



**REDESAIN STRUKTUR GEDUNG APARTEMEN DAN HOTEL CANDILAND
TOWER B SEMARANG DENGAN *STEEL DECK***

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Sipil S1

Oleh

- 1. Mafrianti Priyatin Irianingsih** NIM.5113412022
- 2. Hafidh Nurul Fajri** NIM.5113412030

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2016

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas akhir dengan judul “Redesain Struktur Gedung Apartemen dan Hotel Candiland Tower B Semarang dengan Steel Deck” telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian skripsi.

Semarang, September 2016

Dosen Pembimbing I



Endah Kanti Pangstuti, S.T., M.T.
NIP. 19720709 199803 2 003

Dosen Pembimbing II



Hanggoro Tri Cahyo A., S.T., M.T.
NIP. 19750529 200501 1 001



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir dengan judul “Redesain Struktur Gedung Apartemen dan Hotel Candiland Tower B Semarang dengan Steel Deck” telah dipertahankan dihadapan sidang Panitia Ujian Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada tanggal 03. bulan ~~Oktober~~..... tahun 2016

Oleh

Nama : Mafrianti Priyatin Irianingsih
NIM : 5113412022
Nama : Hafidh Nurul Fajri
NIM : 5113412030
Program Studi : Teknik Sipil S1

Panitia :

Ketua

Dra. Sri Handayani, MPd
NIP. 19671108 199103 2 0001

Sekretaris

Dr. Rini Kusumawardani S.T., M.T. M.Sc.
NIP. 197809212005012001

Dewan Penguji

Penguji I

Ir. Agung Sutarto, M.T
NIP. 196104081991021001

Penguji II/Pembimbing I

Endah Kanti Pangestuti, S.T., M.T.
NIP. 197207091998032003

Penguji III/Pembimbing II

Hanggoro Tri Cahyo A., S.T., M.T.
NIP. 197505292005011001

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Nur Qudus, M.T

NIP. 19691130 199403 1 001

LEMBAR KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa : 1. Mafrianti Priyatin Irianingsih
2. Hafidh Nurul Fajri
NIM : 1. 5113412022
2. 5113412030
Program Studi : Teknik Sipil S1
Fakultas : Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul "**Redesain Struktur Gedung Apartemen dan Hotel Candiland Tower B Semarang dengan Steel Deck**" ini merupakan hasil karya sendiri, bukan jiplakan dari karya tulis orang lain. Pendapat atau temuan orang lain yang terdapat dalam skripsi ini dikutip atau dirujuk berdasarkan kode etik ilmiah.

Semarang, September 2016


Mafrianti P. Irianingsih


Hafidh Nurul Fajri

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

- Menunda kewajiban dan pekerjaan tentu buka kedisiplinan mengatur waktu
- Prioritaskan apa yang harus bukan apa yang diinginkan.
- Semua yang tidak mungkin adalah mungkin bagi yang percaya
- Jangan hilang keyakinan tetap berdoa dan tetap mencoba
- Jika kesempatan tidak pernah datang, maka buatlah

PERSEMBAHAN

Saya persembahkan karya ini untuk:

1. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu mendoakan akan kesuksesan anaknya
2. Teman – teman yang telah membantu dan mensupport dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
3. Keluarga mahasiswa Teknik Sipil 2012.
4. Almamater Unnes yang selalu aku banggakan.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

REDESAIN APARTEMEN DAN HOTEL CANDILAND TOWER B SEMARANG DENGAN *STEEL DECK*

Mafrianti P. I.¹, Hafidh N. F.², Endah Kanti P³, Hanggoro Tri C. A.⁴

^{1,2} Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri
Semarang (UNNES)

^{3,4} Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri
Semarang (UNNES) Kampus Unnes Gd E4, Semarang 50229,
email: mafrianti@rocketmail.com-hafidhnurulfajri@gmail.com-
endahkp@gmail.com-hangs.geotek@gmail.com

ABSTRAK

Planning building structure must be appropriate with the rule that is made by SNI. Apartement and Hotel of Candiland are buildings of apartement and hotel that is built from 3rd of November 2014 until 3rd of May 2016. In planning building structure, there are method and guide of construction in different rules, one of them is activity of Candiland apartement and hotel that is designed with the precast method and metal system of single and double directions.

The design of apartement and hotel of Candiland Tower B Semarang will be redesigned using steel deck metal. From metal method that is designed firstly by halfslab. Planning steel deck metal system used observing calculation of single direction in the shortest direction of metal and this redesign was based on the new rules, they are (1726:2012) *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*, (SNI 1727:2013) *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, (SNI 2847:2013) *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, and (SNI 2052:2014) *Baja Tulangan Beton*. Calculation of element structure in this design is helped with calculation of SAPv2000 application program (Structure analysis program) and PCA-COL for top structure such as block, coulumn, metal, stair, and friction wall. For bottom structure like foundation, it is helped with AFES V 3.0 program.

The result of this discussion compares how the estimation of building cost in first design and redesign is. It also compares RKS (*Rencana Kerja dan Syarat-syarat*) and how the differences of construction method between halfslab and steeldeck system are. The estimation result of design cost is **1,114,580,540.90** rupiahs, and cost of after redesign using *Harga Satuan Pekerjaan* in edition of March 2016 is **1,737,063,631** rupiahs.

Keyword : *Estimation, Redesigned, Steeldeck*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini. Salawat beserta salam semoga senantiasa terlimpah curahkan kepada Nabi Muhammad SAW, kepada keluarganya, para sahabatnya, hingga kepada umatnya hingga akhir zaman, amin. Penulisan Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana pada Program Teknik sipil S1 Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Judul yang penulis ajukan adalah **“Redesain Struktur Gedung Apartemen dan Hotel Candiland Tower B Semarang dengan Steel Deck”**.

Dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dukungan, serta do'a baik secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis dengan senang hati menyampaikan terima kasih kepada yang terhormat :

1. Dr. Nur Qudus, M.T. Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Dra. Sri Handayani, M.Pd. Sebagai Kepala Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Rini Kusumawardani, S.T, M.T, M.Sc., Ketua Program Studi Teknik Sipil S1 Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
4. Endah Kanthi P, S.T, M.T. dan Hanggoro Tri Cahyo A., S.T., M.T. Sebagai dosen pembimbing. Terimakasih berlimpah penulis aturkan atas semua waktu, bimbingan, saran serta nasihat yang diberikan selama penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Semua dosen dan karyawan di jurusan Teknik Sipil, terimakasih atas ilmu yang diajarkan kepada penulis serta bantuannya.

6. Kedua orang tua, atas jasa-jasanya, kesabaran, do'a, dan tidak pernah lelah dalam mendidik dan memberikan kasih sayang yang tulus dan ikhlas kepada penulis selama hidup.
7. Teman-teman Program Studi Teknik Sipil S1 angkatan 2012, yang telah memberikan motivasi, saran dan masukan kepada penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
8. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semuanya. Di dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis telah berusaha maksimal, walaupun demikian, penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis akan selalu menerima segala bentuk hal baik untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini. Akhirnya, hanya kepada Allah SWT penulis serahkan segalanya, mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi penulis umumnya bagi kita semua.

Semarang, September 2016

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Lembar Persetujuan Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan	iii
Lembar Keaslian Karya Ilmiah	iv
Motto dan Persembahan	v
Abstrak	vi
Kata Pengantar	vii
Daftar isi	ix
Daftar Gambar	xiii
Daftar Tabel	xviii
Daftar Lampiran.....	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan dan Manfaat	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Sistematika Penulisan	5
BAB II STUDI PUSTAKA	7
2.1. Umum	7
2.2. Kriteria Desain Struktur	10
2.3. Pembebanan dan Kombinasinya	13

2.4.	Prosedur Pendesainan Elemen Struktur	19
2.5.	Prosedur Pendesainan Struktur Pondasi	34
BAB III PROSEDUR REDESAIN STRUKTUR		39
3.1.	Tahap Persiapan	39
3.2.	Tahap Pengumpulan Data Redesain	41
3.2.1.	Pengumpulan Gambar Denah, Tampak dan Potongan ..	41
3.2.2.	Pengumpulan Data Penyelidikan Tanah	52
3.2.3.	Pengumpulan Gambar Struktur Eksisting	58
3.3.	Penentuan Denah Struktur	59
3.3.1.	Denah Struktur Eksisting	59
3.3.2.	Denah Struktur Redesain	73
3.4.	Penentuan Beban Mati dan Beban Hidup	81
3.4.1.	Beban Mati dan Hidup Struktur Eksisting	81
3.4.2.	Beban Mati dan Hidup Struktur Redesain	82
3.5.	Penentuan Beban Gempa	83
3.5.1.	Beban Gempa Struktur Eksisting	83
3.5.2.	Beban Gempa Struktur Redesain	94
3.6.	Bagan Alir Redesain Struktur	96
BAB IV REDESAIN STRUKTUR		97
4.1.	Umum	97
4.2.	Permodelan Struktur	98
4.2.1.	Geometri Struktur	98
4.2.2.	Material Elemen	105

