v20 diperoleh momen maksimum (+) sebesar 30669,96 kgm dan momen maksimum (-) sebesar 30337,69 kgm. Berikut adalah data yang tersedia untuk perencanaan kolom K2 :

- **Data Kolom :**

$$b = 650 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm}$$

$$d' = 40 \text{ mm}$$

$$d = 560 \text{ mm}$$

$$L = 4000 \text{ mm} = 4 \text{ m}$$

$$P_u = 185269,82 \text{ kg} = 1852698,2 \text{ N}$$

$$M_A = 30337,69 \text{ kgm}$$

$$M_B = 30669,9 \text{ kgm}$$

- **Data Balok :**

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

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

$$d' = 40 \text{ mm}$$

$$d = 560$$

$$L1 = 8000 \text{ mm} = 8 \text{ m}$$

$$L2 = 4000 \text{ mm} = 4 \text{ m}$$

• **Data Material :**

$$f'c = 30 \text{ MPa}$$

$$fy = 340 \text{ MPa}$$

$$Ec = 4700 \sqrt{f'c} = 4700 \sqrt{30} = 25742,96 \text{ MPa}$$

Setelah memperoleh data-data untuk merencanakan kolom K2 (65×65), kemudian lanjut ke perhitungan perencanaan kolom K2 (65×65) sebagai berikut :

• **Menghitung Kekakuan Kolom**

$$I_{g \text{ kolom}} = \frac{1}{12} \times b \times h^3$$

$$I_{g \text{ kolom}} = \frac{1}{12} \times 650 \times 650^3$$

$$I_{g \text{ kolom}} = 14875520833,3334 \text{ mm}^4$$

$$\beta_D = \frac{\text{Momen beban mati rencana}}{\text{momen total rencana}}$$

$$\beta_D = \frac{30337,69}{30669,9}$$

$$\beta_D = 0,989166272 < 1 \rightarrow \text{OK!}$$

$$EI_{\text{kolom}} = \frac{0,4 Ec I_g}{1 + \beta_D} = \frac{0,4 \times 25742,96 \times 14875520833,3334}{1 + 0,989166272}$$

$$= 7,70 \times 10^{13} \text{ N/mm}^2$$

• **Menghitung Kekakuan Balok**

• $I_{g \text{ balok}} = \frac{1}{12} \times b \times h^3$

• $I_{g \text{ balok}} = \frac{1}{12} \times 400 \times 600^3$

• $I_{g \text{ balok}} = 10004166667 \text{ mm}^3$

• $EI_{\text{balok}} = Ec \times I_{g \text{ balok}}$



$$= 25742,96 \times 10004166667$$

$$= 2,57 \times 10^{14} \text{ N/mm}^2$$

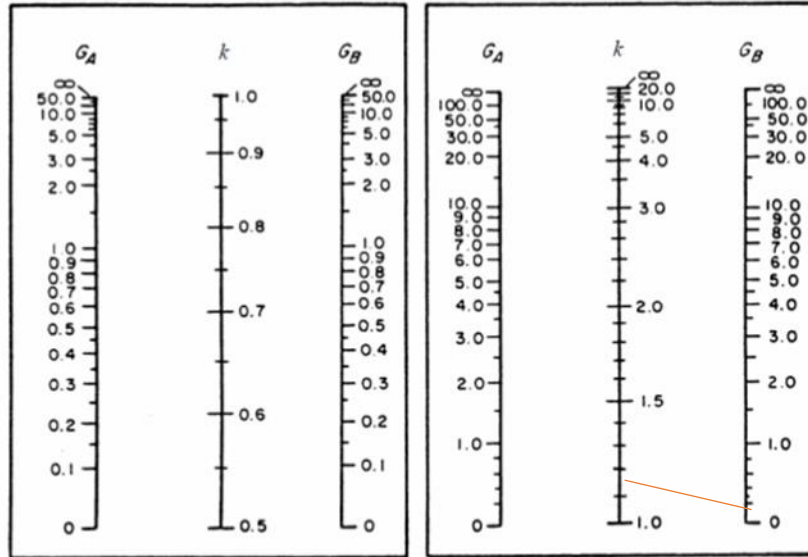
• **Perhitungan G**

$$G_{\text{atas}} = \frac{\sum \frac{EI}{Lk}}{\sum \frac{EI}{Lb}} = \frac{2 \times \frac{7,70 \times 10^{13}}{4000}}{\frac{2,57 \times 10^{14}}{8000} + \frac{2,57 \times 10^{14}}{4000}}$$

$$G_{\text{atas}} = 0,39867491$$

$$G_{\text{bawah}} = 0 \text{ (jepit)}$$

Nomogram



(a) portal tidak bergoyang.

(b) portal bergoyang.

Berdasarkan nomogram factor Panjang efektif diperoleh $k = 1,04$

• **Cek Kelangsingan Kolom**

$$kL_u = k \times L_k$$

$$= 1,04 \times 4000$$

$$= 4160 \text{ mm}$$

$$r = 0,3 \times h$$

$$= 0,3 \times 650$$

$$= 195 \text{ mm}$$

$$\frac{kL_u}{r} = \frac{4160}{195} = 21,3333$$

$$\frac{kL_u}{r} = 21,3333 > 22 \rightarrow \text{kolom tidak langsing}$$



• **Penulangan kolom**

Rasio tulangan : $\rho = 4\% \rightarrow 4$ sisi

$$\rho = \rho' = 1\%$$

$$A_g = 650 \times 650 = 422500 \text{ mm}^2$$

$$A_s = A_s' = 0,01 \times b \times d$$

$$= 0,01 \times 650 \times 610$$

$$= 3965 \text{ mm}^2$$

Dicoba :

$$\text{Tulangan tarik} = 9\text{-D25} \rightarrow A_s = 4418 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan} = 9\text{-D25} \rightarrow A_s' = 4418 \text{ mm}^2$$