4.2.3.	Dimensi Penampang Elemen	106
4.2.4.	Beban dan Kombinasi Pembebanan Yang di Perhitungkan	109
4.3.	Analisis Struktur	116
4.3.1.	Hasil Analisis Struktur Dinamik.....	116
4.3.2.	Deformasi Struktur	127
4.3.3.	Pengecekan terhadap Torsi	133
4.4.	Desain Struktur Atas	146
4.4.1.	Kriteria Desain Struktur	146
4.4.2.	Perhitungan tulangan balok	150
4.4.3.	Perhitungan Tulangan Kolom	163
4.4.4.	Perhitungan Hubungan Balok dan Kolom	167
4.4.5.	Perhitungan Tulangan Tangga	170
4.4.6.	Perhitungan Penulangan Shearwhall	172
4.4.7.	Perhitungan Pelat Lantai Satu Arah dengan <i>Steeldeck</i> ...	174
4.5.	Desain Struktur Bawah	178
4.5.1.	Kriteria Desain Strukur	178
4.5.2.	Perhitungan Penulangan Tie Beam	178
4.5.3.	Perhitungan Kapasitas Dukung Pile	194
4.5.4.	Perhitungan Penulangan Pile Cap	210
4.6.	Gambar DED Struktur	225
4.7.	Perbandingan Desain dan Redesain Gambar DED ruktur Bawah .	225
BAB V MANAJEMEN KONSTRUKSI		226

5.1.	Umum	226
5.2.	Rencana Anggaran Biaya	226
5.2.1.	Rencana Anggaran Biaya Redesain	226
5.2.2.	Rencana Anggaran Biaya Desain Eksisting	229
5.3.	Rencana Kerja dan Syarat (RKS)	230
BAB VI PENUTUP		231
6.1.	Kesimpulan	231
6.2.	Saran	232
Daftar Pustaka		233



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Spektrum respon percepatan elastis struktur pendulum dengan berbagai waktu getar alami dan tingkat damping..	8
Gambar 2.2. Gaya Geser yang Signifikan pada Join	21
Gambar 2.3. Jenis Hubungan Balok-Kolom	21
Gambar 2.4. Diagram Beban Bebas pada Hubungan Balok-Kolom	23
Gambar 2.5. Perhitungan V_u Pada Hubungan Balok-Kolom	23
Gambar 2.6. Persyaratan Ukuran Balok Pengekang	24
Gambar 2.7. Luas Efektif Hubungan Balok-Kolom	25
Gambar 2.8. Standar Kait 90°	26
Gambar 2.9. Mekanisme leleh pada struktur gedung akibat beban gempa ..	28
Gambar 3.1. Tampak Depan Penulangan Pelat Kantilever	39
Gambar 3.2. Denah Lantai MEP 2	42
Gambar 3.3. Denah Semi Basement 3	43
Gambar 3.4. Denah Semi Basement 1	44
Gambar 3.5. Denah Lantai Dasar	45
Gambar 3.6. Denah Lantai 1-2	46
Gambar 3.7. Denah Lantai 16	47
Gambar 3.8. Denah Lantai 17	48
Gambar 3.9. Denah Lantai Fasilitas	49
Gambar 3.10. Tampak A	50

Gambar 3.11. Potongan 5	51
Gambar 3.12. Lokasi Titik-titik Bor Pada Proyek Pembangunan Apartemen dan Condotel Candiland Semarang	55
Gambar 3.13. Bor Log Titik BH.3	56
Gambar 3.14. Bor Log Titik BH.4	57
Gambar 3.15. Denah Pondasi Eksisting	59
Gambar 3.16. Keyplan Struktur Eksisting Balok dan Pelat Lantai MEP 2-1..	60
Gambar 3.17. Keyplan Struktur Eksisting Balok Lantai SB 2	61
Gambar 3.18. Keyplan Struktur Eksisting Balok Lantai SB 1	62
Gambar 3.19. Keyplan Struktur Eksisting Balok Lantai Dasar	63
Gambar 3.20. Keyplan Struktur Eksisting Balok Lantai 01	64
Gambar 3.21. Keyplan Struktur Eksisting Balok Lantai 02-12	65
Gambar 3.22. Keyplan Struktur Eksisting Balok Lantai 13	66
Gambar 3.23. Keyplan Struktur Eksisting Balok Lantai 14	67
Gambar 3.24. Keyplan Struktur Eksisting Balok Lantai 15	68
Gambar 3.25. Keyplan Struktur Eksisting Balok Lantai 16	69
Gambar 3.26. Keyplan Struktur Eksisting Balok Lantai 17	70
Gambar 3.27. Keyplan Struktur Eksisting Balok Lantai Fasilitas	71
Gambar 3.28. Keyplan Struktur Eksisting Balok Lantai Atap	72
Gambar 3.29. Denah Pondasi Redesain	73
Gambar 3.30. Keyplan Redesain Balok dan Pelat MEP 2	74
Gambar 3.31. Keyplan Redesain Balok lantai MEP 1	75
Gambar 3.32. Keyplan Redesain Balok lantai MEP 2.....	76

Gambar 3.33. Keyplan Redesain Balok Lantai SB 3	77
Gambar 3.34. Keyplan Redesain Balok SB2 - Lantai Dasar	78
Gambar 3.35. Keyplan Redesain Balok Lantai 01 - 17	79
Gambar 3.36. Keyplan Redesain Balok Lantai Fasilitas - atap	80
Gambar 3.37. Spektrum Respon Desain	90
Gambar 3.38. Bagan Alir Redesain	96
Gambar 4.1. Denah Balok dan Pelat Eksisting SB 2	99
Gambar 4.2. Denah Balok dan Pelat Redesain SB 2	100
Gambar 4.3. Denah Balok dan Pelat Eksisting Lantai 01	101
Gambar 4.4. Denah Balok dan Pelat Redesain Lantai 01	102
Gambar 4.5. Potongan 1	103
Gambar 4.6. Potongan 2	104
Gambar 4.7. Tampak Depan	100
Gambar 4.8. Spektrum respons desain untuk proyek Hotel dan Apartemen Candiland Semarang	119
Gambar 4.9 Ragam Getar dan Perioda Getar Struktur	130
Gambar 4.10 Ilustrasi ketidakberaturan torsi	134
Gambar 4.11 Titik pengecekan torsi	138
Gambar 4.12. Contoh penentuan simpangan antar lantai	140
Gambar 4.13. Titik pengecekan simpangan	141
Gambar 4.14 Momen M11 eksisting pelat lantai 5	142
Gambar 4.15 Momen M22 eksisting pelat lantai 5	142
Gambar 4.16 Momen M11 redesain pelat lantai 5.....	143

Gambar 4.17 Momen M22 redesain pelat lantai 5	144
Gambar 4.18 Tinjauan Lendutan Pelat Eksisting	146
Gambar 4.19 Tinjauan Lendutan Pelat Eksisting	146
Gambar 4.20. Momen balok B4-30x45 lantai 5	150
Gambar 4.21. Shear balok B2-30x45 lantai 5	151
Gambar 4.22. Kebutuhan tulangan lentur balok B4 30x45	155
Gambar 4.23. Kebutuhan tulangan geser balok B4 30x45	162
Gambar 4.24. Detail Tulangan Balok B4 30x45 lantai 5	163
Gambar 4.25. Interaksi P-M kolom atas K1-60x90 atas	164
Gambar 4.26. Interaksi P-M kolom atas K1-60x90 bawah	165
Gambar 4.27. Detail Penulangan Balok	167
Gambar 4.28. Detail Penulangan Tangga	171
Gambar 4.29. Detail Penulangan <i>shearwall</i>	174
Gambar 4.30. M11 Pelat lantai 425x480 cm lantai 5	176
Gambar 4.31. M22 Pelat lantai 425x480 cm lantai 5	176
Gambar 4.32. Detail Penulangan <i>steeldeck</i>	177
Gambar 4.33. Bentuk analisis tie beam dengan menggunakan program aplikasi PCA-COL	180
Gambar 4.34. Hasil report analisis tie beam pada program aplikasi PCA-COL	181
Gambar 4.35. Penampang Tie Beam AS D3-D4 lantai SB1 simetri ganda	182
Gambar 4.36. Diagram regangan dan tegangan sumbu lemah titik B ...	183

Gambar 4.37. Diagram regangan dan tegangan sumbu lemah titik C ...	184
Gambar 4.38. Diagram regangan dan tegangan pada sumbu kuat titik B..	186
Gambar 4.39. Diagram regangan dan tegangan pada sumbu kuat titik C..	189
Gambar 4.40. Diagram interaksi sumbu lemah dan sumbu kuat Tie Beam portal AS B2; BE-BF lantai SB3	192
Gambar 4.41. Kurva beban penurunan dari uji beban tiang (Tomlinson, 1977)	195
Gambar 4.42. Hasil pembacaan kapasitas dukung tiang	197
Gambar 4.43. Penentuan Q_u dengan metode Davisson (1973)	197
Gambar 4.44. Hasil penentuan Q_u dengan metode Davisson (1973)....	199
Gambar 4.45. Hasil analisis kapasitas dukung tiang vertical menggunakan Allpile	204
Gambar 4.46. Hasil analisis kapasitas dukung tiang horizontal menggunakan Allpile	205
Gambar 4.47. Hubungan ϕ dan N-SPT (Peck et al., 1974)	208
Gambar 4.48. Tahanan lateral ultimit tiang dalam tanah granuler (Broms, 1964b)	210
Gambar 4.49. Tampak atas pondasi PC4 AS BE;B5 lantai SB3	214

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_0 dan Beban Hidup Terpusat Minimum	15
Tabel 2.2. Tebal Minimum Balok Non-Prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung	30
Tabel 2.3. Lendutan Izin Maksimum yang Dihitung	32
Tabel 2.4. Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok Interior	33
Tabel 3.1. Beban Hidup Eksisting Terdistribusi Merata	81
Tabel 3.2. Beban Hidup Redesain Terdistribusi Merata	82
Tabel 3.3. Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Non Gedung untuk Beban Gempa	84
Tabel 3.4. Faktor Keutamaan Gempa	85
Tabel 3.5. Klasifikasi Situs	86
Tabel 3.6. Koefisien Situs, F_a	88
Tabel 3.7. Koefisien Situs, F_v	88
Tabel 3.8. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada perioda Pendek	90
Tabel 3.9. Kategori Desain Seismik Berdasarkan Parameter Respons Percepatan Pada perioda 1 Detik	91
Tabel 3.10. Faktor R , C_d , Ω_0 Untuk Sistem Penahan Gempa	92
Tabel 3.11. Koefisien Untuk Batas Atas Pada Perioda yang Dihitung ..	93

Tabel 3.12. Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan x	93
Tabel 4.1. Mutu Beton Struktur Apartment dan Hotel Candiland	105
Tabel 4.2. Mutu Baja Struktur Apartment dan Hotel Candiland	106
Tabel 4.3. Beban hidup terdistribusi merata	109
Tabel 4.4. Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa	111
Tabel 4.5. Faktor keutamaan gempa (I_e)	114
Tabel 4.6. Kombinasi Pembebanan	115
Tabel 4.7. Perhitungan nilai \bar{N} berdasarkan data Bor Log BH.3 Proyek Apartemen dan Hotel Candiland Semarang.....	117
Tabel 4.8. Hasil Analisis berat Bangunan dari SAPv2000	120
Tabel 4.9. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons Percepatan pada perioda 1 detik	121
Tabel 4.10. Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem penahan gaya gempa.....	123
Tabel 4. 11 Koefisien untuk batas atas pada perioda yang dihitung	124
Tabel 4.12 Nilai parameter perioda pendekatan C_t dan x	124
Tabel 4.13 Modal Load Participation Ratios	127
Tabel 4.14 Perhitungan Pengaruh 85% V_{statik}	128
Tabel 4.15 Periode Modal dan Frekuensi	130
Tabel 4.16 Base Reaction	131
Tabel 4.17 Periode Modal dan Frekuensi	131
Tabel 4.18 Perhitungan 85% V_{Statik} Penampang Utuh	132

Tabel 4.19 Periode Modal dan Frekuensi Penampang Crack	132
Tabel 4.20 Perhitungan 85% VStatik Penampang <i>Crack</i>	132
Tabel 4.21 Cek Persentase Antara <i>Shearwall</i>	133
Tabel 4.22 Torsi Arah X	135
Tabel 4.23 Torsi Arah Y	136
Tabel 4.25 Pengecekan Simpangan Gempa Arah Y	141
Tabel 4.26 Lendutan Izin Maksimum	145
Table 4.27 Data Perhitungan Tulangan Balok	151
Table 4.28 Luas Tulangan Balok	155
Table 4.29 Luas Tulangan Senggang Balok	163
Table 4.30 Data Kolom K1A60x90	164
Table 4.31 Data Shear Wall	172
Table 4.32 Data Pelat Lantai	174
Table 4.33 Beban Pelat Lantai	175
Table 4.34 Spesifikasi <i>Weirmesh</i>	177
Table 4.35 Spesifikasi <i>Steeldeck</i> W1000	177
Tabel 4.36. Hasil interaksi tie beam sumbu lemah dan sumbu kuat ..	192
Tabel 4.37. Hasil pengujian tiang	196
Tabel 4.38 Rangkuman hasil pengujian tiang	200
Tabel 4.39. Nilai SPT untuk perhitungan $Q_{frikasi}$ pada BH-3	201
Tabel 4.40. Nilai SPT untuk perhitungan $Q_{frikasi}$ pada BH-4	202
Tabel 4.41. Nilai-nilai n_h untuk tanah granuler ($c=0$)	
(Hary Christady, 2011)	206

Tabel 4.42 Data pondasi yang perlu diredesain pada lantai MEP dan SB3	213
Tabel 4.43. Koordinat titik pusat ke titik <i>i</i> pondasi PC3	214
Tabel 4.44. Kombinasi beban pada pondasi grup tiang PC3	215
Tabel 4.45. Hasil perhitungan besarnya distribusi beban ke tiang	216
Tabel 4.47. Kombinasi beban terfaktor pada pondasi grup tiang PC4	217
Tabel 4.48. Jarak AS Pondasi terhadap tepi kolom	217
Tabel 4.49 Momen dan Paksial tiang dalam satu pile cap	218
Tabel 5.1. Volume Pekerjaan pada Struktur Redesain	226
Tabel 5.2. Rencana Anggaran Biaya pada Struktur Redesain Lantai 1..	227
Tabel 5.3. Biaya Pekerjaan Struktur per m ² pada Struktur Redesain..	228
Tabel 5.4. Rencana Anggaran Biaya Desain Eksisting	229
Tabel 5.5. Biaya Pekerjaan Struktur per m ² pada Struktur Eksisting ..	230

DAFTAR LAMPIRAN

1. Rencana Kerja dan Syarat-syarat (RKS)
2. Gambar Rencana



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia semakin bertambah khususnya di daerah Semarang. Terutama di pusat kota yang akan menjadi salah satu tempat paling ramai dikunjungi. Sehingga diperlukan adanya peningkatan pembangunan apartement dan hotel di daerah tersebut. Oleh sebab itu PT. Megatama Putra menawarkan sebuah Proyek Pembangunan Apartement dan Hotel Candiland Semarang yang dilaksanakan pembangunannya oleh PT. PP (Persero) Tbk sebagai pemenang tender. Apartement dan Hotel Candiland adalah sebuah bangunan apartement dan hotel yang sedang di bangun mulai tanggal 03 November 2014 sampai 03 Mei 2016. Bangunan ini memiliki tiga tower, yaitu Tower A dan C untuk hotel, dan Tower B untuk Apartement. Lokasi apartement dan hotel yang strategis dan dekat dengan pusat kota menjadi daya tarik pengunjung untuk mengunjungi kota Semarang. Untuk mengimbangi jumlah pengunjung yang semakin bertambah tersebut, maka pembangunan Apartement dan Hotel Candiland diharapkan menjadi salah satu proyek pembangunan yang dapat meningkatkan minat pengunjung di kota Semarang karena lokasinya tidak jauh dari pusat kota di daerah Semarang khususnya di Jalan Diponegoro No 29, Semarang.

Dalam perencanaan struktur gedung tentunya terdapat metode konstruksi dan pedoman pada peraturan yang berbeda-beda, salah satunya pada pekerjaan struktur gedung Apartement dan Hotel Candiland yang didesain dengan metode *precast* dan menggunakan sistem plat satu arah dan dua arah. Sistem penulangann plat satu arah dan dua arah memiliki perbedaan yaitu, pada plat satu arah momen lentur lebih dominan di tahan dalam satu arah saja, maka tulangan pokok di pasang dalam satu arah saja. Sedangkan pada sistem penulangan plat dua arah momen lentur di tahan oleh ke empat sisi sejajar berupa balok dimana plat tersebut menumpu pada ke empat balok

tersebut, sehingga tulangan pokok dipasang dua arah yang saling tegak lurus. Tidak hanya sistem penulangan plat, pada pekerjaan plat lantai proyek ini menggunakan sistem *halfslab*, namun *halfslab* merupakan tipe plat *precast* dengan pengecoran ditempat yang berbeda, sehingga memerlukan peralatan yang memiliki daya angkut yang besar untuk pemasangannya dan dalam pengerjaannya memerlukan banyak perancah dan bekesting yang digunakan. Berdasarkan hal tersebut akan dilakukan redesain menggunakan *steel deck* untuk plat lantai dengan pengecoran langsung di tempat dan menggunakan sistem penulangan plat satu arah. Dengan mengganti sistem penulangan plat dua arah ke satu arah maka untuk perhitungan kebutuhan plat ditinjau dalam satu arah saja. Plat satu arah di tinjau pada bentang terpendek dari plat tersebut, untuk itu akan dilakukan perubahan balok dengan mengganti posisi balok anak, selain itu dengan mengganti posisi balok anak tersebut akan di tinjau juga momen yang terjadi pada plat satu arah tersebut. Dari sistem penulangan plat satu arah tersebut untuk tujuan mempermudah pekerjaan maka akan meredesain sistem *half slab* tersebut dengan *steel deck*. *Steel deck* itu sendiri adalah material yang terbuat dari baja yang dilapisi galvanized yang berbentuk seperti papan namun bergelombang. Fungsi dari *Steel Deck* itu sendiri sebagai pengganti bekesting sementara, karena fungsinya adalah sebagai bekesting permanen, sehingga dalam penggunaan *steel deck* dapat mengurangi penggunaan bekesting dibandingkan dengan *half slab*. Selain itu *steel deck* digunakan sebagai tulangan positif yang nanti akan ditaruh tulangan negatif berupa *warmesh* di atasnya. Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS) yang di buat pada proyek tersebut berpedoman pada Peraturan PBI - 1971 *Peraturan Beton Bertulang Indonesia – 1971*, SKSNI - 1991 *Tatacara Penghitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*.