• **Cek Keadaan Imbang**

$$c_b = \frac{600 \times d}{600 + f_y} = \frac{600 \times 610}{600 + 340} = 389,3617021 \text{ mm}$$

$$f'_s = \frac{600 \times (c_b - d')}{c_b} = \frac{600 \times (389,3617021 - 40)}{389,3617021} = 538,3606557$$

$f_y (=340) < f'_s (=532,8571)$ (**tulangan tekan sudah leleh**)

maka digunakan $f'_s = f_y$

$$a_b = 0,85 \times c_b$$

$$= 0,85 \times 389,3617021 = 330,9574468 \text{ cm}$$

$$P_{nb} = 0,85 \times f'_c \times a_b \times b \times A_s' \times f'_s - A_s' \times f_y$$

$$= 0,85 \times 30 \times 330,9574468 \times 600$$

$$= 5485619,681 \text{ N}$$

$$\phi P_{nb} = 0,65 \times 5485619,681$$

$$= 3021587,1621 \text{ N} < P_u = 54638,748 \rightarrow \text{kolom mengalami runtuh tekan}$$

• **Cek Penampang Kolom**

$\rho = \rho'$ maka,

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{6448990,427}{185269,82} = 34,8 \text{ mm}$$

$$P_{ntas} = \frac{A_s' \times f_y}{e + 0,5} + \frac{b \times h \times f'_c}{(a^2) + 1,18}$$





$$= \frac{3360 \times 340}{560 - 40} + 0,5 + \frac{600 \times 600 \times 30}{(560^2)} + 1,18$$

$$= 7885438,761 \text{ N}$$

$$\phi P_n = 0,65 \times P_n$$

$$= 0,65 \times 7885438,761 \text{ N}$$

$$= 3565652,79 \text{ N} > P_u = 3479113,40 \rightarrow \text{OK!}$$

- **Tulangan Geser**

$$V_u = 18929,96 \text{ kg} = 189299,6 \text{ N}$$

Pemeriksaan kebutuhan tulangan geser

Syarat untuk kebutuhan tulangan geser : $V_n > V_c$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{30} \times b \times d \times \left[1 + \frac{N_u}{14A_g} \right]$$

$$= \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 650 \times 650 \times \left[1 + \frac{189299,6}{14 \times 650 \times 650} \right]$$

$$= 398031,26055 \text{ N} = 39803,12605 \text{ kg}$$

$$V_n = \frac{13923,43}{0,6}$$

$$= 36201,85 \text{ kg} < V_c = 39803,12605 \text{ kg} \rightarrow \text{menggunakan tulangan geser}$$

praktis

Digunakan tulangan geser (Senggang) $\phi 8-200$

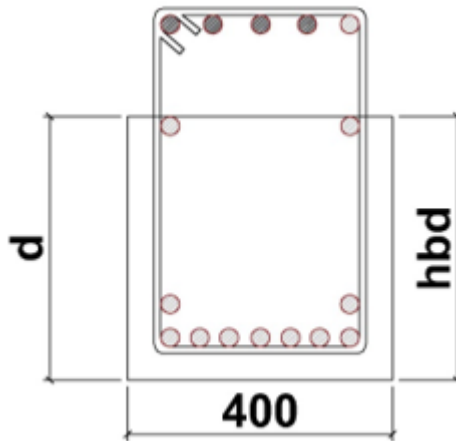
4.6 Perhitungan Balok Pracetak

Dalam perhitungan balok pracetak (*precast*) dibagi menjadi 2 tahapan, yaitu sebagai berikut :

- Perhitungan balok pracetak sebelum cor penuh dengan dimensi balok pracetak 400 mm x 600 mm
- Perhitungan balok pracetak setelah cor penuh dengan dimesi balok pracetak 400 mm x 400 mm

4.6.1 Balok Pracetak Sebelum Cor Penuh

Pada saat pemasangan balok pracetak (precast) sebelum dilakukannya cor penuh akan mengalami beban dari berat sendiri balok.



Gambar 4. 14 balok pracetak sebelum cor penuh

Beban yang bekerja pada balok induk atau balok utama

Berat balok (berat sendiri)

$$\begin{aligned} q_d &= B_j \text{ beton} \times b \times h \\ &= 2,4 \times 0,4 \times 0,4 \\ &= 0,384 \text{ t/m} \end{aligned}$$

Momen maksimal yang terjadi pada balok induk dengan bentang

$$\begin{aligned} L &= 8 \text{ m} \\ M_u &= \frac{1}{8} \times q_d \times L^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 0,384 \times 8^2 \\ &= 3,04 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$M_u = 3040000 \text{ Nmm}$$

Tulangan lentur balok induk

6-D25 Maka menggunakan As total = 2945 mm²

$$T = Cc/a$$

$$As \times fy = f'c \times 0,5 \times b \times y$$

$$2945 \times 340 = 30 \times 0,5 \times 400 \times y$$

$$y = 166,8833$$

$$Mn = T \left(d - \frac{y}{2} \right)$$

Untuk mendapatkan nilai d (tebal efektif minimum)

$$3040000 = 1001300 (d - 166,8833/2)$$

Maka didapat nilai dmin 121 mm

$$H_{ba}' = h_{ba} - h_{pelat} = 600 - 1200 = 480 \text{ mm}$$

Cek tebal efektif balok induk :

$$d = 400 - 40 - 0,5 \times 25$$

$$= 347,5 \text{ mm} > 120 \text{ dmin OK!}$$

Analisa dan desain penampang balok induk pracetak (*precast*) dengan dimensi 400 × 400

mm asumsi tulangan lentur balok induk.

6-D25 Maka menggunakan As total = 2945 mm²

Kapasitas momen penampang (Mn)

$$Mn = T(d - y/2)$$

$$= 1001300 (347,5 - 236/2)$$

$$= 229798350 \text{ Nmm} > Mu = 3040000 \text{ Nmm OK!}$$



Cek lendutan (mm)

$$\delta = \frac{5xqdxLxLxLxL}{384 x EI} = \frac{5x384x8000^4}{384 x 25742,96 x 400 x 400^3} = 30,7 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \delta_{ijin} &= L/240 \\ &= 8000/240 \\ &= 33,3333 \text{ mm} > 30,7 \text{ OK!} \end{aligned}$$

Analisa Tegangan Penampang Nilai tegangan ijin :

$$f_c \text{ ijin} = 0,33 x f^c = 0,33 x 30 = 9,9 \text{ MPa}$$

$$f_s \text{ ijin} = 0,58 x f_y = 0,58 x 340 = 197,2 \text{ MPa}$$

Balok induk sebelum cor penuh

$$\begin{aligned} \sigma &= \pm Mu x \frac{y}{I_{pracetak}} \\ \sigma_c &= - 3040000 \frac{166,8833}{\frac{1}{12} x 400 x 400^3} \\ &= -0,2378 \text{ Mpa} < f_c \text{ ijin OK!} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_s &= 3040000 \frac{400-166,8833}{\frac{1}{12} x 400 x 400^3} \\ &= 0,3321 \text{ Mpa} < f_s \text{ ijin OK!} \end{aligned}$$

4.6.2 Balok Pracetak Setelah Cor Penuh

Menghitung tegangan pada tengah bentang

Momen yang terjadi pada tengah bentang balok

$$Mu = 34679,75 \text{ kgm} = 34679750 \text{ Nmm}$$

$$I_{comp} = 1/12 x 400 x 600^3 = 7200000000 \text{ mm}^4$$

Menghitung nilai y

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

$$A_s = 2945 \text{ mm}^2$$

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

$$T = C_c$$

$$A_s \times f_y = 0,85 \times f'_c \times 0,5 \times b \times y$$

$$2945 \times 340 = 0,85 \times 30 \times 0,5 \times 400 \times y$$

$$y = 196,3333$$

menghitung tegangan pada penampang balok setelah cor penuh

$$\sigma = \pm \text{Mu} \times \frac{y}{I_{comp}}$$

$$\sigma_c' = -34679750 \times \frac{196,3333}{7200000000} = -9,4566 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_s' = 34679750 \times \frac{400 - 196,3333}{7200000000} = 9,8098 \text{ Mpa}$$

Resultan tegangan

$$f \text{ atas} = -9,4566 \text{ Mpa} < 9,9 f_c \text{ ijin OK!}$$

$$f_A = \sigma_c$$

$$= -0,2378 \text{ Mpa} < 9,9 f_c \text{ ijin OK!}$$

$$f_s = \sigma_s + \sigma_s'$$

$$= 0,3321 + 9,8098 = 10,1419 \text{ MPa} < 197,2 f_s \text{ ijin OK!}$$

Menghitung tegangan yang terjadi pada ujung bentang

Momen yang terjadi pada ujung bentang balok

$$\text{Mu} = -63319 \text{ kgm} = 63319000 \text{ Nmm}$$

$$I_{comp} = 1/12 \times 400 \times 600^3 = 7200000000 \text{ mm}^4$$

Menghitung nilai y

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

$$A_s = 2945 \text{ mm}^2$$

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

$$T = C_c$$

$$A_s \times f_y = 0,85 \times f'_c \times 0,5 \times b \times y$$

$$2945 \times 340 = 0,85 \times 30 \times 0,5 \times 400 \times y$$

$$y = 196,3333$$

menghitung tegangan pada penampang balok setelah cor penuh

$$\sigma = \pm Mu \times \frac{y}{I_{comp}}$$

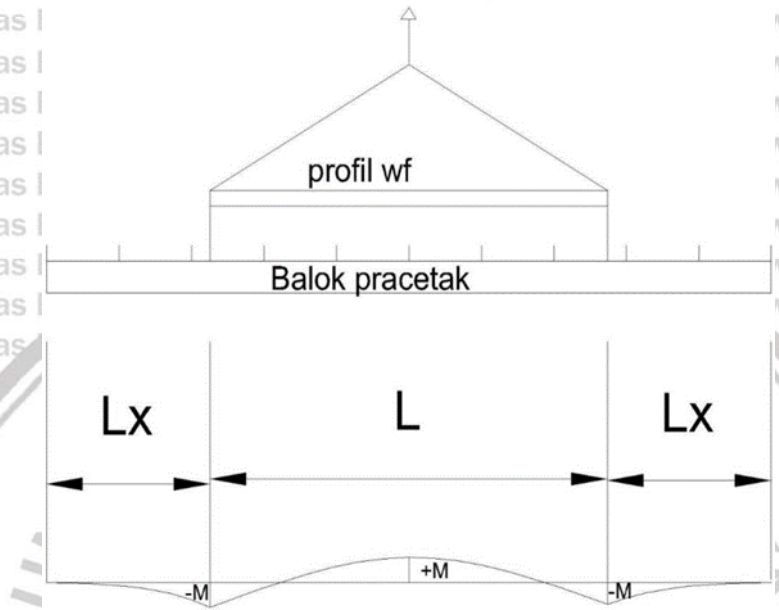
$$\sigma_c = -63319000 \times \frac{196,3333}{7200000000} = -17,2661 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_s = 63319000 \times \frac{400 - 196,3333}{7200000000} = 17,9110 \text{ Mpa}$$