Bertolak dari latar belakang tersebut maka dalam penulisan Tugas Akhir ini akan dilakukan redesain Tower B pada proyek Apartemen dan Hotel Candiland Semarang menggunakan *Steel deck* dalam penulangan satu arah dan berpedoman pada peraturan 1726:2012 *Tata Cara Perencanaan*

Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1727:2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain, SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 2052:2014 Baja Tulangan Beton.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam meredesain struktur gedung Apartemen dan Hotel Candiland Tower B terdapat beberapa rumusan masalah yang terjadi, diantaranya :

1. Bagaimana meredesain struktur gedung menggunakan *steel deck* dalam penulangan satu arah. Berdasarkan peraturan 1726:2012 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1727:2013 Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain, SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung, SNI 2052:2014 Baja Tulangan Beton.*
2. Bagaimana Momen yang terjadi setelah meredesain pelat dengan penulangan satu arah menggunakan *steel deck*.
3. Bagaimana perbandingan anggaran biaya antara perencanaan struktur gedung Apartemen dan Hotel Candiland Tower B sebelum dan setelah diredesain.
4. Bagaimana Redesain Rencana Kerja dan Syarat (RKS) struktur redesainnya.

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dan manfaat penulisan Tugas Akhir dengan judul “Redesain Gedung Apartemen dan Hotel Candiland Tower B Semarang menggunakan Peraturan Terbaru” adalah

- a. Mengetahui perbedaan metode penulangan plat satu arah dan dua arah.
- b. Mengetahui perbedaan momen pelat lantai eksisting dan redesain

- c. Merencanakan metode pelaksanaan konstruksi serta rencana kerja dan syarat-syarat (RKS) yang baru berdasarkan hasil redesain struktur gedung Apartemen dan Hotel Candiland Tower B
- d. Mengetahui perbedaan Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari hasil perhitungan redesain struktur gedung Apartemen dan Hotel Candiland Tower B.

1.4. Batasan Masalah

Ruang lingkup pembahasan dalam Tugas Akhir ini dibatasi pada :

- a. Struktur Bangunan yang diredesain adalah struktur gedung Apartemen dan Hotel Candiland Tower B yang terdiri dari 17 lantai 3 basement dan 1 dak atap yang berada di jalan Diponegoro no 29, Semarang.
- b. Redesain yang dilakukan adalah pada sistem penulangan dua arah menjadi satu arah menggunakan *steel deck* pada plat lantai.
- c. Peraturan terbaru yang digunakan dalam Tugas Akhir ini, yaitu
 - SNI 1727:2013 tentang *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain,*
 - SNI 2847:2013 tentang *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung,*
 - SNI 2052:2014 tentang *Baja Tulangan Beton,* serta
 - SNI 1726:2012 tentang *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.*

1.5. Sistematika Penulisan

Secara keseluruhan penulisan tugas akhir ini dibagi dalam beberapa bagian agar penulisan tugas akhir ini teratur, sistematis, dan tidak menyimpang maka penulis perlu membuat sistematika penulisan dalam penyusunan tugas akhir ini sebagai berikut :

- a. Bagian awal terdiri dari :
 - Halaman Judul
 - Halaman Pengesahan

- Lembar Persetujuan
 - Surat Pernyataan
 - Motto dan Persembahan
 - Abstrak
 - Kata Pengantar
 - Daftar Isi
 - Daftar Tabel
 - Daftar Gambar
 - Daftar Lampiran
 - Daftar Notasi
- b. Bagian isi terdiri dari :
- **BAB I PENDAHULUAN**
Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, batasan masalah dan sistematika penulisan.
 - **BAB II STUDI PUSTAKA**
Bab ini menjelaskan tentang kriteria gedung serta acuan atau landasan teori yang menjadi dasar analisa meredesain gedung dalam penulisan tugas akhir ini.
 - **BAB III PROSEDUR REDESAIN STRUKTUR**
Bab ini menjelaskan tentang tahapan persiapan, tahap pengumpulan data desain dan redesain, analisis data desain dan redesain, penentuan denah struktur penentuan beban tetap mati dan beban hidup, penentuan beban sementara Gempa, serta bagan alir redesain struktur dalam tugas akhir ini.
 - **BAB IV REDESAIN STRUKTUR**
Bab ini menjelaskan mengenai redesain yang direncanakan dalam tugas akhir ini. Dimana pada bab ini berisi permodelan struktur,

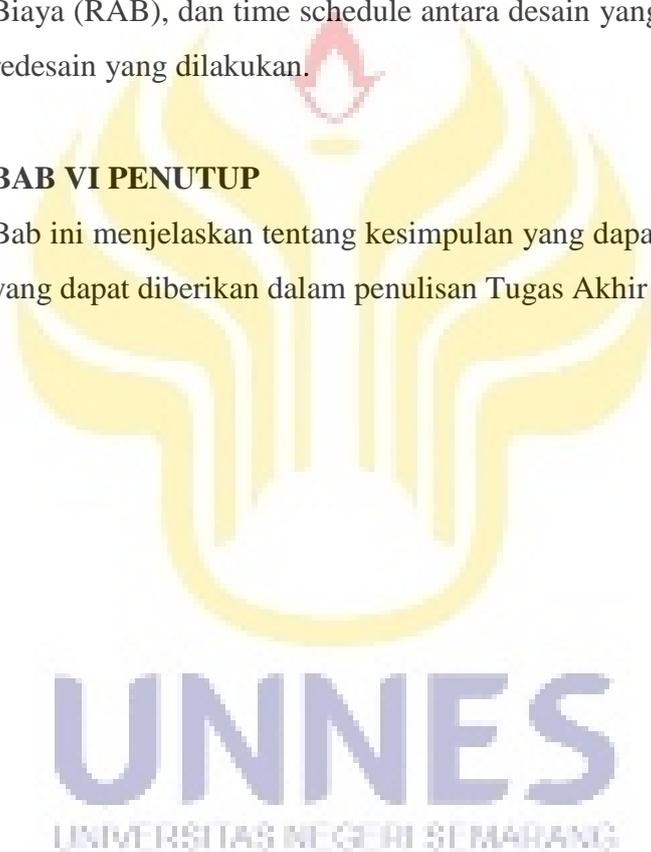
analisa struktur, desain struktur, dan gambar *Detail Engineering Design* (DED) struktur bangunan yang akan diredesain serta perbandingan desain dan redesain gambar DED.

- **BAB V MANAJEMEN KOSTRUKSI**

Bab ini menjelaskan tentang perbandingan metode pelaksanaan konstruksi, rencana kerja dan syarat-syarat (RKS), Rincian Anggaran Biaya (RAB), dan time schedule antara desain yang sudah ada dengan redesain yang dilakukan.

- **BAB VI PENUTUP**

Bab ini menjelaskan tentang kesimpulan yang dapat diambil dan saran yang dapat diberikan dalam penulisan Tugas Akhir ini.



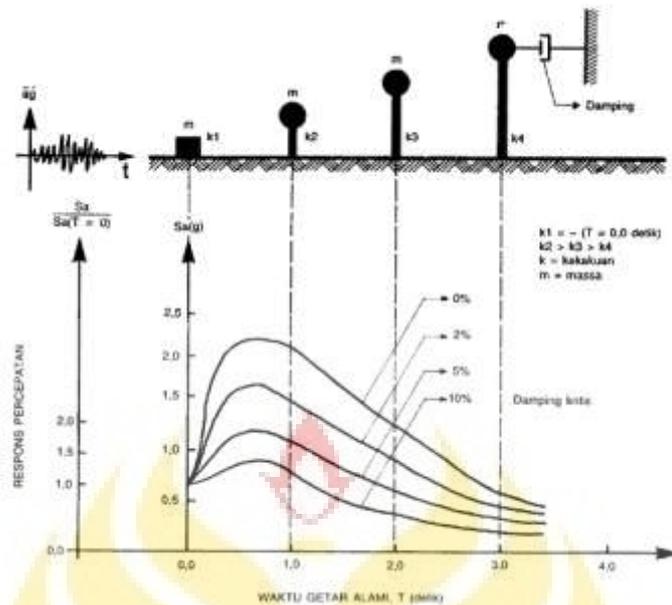
BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1. Umum

Struktur bangunan gedung terdiri dari struktur atas dan bawah. Struktur atas adalah struktur yang berada di atas muka tanah seperti kolom, balok, plat lantai, tangga, dinding geser. Sedangkan struktur bawah adalah struktur yang berada di bawah permukaan tanah, seperti basement dan fondasi. Struktur bangunan gedung harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal sehingga memberikan kekuatan dan kapasitas untuk menahan gaya gempa.

Tak hanya dari faktor kapasitas elemen struktur yang tidak kuat menahan beban saja namun faktor dari alam juga berpengaruh pada kegagalan struktur, seperti pada saat terjadi gempa. Dalam Kusuma dan Andriono (1993) disebutkan bahwa pada saat terjadi gempa struktur mengalami getaran gempa dari lapisan tanah dasar bangunan yang terjadi secara acak sehingga bangunan tersebut bergoyang. Dalam hal ini struktur memberikan respon percepatan yang sama besar dengan respon percepatan gempa pada tanah dibawah bangunan. Namun pada umumnya struktur bangunan memiliki nilai kekuatan lateral yang beraneka ragam dan memiliki waktu getar alami T yang berbeda. Oleh karena itu respon percepatan maksimum struktur tidak selalu sama besar dengan respon percepatan getaran gempa. Dalam gambar 2.1 memperlihatkan percepatan maksimum berbagai struktur yang mengalami getaran tertentu pada suatu tanah.



Gambar 2.1 Spektrum respon percepatan elastis struktur pendulum dengan berbagai waktu getar alami dan tingkat damping

Dalam gambar 2.1 tersebut suatu struktur dapat mengalami gaya inersia beberapa kali lebih besar dari berat bangunannya sendiri (sebesar $1,0 m \cdot g$ dengan $m =$ massa bangunan dan $g =$ percepatan gravitasi). Dengan besarnya gaya inersia gempa yang diterima struktur pada titik pusat massa bangunan. Oleh karena itu telah di terima dalam kenyataan bahwa mendesain struktur yang umum sedemikian kuatnya tidaklah ekonomis, maka struktur tersebut harus berperilaku kuat namun tetap elastis pada saat dilanda gempa yang kuat, sehingga struktur tidak akan rusak.

Oleh karena itu dalam mengatasi kegagalan struktur pada saat gempa pendesainan struktur didesain dengan perencanaan tahan gempa. Dengan langkah perencanaan sebagai berikut :

2.1.1 Langkah Perencanaan

Langkah perencanaan struktur perlu dilakukan seperti pengumpulan informasi perencanaan yang umumnya terdiri dari :

- Deskripsi umum bangunan
- Denah dan sistem struktur bangunan
- Wilayah gempa dimana bangunan berada
- Pembebanan
- Data tanah bangunan berada
- Mutu bahan yang digunakan
- Metoda analisa dan desain struktur
- Standar dan referensi yang dipakai dalam perencanaan

Dalam tahapan ini denah dan konfigurasi bangunan serta sistem strukturnya dikaji apakah telah memenuhi syarat tata letak struktur?, adakah perbedaan kekuatan antar tingkat yang cukup drastis?, dan apakah sistem penahan beban lateral segaris sumbu dari pondasi sampai lantai teratas? Karena itu pemilihan dan penempatan struktur penahan beban lateral harus diperhatikan. Pada langkah perencanaan ini untuk merencanakan struktur dilakukan idealisasi struktur dan dimensi sesuai dengan kebutuhan. Setelah proses idealisasi struktur dan dimensi ditetapkan proses selanjutnya adalah analisis struktur menggunakan perhitungan pada program komputer SAP 2000 guna memperoleh hasil kekuatan struktur yang diberi beban gempa.

2.1.2 Konstruksi Bangunan

Konstruksi bangunan merupakan kerangka pokok fisik bangunan yang dirancang untuk dapat menahan beban-beban bangunan. Dalam konstruksi bangunan terdapat komponen struktur seperti balok, kolom, plat lantai, dan tangga.

2.1.2.1 Kolom

Kolom adalah rangka vertikal dari (*frame*) yang memikul beban dari balok. Kolom dapat diklarifikasikan berdasarkan bentuk dan susunan tulangnya, posisi beban pada penampang, dan panjang kolom dalam hubungannya dengan dimensi lateral.

2.1.2.2 Balok

Balok adalah elemen struktur yang menyalurkan beban-beban dari plat lantai ke kolom penyangga yang vertikal, Pada umumnya elemen balok di cor secara monolit dengan plat lantai. Balok juga berfungsi sebagai pengekang dari struktur kolom.

2.1.2.3 Plat Lantai

Menurut Istimawan (1991), pelat lantai merupakan salah satu komponen struktur konstruksi baik pada gedung maupun jembatan dan biasanya dibangun dengan konstruksi beton bertulang. Berdasarkan perilaku plat lantai dalam bekerja menahan beban, plat lantai dibagi menjadi dua yaitu pelat satu arah (oneway) dan dua arah (two way).

2.1.2.4 Tangga

Tangga adalah sebuah konstruksi yang dirancang untuk menghubungkan dua tingkat vertikal yang memiliki jarak satu sama lain. Tangga yang digunakan dalam konstruksi gedung bertingkat biasanya menggunakan tangga yang terbuat dari beton bertulang.

2.2. Kriteria Desain Struktur

Untuk melakukan analisis maupun desain suatu struktur perlu ditetapkan kriteria yang dapat digunakan sebagai ukuran maupun untuk menentukan apabila struktur tersebut dapat diterima untuk penggunaan yang diinginkan atau untuk maksud desain tertentu. Beberapa kriteria desain struktur menurut Schodeck (1998) adalah sebagai berikut :

2.2.1. Kemampuan Layan (*serviceability*)

Struktur harus mampu memikul beban rancangan secara aman, tanpa kelebihan tegangan pada material dan mempunyai deformasi yang masih dalam daerah yang diizinkan. Kemampuan suatu struktur untuk memikul beban tanpa tanpa ada kelebihan tegangan diperoleh dengan menggunakan faktor keamanan dalam desain elemen struktur. Dengan memilih ukuran serta bentuk elemen struktur dan bahan yang digunakan, taraf tegangan pada struktur dapat ditentukan pada taraf yang dipandang masih dapat diterima secara aman, dan sedemikian hingga kelebihan tegangan pada material (misalnya ditunjukkan dengan adanya

retak) tidak terjadi. Pada dasarnya inilah *kriteria kekuatan* dan merupakan dasar yang sangat penting.

Aspek lain mengenai kemampuan layan suatu struktur adalah mengenai deformasi yang diakibatkan oleh beban, apakah masih dalam batas yang dapat diterima atau tidak. Deformasi berlebihan dapat menyebabkan terjadi kelebihan tegangan pada suatu bagian struktur. Selain itu, karena deformasi berlebihan tampak jelas dengan mata, sering tidak diinginkan terjadi. Perlu diperhatikan bahwa karena struktur berubah bentuk secara berlebihan, tidak berarti struktur tersebut tidak stabil. Defleksi atau deformasi besar dapat diasosiasikan dengan struktur yang tidak aman, tetapi hal ini tidak selalu demikian. Deformasi dikontrol oleh *kekuatan* struktur. Kekakuan sangat bergantung pada jenis, besar, dan distribusi bahan pada struktur. Sering kali diperlukan elemen struktur yang lebih banyak untuk mencapai kekuatan yang diperlukan daripada untuk memenuhi syarat kekuatan struktur.

Berkaitan dengan deformasi, tetapi bukan merupakan fenomena yang sama, adalah *gerakan* pada struktur. Pada banyak situasi, kecepatan dan percepatan aktual struktur yang memikul beban dinamis dapat dirasakan oleh pemakai bangunan, dan dapat menimbulkan rasa tidak nyaman. Salah satu contoh adalah gerakan sehubungan dengan gedung bertingkat banyak yang mengalami beban angin. Untuk itu ada kriteria mengenai kecepatan dan percepatan batas. Kontrol tercapai dengan melalui manipulasi yang melibatkan kekakuan struktur dan karakteristik redaman.

2.2.2. Efisiensi

Kriteria ini mencakup tujuan untuk mendesain struktur yang relatif lebih ekonomis. Indikator yang sering digunakan pada kriteria ini adalah jumlah material yang diperlukan untuk memikul beban yang diberikan dalam ruang pada kondisi dan kendala yang ditentukan. Mungkin saja terjadi bahwa respon struktur yang berbeda-beda terhadap situasi beban yang diberikan akan mempunyai kemampuan layan yang sama. Akan tetapi ini tidak selalu berarti bahwa setiap struktur akan memerlukan material yang sama untuk memberikan kemampuan

layan yang sama. Mungkin terjadi satu solusi akan memerlukan material lebih sedikit dibandingkan dengan yang lain. Penggunaan volume minimum sebagai kriteria adalah salah satu dari berbagai konsep penting bagi arsitek maupun rekayasawan.

2.2.3. Konstruksi

Tinjauan konstruksi juga dapat mempengaruhi pilihan struktural. Sangat mungkin terjadi bahwa perakitan elemen-elemen struktural akan efisiensi apabila materialnya mudah dibuat dan dirakit. Kriteria konstruksi sangat luas, dan termasuk juga kedalamnya tinjauan mengenai banyak serta jenis usaha atau *manpower* yang diperlukan untuk melaksanakan suatu bangunan, juga jenis dan banyak alat yang diperlukan serta lama waktu penyelesaiannya.