4.7 Analisa Balok Pracetak Saat Pengangkatan

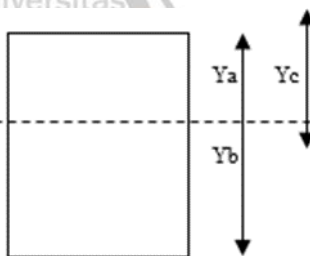
Balok pracetak (*precast*) diangkat dengan menggunakan alat berat berupa *tower crane* yang dimana diangkat dengan menggunakan dua titik angkat. Analisa pada kondisi ini perlu dikontrol pada saat pengangkatan terjadi.



Gambar 4. 15 Model struktur balok pracetak (*precast*) pada saat pengangkatan

Analisa balok pracetak (*precast*) pada saat pengangkatan

Dimensi balok pracetak (40/40) L= 8 m



Dimana:

$$+M = \frac{WL^2}{8} \times (1 - 4X) + \frac{4Yc}{L \times \text{tg}\theta}$$

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2}$$

$$X = \left(\frac{4Yc}{L \times tg\theta} \right) / \left(2x \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Ya}{Yb} \left(1 + \frac{4Yc}{L \times tg\theta} \right)} \right) \right)$$

Balok induk (40 / 40)

$$L = 8$$

$$Yt = yb = \frac{40}{2} = 20 \text{ cm}$$

$$I = \frac{1}{12} \times 40 \times 40^3 = 213333,3 \text{ cm}^4$$

$$Yc = 20 + 8 = 28 \text{ cm}$$

$$X = \frac{\left(1 + \frac{4 \times Yc}{L \times tg45} \right)}{\left(2x \left(1 + \sqrt{1 + \frac{Ya}{Yb} \left(1 + \frac{4 \times Yc}{L \times tg45} \right)} \right) \right)}$$

$$X = \frac{\left(1 + \frac{4 \times 28}{800 \times tg45} \right)}{\left(2x \left(1 + \sqrt{1 + \frac{20}{20} \left(1 + \frac{4 \times 28}{800 \times tg45} \right)} \right) \right)} = 0,231 \text{ m}$$

$$X \times L = 0,231 \times 800 = 185,15 \text{ cm} = 1,85 \text{ m}$$

Pembebanan:

$$\text{Balok} = 0,35 \times 0,400 \times 8 \times 2400 = 3072 \text{ kg}$$

$$\text{Balok profil} = 20 \times 8 = 160 \text{ kg}$$

$$W = 3232 \text{ kg}$$

$$k \text{ (Faktor Kejut)} = 1,2$$

$$T \sin \Theta = P = \frac{1,2 \times k \times Wt}{2}$$

$$= \frac{1,2 \times 1,2 \times 3232}{2}$$

$$= 2327,04 \text{ kg}$$

$$T = \frac{2327,04}{\sin 45} = 3290,93 \text{ kg}$$

Tulangan angkat

$$Pu = 3290,93 \text{ kg}$$

$$\sigma \text{ tarik ijin} = \frac{fy}{1,5} = \frac{320}{1,5} = 213,333 \text{ kg/m}^2$$

$$\phi \text{ tulangan angkat} \geq \sqrt{\frac{P_u}{\delta i j i n \times \pi}}$$

$$213,33 \geq 2,215$$

Digunakan tulangan $\phi 16$

Momen yang terjadi:

Pembebanan:

$$\text{Balok} = 0,40 \times 0,40 \times 2400 = 384 \text{ kg/m}$$

$$\text{Balok profil} = 20 \text{ kg/m}$$

$$W = 404 \text{ kg/m}$$

Untuk mengatasi beban kejut akibat pengangkatan balok, momen pengangkatan dikalikan dengan faktor akibat pengangkatan balok sebesar 1,2:

Momen lapangan yang terjadi:

$$\begin{aligned} +M &= \frac{WL^2}{8} \left(1 - 4X + \frac{4Yc}{Lx \text{ tg}\theta} \right) 1,2 \\ &= \frac{404 \times 8^2}{8} \left(1 - 4 \times 0,23 + \frac{4 \times 0,28}{8 \times \text{tg}45} \right) 1,2 = 830,955 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Tegangan yang terjadi:

$$F = \frac{M}{Wt} = \frac{8309550}{\frac{1}{6} \times 40 \times 40^2} = 0,779 \text{ Mpa}$$

$$F_r = 0,7 \times \sqrt{f'c} = 0,7 \times \sqrt{30} = 3,834 \text{ Mpa}$$

$$F < F_r \quad \text{OK!}$$

Momen tumpuan yang terjadi:

$$-M = \frac{WX^2L^2}{2} \times 1,2$$

$$= \frac{402 \times 0,23^2 \times 8^2}{2} \times 1,2$$

$$= 830,955 \text{ kgm}$$

Tegangan yang terjadi

$$F = \frac{M}{Wt} = \frac{8309550}{\frac{1}{6} \times 40 \times 40^2} = 0,779 \text{ Mpa}$$

$$F_r = 0,7 \times \sqrt{f'c} = 0,7 \times \sqrt{30} = 3,8344 \text{ Mpa}$$

$$F < F_r \quad \text{OK!}$$

4.8 Perencanaan Sambungan Beton Pracetak (*precast*)

Desain pada sambungan yang dipakai pada beton pracetak adalah sambungan basah dengan menggunakan metode pracetak tanpa penahan, sehingga tumpuan balok dianggap sendi (momen pada sambungan balok-kolom dianggap 0) Ketika menahan beban sendiri dari balok pracetak (*precast*). Pada saat sambungan telah mengeras dan diberi gaya luar sambungan tersebut menjadi tumpuan jepit (memiliki momen pada sambungan balok-kolom).

4.8.1 Panjang Penyaluran Tulangan

Berdasar Surat Keputusan SNI T-15-1991-03 menyatakan bahwa panjang penyaluran tulangan untuk D-36 dan lebih kecil adalah:

$$l_{db} = 0,02 A_b \times f_y / \sqrt{f'_c}$$

Dengan syarat harus kurang dari $0,06 \times d_b \times f_y$

Dimana:

l_{db} = Panjang penyaluran tulangan (mm)

A_b = Luas tulangan (mm^2)

d_b = Diameter tulangan (mm)

Data Perhitungan:

Menggunakan balok ukuran 400 x 400 mm dengan tulangan D-25

f_y (tegangan leleh baja) = 340 Mpa

f'_c (kuat tekan beton) = 30 Mpa

α (faktor lokasi penulangan) = 1

β (faktor pelapis) = 1

γ (faktor ukuran batang tulangan) = 0,8

λ (faktor berat beton) = 1

$d_b C$ = 25 mm

faktor selimut beton = 0,7

faktor sengkang = 0,8

Menentukan Ld (tulangan kondisi tarik)

$$Ld = \frac{12 \times fy \times \alpha \times \beta \times \lambda \times db}{25 \times \sqrt{f'c}} = \frac{12 \times 340 \times 1 \times 1 \times 1 \times 25}{25 \times \sqrt{30}} = 744,9026 \text{ mm}$$

Ld > 300 mm, maka menggunakan Ld sebesar 744,9026 mm

Menentukan Ldb (tulangan kondisi tekan)

$$Ldb = \frac{db \times fy}{4 \times \sqrt{f'c}} = \frac{25 \times 340}{4 \times \sqrt{30}} = 387,9701 \text{ mm}$$

Ldb > 200 mm, maka menggunakan Ldb sebesar 387,9701 mm

Menentukan Ldh (tulangan berkait dalam kondisi tarik)

$$Ldh = \frac{100 \times db}{\sqrt{f'c}} = \frac{100 \times 25}{\sqrt{30}} = 456,435 \text{ mm}$$

Ldh harus dikalikan dengan faktor selimut beton dan faktor sengkang

$$Ldh = 0,7 \times 0,8 \times 456,435 = 255,604 \text{ mm}$$

Ldh > 150 mm, maka menggunakan Ldh sebesar 255,604 mm

4.9 Analisa Sambungan Balok Kolom Pracetak

4.9.1 Analisa Sambungan Balok-Kolom Tengah

Jumlah tulangan yang mengalami tekan 3 D25 (1473 mm²)

$$Ag = As = 1473 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{Ag \times 1,25 \times fy}{0,85 \times f'c \times b}$$

$$= \frac{1473 \times 1,25 \times 340}{0,85 \times 30 \times 400}$$

$$= 61,375 \text{ mm}$$

$$Mn = As \times fy \times (d-a/2)$$

$$= 1473 \times 340 \times (560 - 61,375/2)$$

$$= 265091037 \text{ Nmm} = 265,09 \text{ kNm}$$

Jumlah tulangan yang mengalami tarik, 6 D25 (2945 mm²)

$$Ag = As = 2945 \text{ mm}^2$$



$$a = \frac{Ag \times 1,25 \times fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{2945 \times 1,25 \times 340}{0,85 \times 30 \times 400} = 122,7083 \text{ mm}$$

$$Mn^+ = As \times fy \times (d-a/2) = 2945 \times 340 \times (560 - 122,7083/2) = 499294089,605 \text{ Nmm} = 499,294 \text{ kNm}$$

$$Mu = \frac{Mn^- + Mn^+}{2} = \frac{265,09 + 499,294}{2} = 392,192 \text{ kNm}$$

$Mu = 392,192 \text{ kNm} < Mn \text{ max} = 499,294 \text{ kNm} \dots \text{OK!}$

$$Vh = \frac{2 \times Mu}{\frac{L}{2}} = \frac{2 \times 392,192}{\frac{8}{2}} = 191,0960 \text{ kN}$$

$$T1 \text{ (10-D25)} = As \times 1,25 \times fy = 4909 \times 1,25 \times 340 = 2086325 \text{ N} = 2086,3 \text{ kN}$$

$$T2 \text{ (10-D25)} = As \times 1,25 \times fy = 4909 \times 1,25 \times 340 = 2086325 \text{ N} = 2086,3 \text{ kN}$$

Gaya geser yang terjadi

$$V = T1 + T2 - Vh = 2086,3 + 2086,3 - 191,0960 = 3981,5094 \text{ Kn}$$

Kuat geser nominal

$$\phi Vc = 0,75 \times 1,7 \times Aj \times \sqrt{f'c} = 0,75 \times 1,7 \times (700 \times 700) \times \sqrt{30} = 3992896,6780 \text{ N} = 3992,89 \text{ kN}$$

$\phi Vc = 3992,89 \text{ kN} > V = 3981,5094 \text{ kN}$ (Sambungan Aman)