Faktor umum yang mempengaruhi kemudahan pelaksanaan suatu fasilitas adalah kerumitan fasilitas tersebut yang dinyatakan dalam banyak bagian yang terlibat dan derajat relatif usaha yang diperlukan untuk merakit bagian-bagian tersebut sehingga menjadi suatu struktur yang utuh. Ukuran, bentuk, serta berat setiap bagian juga penting karena jenis alat yang diperlukan untuk melaksanakannya ditentukan oleh masing-masing. Pada umumnya perakitan yang melibatkan bagian-bagian yang bentuk serta ukurannya mudah dikelola dengan peralatan konstruksi yang tersedia adalah hal yang dikehendaki.

2.2.4. Harga

Harga merupakan suatu faktor yang menentukan dalam pemilihan struktur konsep harga tidak dapat dilepaskan dari dua hal, yaitu efisiensi bahan dan kemudahan pelaksanaan. Harga total suatu struktur sangat bergantung pada banyak dan harga material yang dipakai serta banyak dan upah buruh yang diperlukan untuk melaksanakan suatu fasilitas, juga harga atau biaya alat yang diperlukan selama pelaksanaan. Tentu saja, struktur yang sangat efisien yang tidak sulit dilaksanakan akan merupakan yang paling ekonomis.

2.2.5. Lain-lain

Tentu saja ada berbagai faktor lain yang mempengaruhi pemilihan struktur. Dibandingkan dengan kriteria yang relatif terukur dan objektif yang telah dibahas di atas, banyak faktor tambahan yang relatif lebih subjektif. Yang tidak kurang pentingnya ialah peran struktur karena dalam pandangan arsiteknya struktur merupakan bagian besar dari penampilan bangunan.

2.2.6. Kriteria Berganda

Jarang sekali suatu struktur hanya ditujukan untuk memenuhi salah satu kriteria yang telah dibahas di atas. Konsep *serviceability* (kemampuan layan) dan faktor keamanan yang dilibatkannya, bagaimana pun, merupakan hal yang biasa berlaku pada semua struktur. Dengan demikian, faktor tersebut merupakan tanggung jawab utama seorang perancang struktur.

2.3. Pembebanan dan Kombinasinya

Dalam melakukan analisis desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur serta kombinasi pembebanan tersebut.

2.3.1. Pembebanan Struktur

Beban merupakan gaya atau aksi lainnya yang diperoleh dari berat seluruh bahan bangunan, penghuni, barang-barang yang ada di dalam bangunan gedung, efek lingkungan, selisih perpindahan, dan gaya kekangan akibat perubahan dimensi.

Pembebanan yang dipakai dalam perencanaan ini didasarkan pada SNI 1727:2013 mengenai *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Pembebanan yang diperhitungkan dalam perencanaan ini, diantaranya beban gravitasi (beban mati (DL) dan beban hidup (LL)), dan beban gempa.

a. Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafon, tangga, dinding partisi tetap,

finishing, klading gedung dan komponen arsitektural dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lain termasuk berat keran.

b. Beban hidup (*Live Load*)

Beban hidup merupakan beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Beban hidup dalam perencanaan ini terdiri dari beban hidup terdistribusi merata, beban hidup terpusat, beban pada tangga tetap.

- Beban hidup terdistribusi merata

Beban hidup yang digunakan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lain harus beban maksimum yang diharapkan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan gedung, akan tetapi tidak boleh kurang dari beban merata minimum yang ditetapkan dalam Tabel 2-1.

- Beban hidup terpusat

Lantai, atap, dan permukaan sejenisnya harus dirancang untuk mendukung dengan aman beban hidup terdistribusi merata atau beban terpusat, dalam pound (lb) atau kilonewton (kN) yang tercantum dalam Tabel 2-1, dipilih yang menghasilkan efek beban terbesar. Kecuali ditentukan lain, beban terpusat yang ditunjukkan harus diasumsikan bekerja merata pada daerah seluas 2,5 ft (762 mm) persegi x 2,5 ft (762 mm) dan harus di tempatkan sedemikian rupa sehingga menghasilkan efek beban maksimum dalam komponen struktur.

- Beban pada tangga tetap

Beban hidup rencana minimum pada tangga tetap dengan anak tangga harus merupakan beban terpusat tunggal sebesar 300 lb (1,33 kN), dan harus diterapkan pada setiap titik tertentu untuk menghasilkan efek beban maksimum pada elemen yang ditinjau. Jumlah dan posisi tambahan beban hidup terpusat harus minimum 1 rangkaian 300 lb (1,33 kN) untuk setiap jarak 10 ft (3 048 mm) dari tinggi tangga.

Apabila susunan tangga tetap diperpanjang di atas lantai atau *platform* di bagian atas tangga, setiap sisi perpanjangan susunan harus dirancang untuk menahan beban hidup terpusat sebesar 100 lb (0,445 kN) pada arah sembarang dan tinggi sembarang sampai puncak dari sisi perpanjangan rel. Tangga para-para harus mempunyai beban rencana minimum seperti tangga, sebagaimana didefinisikan dalam Tabel 2-1.

- **Beban hidup atap**

Beban hidup atap merupakan beban pada atap yang diakibatkan (1) pelaksanaan pemeliharaan oleh pekerja, peralatan, dan material dan (2) selama masa layan struktur yang diakibatkan oleh benda bergerak, seperti tanaman atau benda dekorasi kecil yang tidak berhubungan dengan penghunian.

Tabel 2-1 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_0 dan Beban Hidup Terpusat Minimum

<i>Hunian atau penggunaan</i>	<i>Beban Merata kN/m^2</i>	<i>Beban terpusat kN</i>
Apartemen / Rumah tinggal		
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	1,92	
Tangga Rumah tinggal	1,92	
Kantor		
Ruang kantor	2,40	8,9
Ruang komputer	4,79	8,9
Lobi dan koridor lantai pertama	4,79	
Koridor di atas lantai pertama	3,83	
Ruang pertemuan		
Lobi,	4,79	
Kursi dapat dipindahkan,	4,79	
Panggung pertemuan	4,79	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah yang dilayani.	

Jalur untuk akses pemeliharaan	1,92	1,33
Koridor		
Koridor Lantai pertama	4,79	
Koridor Lantai lain sama seperti pelayanan hunian		
Ruang makan dan restoran	4,79	
Rumah Sakit		
Ruang operasi, laboratorium	2,87	4,45
Ruang pasien	1,92	4,45
Koridor diatas lantai pertama	3,83	4,45
Perpustakaan		
Ruang baca	2,87	4,45
Ruang penyimpanan	7,18	4,45
Koridor diatas lantai pertama	3,83	4,45
Pabrik		
Ringan	6,00	8,90
Berat	11,97	13,40
Gedung Perkantoran :		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobi dan koridor lantai pertama	4,79	8,9
Kantor	2,40	8,9
Koridor di atas lantai pertama	3,83	8,9
Lembaga Hukum		
Blok sel	1,92	
Koridor	4,79	
Tempat Rekreasi		
Tempat bowling, kolam renang, dan penggunaan		

yang sama	3,59	
Bangsai dansa dan ruang dansa	4,79	
Gimnasium	4,79	
Tempat menonton baik terbuka atau tertutup	4,79	
Stadium dan tribun/arena dengan tempat duduk Tetap (terikat pada lantai)	2,87	
Sekolah		
Ruang kelas	1,92	4,5
Koridor lantai pertama	4,79	4,5
Koridor di atas lantai pertama	3,83	4,5
Tangga dan jalan keluar	4,79	
Gudang penyimpanan barang		
Ringan	6,00	
Berat	11,97	
Atap		
Atap datar, berbubung, dan lengkung	0,96	
Atap digunakan untuk taman atap	4,79	
Atap yang digunakan untuk tujuan lain		
Sama seperti hunian dilayani		
Semua konstruksi lainnya	0,96	8,9
Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai		
Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi		1,33
Semua komponen struktur atap utama lainnya		1,33
Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan		
Toko Eceran		
Lantai pertama	4,79	4,45

Lantai di atasnya	3,59	4,45
Grosir, di semua lantai	6,00	4,45

c. Beban Gempa

Pengaruh beban gempa, E , harus ditentukan sesuai dengan berikut ini:

Untuk penggunaan dalam kombinasi beban **untuk metoda ultimit** $1.2D+1.0E+L$ atau kombinasi beban **untuk metoda tegangan ijin** $D+0.7E$ dan $D + 0.75(0.7E)+0.75L$ harus ditentukan sesuai dengan Persamaan,
 $E = E_h + E_v$.

Untuk penggunaan dalam kombinasi beban **untuk metoda ultimit** $0.9D+1.0E$ atau kombinasi beban **untuk metoda tegangan ijin** $0.6D+ 0.7E$, E harus ditentukan sesuai dengan Persamaan,
 $E = E_h - E_v$.