4.9.2 Analisa Sambungan Balok-Kolom Pinggir

Jumlah tulangan yang mengalami Tarik 10 D25 (4909 mm²)

$$A_g = A_s = 4909 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_g \times 1,25 \times f_y}{0,85 \times f'c \times b}$$

$$= \frac{4909 \times 1,25 \times 340}{0,85 \times 30 \times 400} = 204,5416 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s \times f_y \times (d - a/2)$$

$$= 4418 \times 340 \times (560 - 204,5416/2)$$

$$= 687564185,904 \text{ Nmm} = 687,56 \text{ kNm}$$

$$M_u = \frac{M_n}{2}$$

$$= \frac{265,09}{2} = 132,545 \text{ kNm}$$

$$132,545 \text{ Mu} < 687,56 \text{ Mn} \dots \text{OK!}$$

$$V_h = \frac{2 \times M_u}{\frac{L}{2}}$$

$$= \frac{2 \times 132,545}{\frac{8}{2}}$$

$$= 66,2725 \text{ kN}$$

$$T_1 \text{ (9-D25)} = A_s \times 1,25 \times f_y$$

$$= 4418 \times 1,25 \times 340$$

$$= 1877650 \text{ N} = 1877,6 \text{ kN}$$

Gaya geser yang terjadi

$$V = T_1 - V_h$$

$$= 1877,6 - 66,2725$$

$$= 1810,7275 \text{ kN}$$

Kuat geser nominal

$$\phi V_c = 0,75 \times 1,7 \times A_j \times \sqrt{f'c}$$

$$= 0,75 \times 1,7 \times (650 \times 650) \times \sqrt{30}$$

$$= 2950512,9519 \text{ N} = 2950,51 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 2950,51 \text{ kN} > V = 1810,7275 \text{ kN} \text{ (Sambungan Aman)}$$

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukannya analisis perencanaan pada sambungan balok-kolom menggunakan sistem balok pracetak (*precast*) pada gedung RSUD dr. Soewandhie Surabaya, analisis perencanaan ini dilakukan secara manual dengan bantuan *software* SAP 2000 v20, didapatkan hasil dari analisis pada gedung RSUD dr. Soewandhie Surabaya sebagai berikut :

- a. Dari hasil analisis perencanaan pada balok-kolom menggunakan sistem pracetak sebelum cor penuh dengan beban yang dipikul oleh balok tersebut merupakan beban sendiri dari balok. Saat pengangkatan balok menunjukkan bahwa jarak tumpuan saat pengangkatan sejauh 1,85 m dari tepi balok. balok induk pracetak yang berukuran 40/40 dengan tulangan lentur yang mengalami tarik yaitu 6-D25 dan tulangan yang mengalami tekan yaitu 3-D25 serta sengkang \varnothing 8-200 menghasilkan momen tumpuan yang besarnya sama dengan momen lapangan sebesar 830,955 kgm.
- b. Analisis hubungan balok – kolom pracetak baik yang ditengah maupun di pinggir struktur yang dilakukan pada kondisi setelah cor penuh dengan beban yang dipikul merupakan beban mati (D), beban hidup (L) dan beban gempa menunjukkan hasil yang aman terhadap lentur dan geser. Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil analisis kapasitas momen di daerah tengah bentang menunjukkan momen nominal sebesar 499,294 kNm dimana lebih besar dari momen ultimate yang terjadi yaitu sebesar 392,192 kNm dan kuat geser nominal sebesar 3992,89 kN dimana lebih besar dari gaya geser yang terjadi yaitu sebesar 3981,5094 kN, sedangkan hasil analisis sambungan di daerah pinggir bentang menunjukkan momen nominal sebesar 687,56 kNm dimana lebih besar dari momen ultimate yang terjadi yaitu sebesar 132,545 kNm dan kuat geser nominal sebesar 2950,51 kN dimana lebih besar dari gaya geser yang terjadi yaitu sebesar 1810,7275 kN.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis, pembahasan dan kesimpulan diatas, maka penulis bermaksud memberikan saran yang dapat bermanfaat bagi pembaca, yaitu sebagai berikut :

- a. Berkembangnya teknologi kontruksi secara pesat sebanding dengan pembangunan gedung bertingkat yang semakin pesat di Indonesia. Saatnya perkembang di dunia kontruksi dengan pembangunan gedung-gedung bertingkat di Indonesia menggunakan sistem beton pracetak (*precast*) efektif, efisien, dan aman dalam segi kebersihan lahan dan kecepatan waktu pengerjaan.
- b. perlunya pengembangan pengembangan sumber daya manusia, pengembangan teknologi untuk meningkatkan mutu dan kualitas dari beton pracetak di Indonesia.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



DAFTAR PUSTAKA

[BSN] Badan Standardisasi Nasional. 2019. SNI 2847 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Jakarta: BSN

Amstead, B. H., 1993. *Teknologi Mekanik. Terjemahan Sriati Djaprie*. Jilid I edisi 7. Erlangga : Jakarta

[BSN] Badan Standardisasi Nasional., 2019. SNI 1726:2019. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Badan Standardisasi Nasional : Jakarta.

[BSN] Badan Standardisasi Nasional., 2020. SNI 1727:2020. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Badan Standardisasi Nasional : Jakarta.

[BSN] Badan Standardisasi Nasional., 2020. SNI 1729:2020. *Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Badan Standardisasi Nasional : Jakarta.

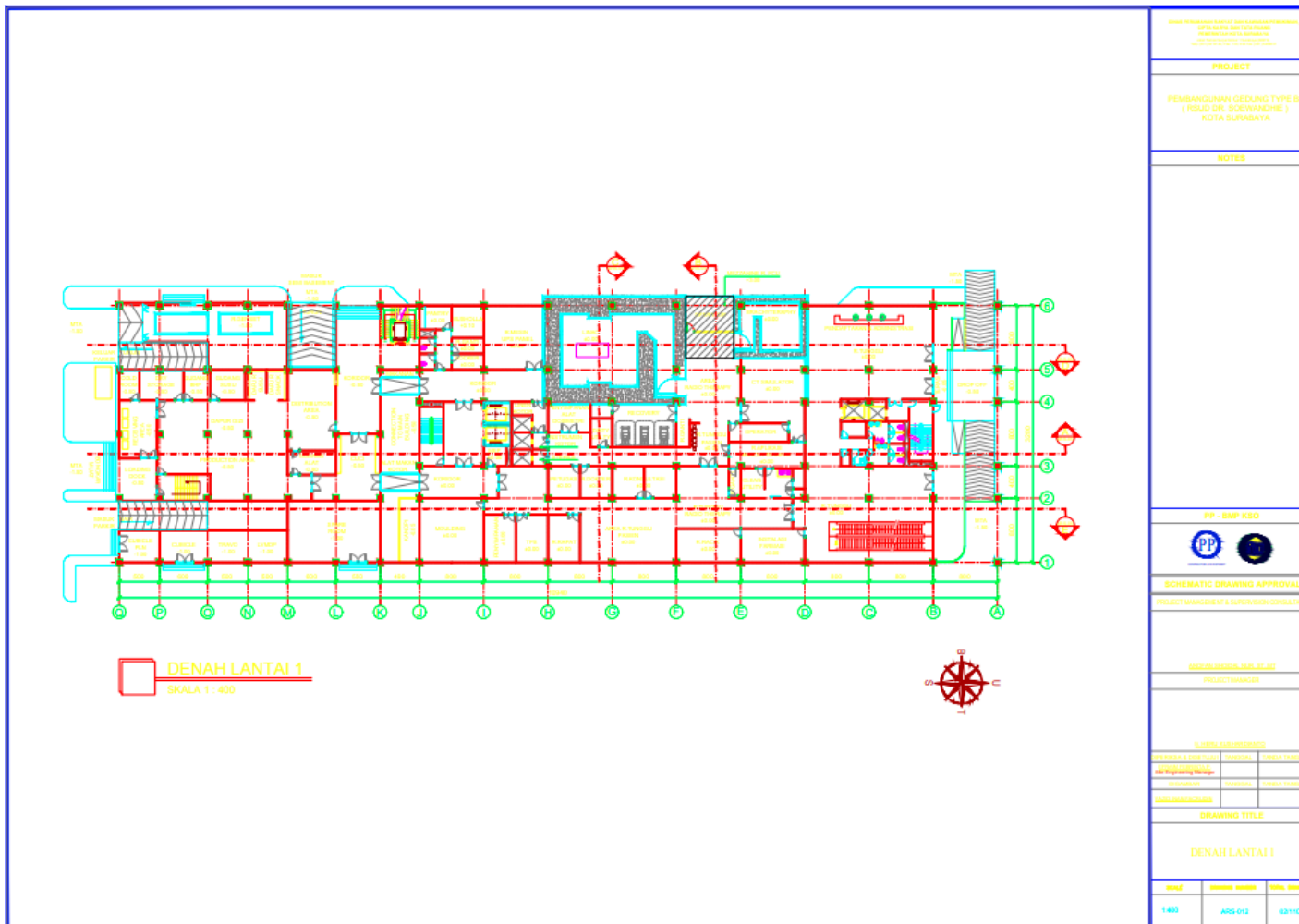
Ervianto. Wulfram I. 2006: *Eksplorasi Teknologi dalam Pracetak Konstruksi: Beton Pracetak & Bekisting*. Yogyakarta: Andi Offset.

Mulyono, T., 2004. *Teknologi Beton*. Andi : Yogyakarta.

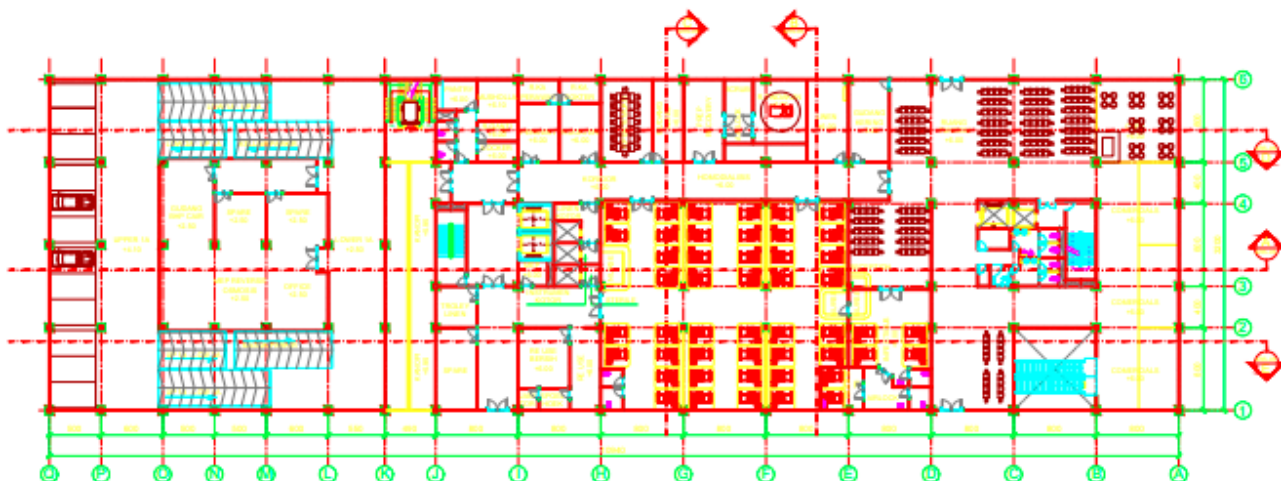
Mulyono, T., 2006. *Teknologi Beton*. Andi : Yogyakarta.