E = pengaruh beban gempa;

E_h = pengaruh beban gempa horisontal

E_v = pengaruh beban gempa vertikal

Pengaruh beban gempa horisontal, E_h harus ditentukan sesuai dengan persamaan,

$$E_h = \rho \cdot QE.$$

QE = pengaruh gaya gempa horisontal

ρ = Faktor redundansi

Faktor redundansi, ρ harus dikenakan pada sistem penahan gaya gempa dalam masing-masing kedua arah ortogonal untuk semua struktur. Untuk struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, atau F, ρ harus sama dengan 1,3.

Pengaruh beban gempa vertikal, E_v harus ditentukan sesuai dengan persamaan,

$$E_v = 0.2 S_{DS} \cdot D$$

S_{DS} = parameter percepatan spektrum respons desain pada periode pendek
 D = pengaruh beban mati.

2.3.2. Kombinasi Struktur

Struktur, komponen, dan fondasi harus dirancang sedemikian rupa sehingga kekuatan desainnya sama atau melebihi efek dari beban terfaktor dalam kombinasi berikut:

Sehingga kombinasi beban **untuk metoda ultimit menjadi**

- $(1.2 + 0.2 \cdot S_{DS}) D + 1.0 \rho \cdot QE + L$
- $(0.9 - 0.2 \cdot S_{DS}) D + 1.0 \rho \cdot QE$

Sehingga kombinasi beban **untuk metoda tegangan ijin menjadi**

- $(1 + 0.14 S_{DS}) D + 0.7 \rho \cdot QE$ dan
- $(1 + 0.10 S_{DS}) D + 0.75(0.7 \rho \cdot QE) + 0.75L$
- $(0.6 - 0.14 S_{DS}) D + 0.7 \rho \cdot QE$

2.4. Prosedur Pendesainan Elemen Struktur

Menurut Dewobroto (2005), prosedur pendesainan pada struktur atas pada gedung meliputi perhitungan elemen struktur seperti Balok, Plat, Kolom, dan joint pada balok kolom.

2.4.1. Mendesain Balok Beton Bertulang

SAP 2000 untuk perencanaan penampang balok dapat menghitung dan melaporkan luas tulangan baja perlu terhadap momen lentur dan gaya geser. Tulangan perlu, dihitung pada titik-titik tertentu dari setiap panjang elemen.

Balok didesain terhadap momen dan gaya geser di sumbu mayorsaja. Pada arah sumbu minor, baloknya dianggap menyatu dengan lantai sehingga tidak perlu

dihitung. Jika kenyataan memerlukan perancangan yang mencakup momen arah mayor dan minor, misalnya penampang balok biaksial, maka perlu hitungan tersendiri (di luar program SAP2000). Pada tahap perencanaan penampang dilakukan pendesainan menggunakan SAP2000 sehingga mendapatkan hasil seperti M_u (momen yang terjadi, V_u (gaya geser terfaktor) yang nanti akan digunakan dalam perhitungan.

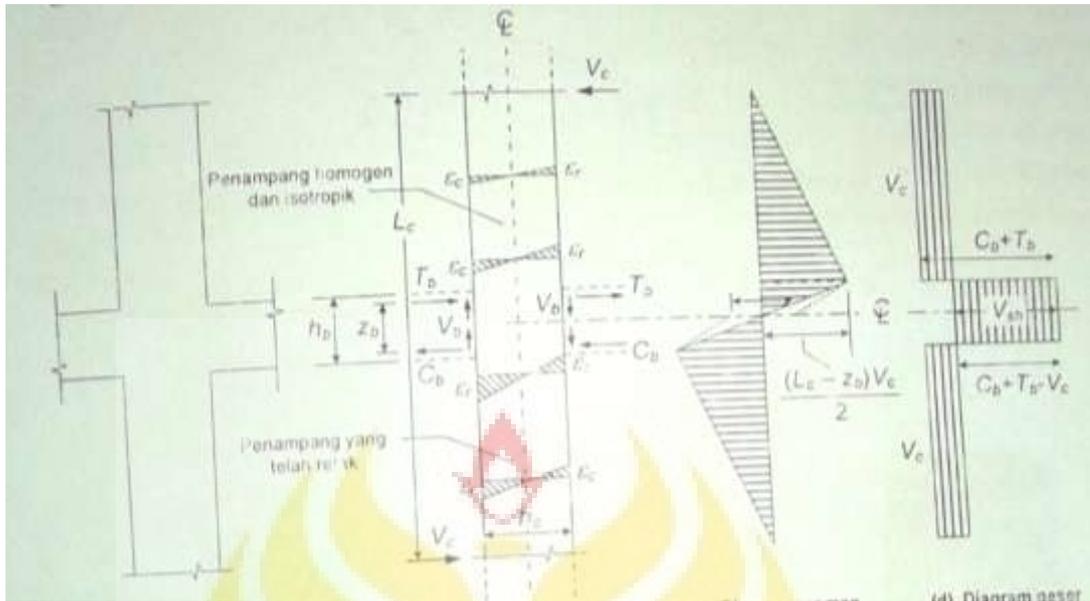
2.4.2. Mendesain Kolom Beton Bertulang

Menurut Dewobroto (2005), untuk melakukan perhitungan dalam menentukan tulangan menggunakan program PCA-COL dengan memasukkan angka P_u , M_x , dan M_y . Pada perhitungan yang dilakukan menggunakan PCA-COL semua kolom yang dihitung terletak pada daerah balance pada grafik yang ditampilkan.

Namun perlu adanya pengecekan pada program PCA-COL tersebut menggunakan program analisa struktur pada komputer dengan mengetahui luas tulangan (A_s) pada SAP dalam melakukan pengecekan secara manual. Adapun penentuan dimensi kolom menggunakan SAP2000 dengan beban P_u yang diperoleh SAP2000

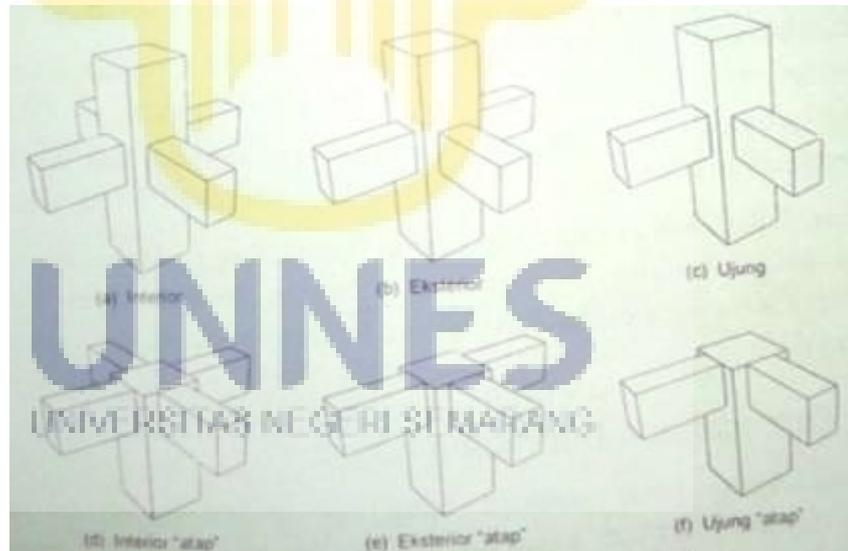
2.4.3. Persyaratan *Detailing* Hubungan Balok-Kolom (Joint) SRPMK

Menurut Iswandi (2009), hubungan balok kolom (joint) merupakan elemen struktur yang paling penting dalam suatu sistem struktur rangka pemikul momen. Akibat gaya lateral yang bekerja pada struktur, momen lentur ujung pada balok-balok yang merangka pada joint yang sama akan memutar joint pada arah yang sama yang menyebabkan terjadinya gaya geser yang besar pada hubungan balok-kolom (Gambar2.5). Ada beberapa tipe hubungan balok-kolom yang dapat dijumpai pada suatu sistem struktur rangka pemikul momen (ACI-ASCE 352, 2002) dan tipenya tergantung pada lokasi tempat joint tersebut berada (Gambar 2.3)



(a) Sistem Balok Kolom (b) Gaya-gaya yang bekerja pada Kolom (c) Diagram momen (d) Diagram Geser

Gambar 2.2 Gaya Geser yang Signifikan pada Join



Gambar 2.3 Jenis Hubungan Balok-Kolom

a. Persyaratan Gaya dan Geometri

Pada perencanaan hubungan balok-kolom, gaya pada tumpuan lentur di muka hubungan balok-kolom dapat ditentukan berdasarkan tegangan $1,25 f_y$. Faktor reduksi untuk perencanaan joint dapat diambil sebesar 0,8. Beberapa

persyaratan geometri yang harus dipenuhi untuk joint SRPMK, diantaranya sebagai berikut :