LAMPIRAN

Lampiran Denah Gedung RSUD dr. Mohammad Soewandhie Surabaya

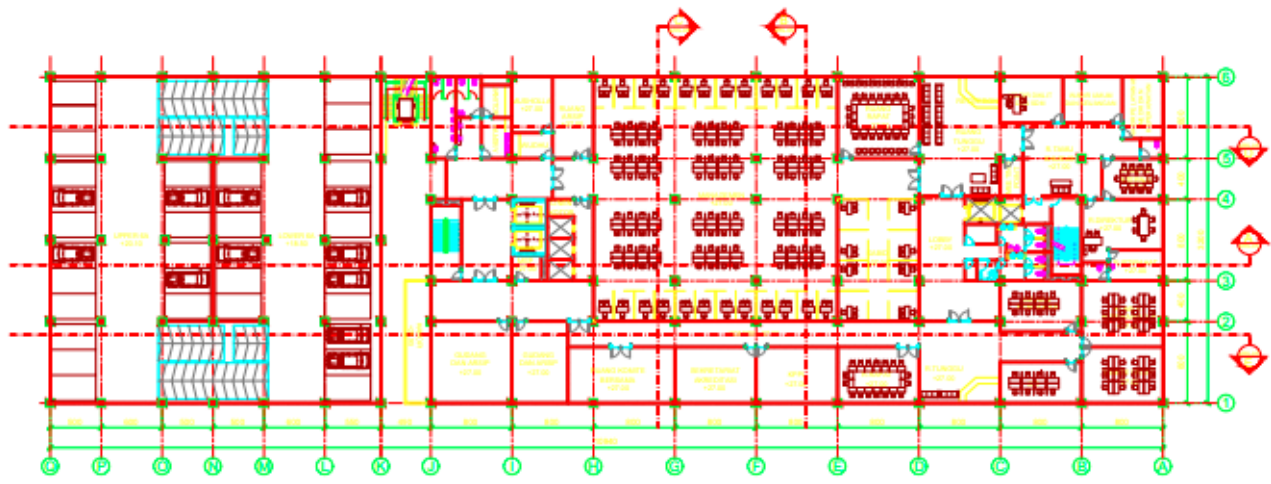


<small>SIKSA PERMITSURUTAN SURAT DAN LAINNYA PERMITSURUTAN SURAT KELOMPOK DAN PERMITSURUTAN PERMITSURUTAN SURAT KELOMPOK PERMITSURUTAN SURAT KELOMPOK</small>		
PROJECT		
PEMBANGUNAN GEDUNG TYPE B1 (RSUD DR. SOEWANDHIE) KOTA SURABAYA		
NOTES		
PP - BAPP KSD 		
SCHEMATIC DRAWING APPROVAL PROJECT MANAGER BY A SUPERVISOR CONSULTANT		
DIGITAL SIGNATURE AND SEAL PROJECT MANAGER		
SUPERVISOR CONSULTANT PROJECT MANAGER		
SUPERVISOR CONSULTANT PROJECT MANAGER		
SUPERVISOR CONSULTANT PROJECT MANAGER		
DRAWING TITLE		
DENAH LANTAI 1		
SCALE	DATE	NO. DRAWING
1:400	AUG 012	02110



DENAH LANTAI 2
SKALA 1 : 400

<small>PT. BRAWIJAYA ENGINEERING & CONSULTING Jl. Raya Brawijaya No. 100 Surabaya 60132 Telp. (031) 8463100 www.brawijayaengineering.com</small>		
PROJECT		
PEMBANGUNAN Gedung TYPE BI (ROLID D/1. SOEWANDIRE) - KOTA SURABAYA		
NOTES		
PP - DDP KSO 		
SCHEMATIC DRAWING APPROVAL		
PROJECT MANAGER & SUPERVISOR/CONSULTANT		
MESTAN SURDIALA, S.T., M.Eng. PROJECT MANAGER		
U. LESTI, S.Eng. PROJECT MANAGER		
DRAWING TITLE		
DENAH LANTAI 2		
NOOF	REVISI	DATE
148	AKS-013	03/10



DENAH LANTAI 7
SKALA 1 : 400

<small>REKAYASA DAN PERENCANAAN SIPIL DAN STRUKTURAL PT. BINA BANGUNAN</small>		
PROJECT		
PEMBANGUNAN GEDUNG TYPE B1 (RSUD DR. SOEWANICHE) KOTA SURABAYA		
NOTES		
PP - SMP KSD 		
SCHEMATIC DRAWING APPROVAL PROJECT MANAGER & SUPERVISOR/CONSULT		
HEAD OF DEPARTMENT PROJECT MANAGER		
CLIENT REPRESENTATIVE		
APPROVAL & CHECK LIST PROJECT MANAGER DATE:	SIGNATURE DATE:	SIGNATURE DATE:
DRAWING TITLE		
DENAH LANTAI 7		
NOOF	REVISI NOOF	REVISI NOOF
1426	AR0108	08/110