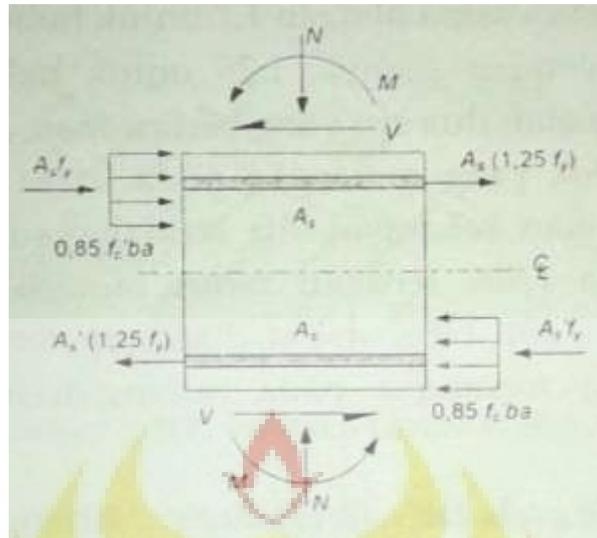
- Untuk beton normal, dimensi kolom pada hubungan balok-kolom dalam arah paralel tulangan longitudinal balok minimal harus 20 kali diameter tulangan longitudinal terbesar pada balok.
- Untuk beban ringan, dimensi minimumnya adalah 26 kali diameter.

b. Persyaratan Tulangan Transversal

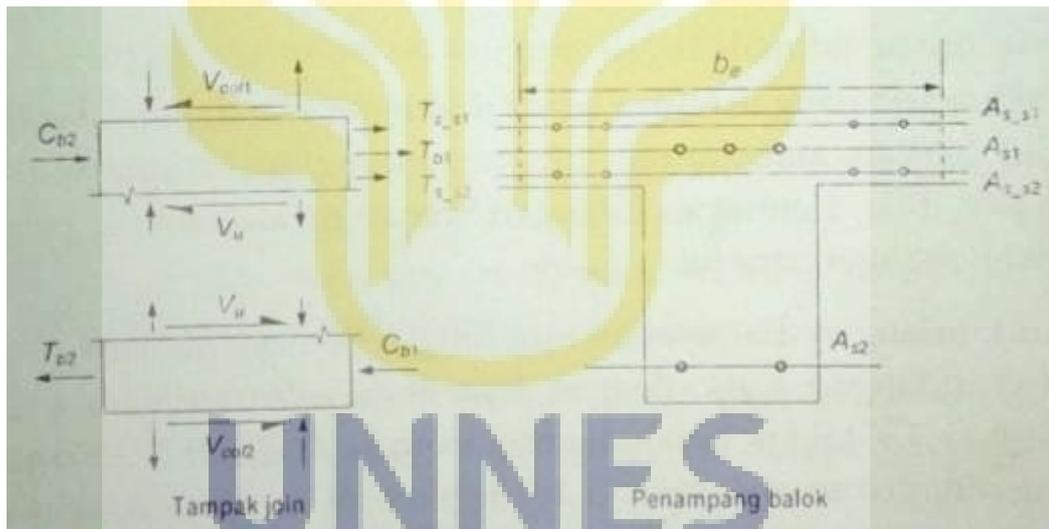
Tulangan transversal seperti sengkang tertutup yang dipasang pada daerah sendi plastis kolom harus dipasang juga di daerah hubungan balok-kolom (HBK), kecuali bila hubungan tersebut dikekang oleh komponen-komponen struktur balok yang merangka padanya. Bila ada balok-balok dengan lebar sisi HBK maka tulangan transversal yang harus dipasang di daerah joint hanyalah setengah (1/2) dari yang di pasang di daerah sendi plastis kolom. Tulangan transversal ini hrurus dipasang mulai dari sisi terbawah balok yang merangka ke hubungan tersebut. Spasi tulangan transversal pada kondisi ini dapat diperbesar menjadi 150 mm

Pada HBK dengan lebar balok lebih besar daripada lebar kolom, tulangan transversal seperti pada daerah sendi plastis kolom harus dipasang juga pada hubungan tersebut untuk memberikan kekangan terhadap tulangan longitudinal balok yang berada diluar daerah inti kolom

Gaya geser horizontal pada daerah HBK dapat dihitung dengan mengasumsikan bahwa elemen lentur yang merangka pada HBK tersebut telah mencapai kapasitasnya, dengan menetapkan gaya tarik tulangan lentur balok sebesar $A_x(1,25 f_y)$ (Lihat gambar 2.4 dan 2.5)



Gambar 2.4 Diagram Beban Bebas pada Hubungan Balok-Kolom



Gambar 2.5 Perhitungan V_u pada Hubungan Balok-Kolom

Berdasarkan gambar 2.5 di atas, gaya geser horizontal di HBK dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$V_s = T_{b1} + T_{s1} + T_{s2} + C_{b2} - V_{col1}$$

dengan

$$T_{b1} + T_{s1} + T_{s2} = \alpha f_y (A_{s1} + A_{s_{s1}} + A_{s_{s2}})$$

$$C_{b2} = T_{b2} = A_{s2} \alpha f_y$$

$$\alpha = 1,25$$

Kuat geser yang dapat diberikan oleh HBK tergantung pada kondisi kekangan yang bekerja pada HBK (ACI 318, 2008 ; ACI ASCE 352, 2002)

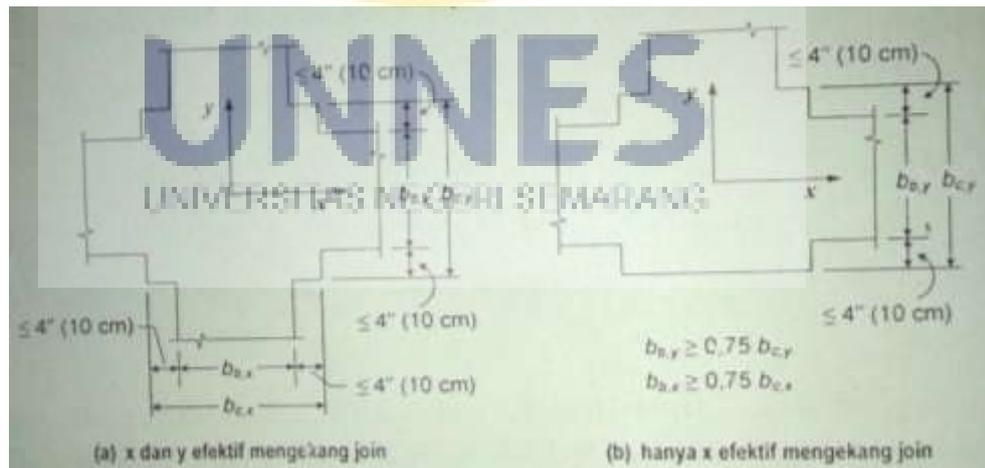
Berdasarkan SNI Beton (BSN, 2002b), persamaan kuat geser HBK dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$V_{jn} = c \sqrt{f'c} A_j \quad (3.17)$$

Dengan nilai c dibatasi sama dengan

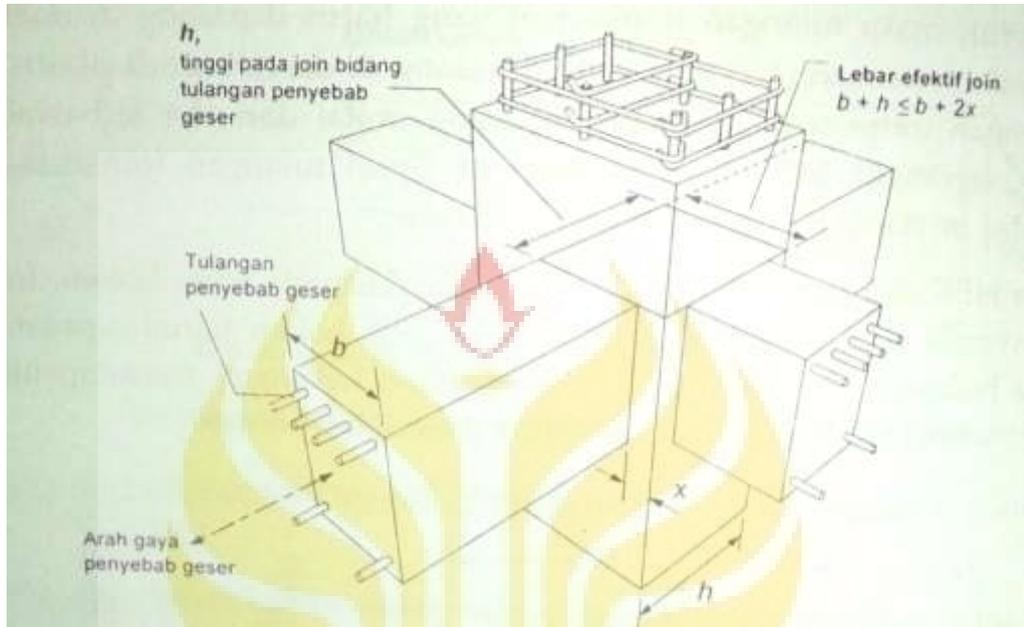
- 1,7 untuk hubungan balok-kolom yang terkekang pada keempat sisinya.
- 1,25 untuk hubungan yang terkekang pada ketiga sisinya atau dua sisi yang berlawanan
- 1,0 untuk hubungan lainnya.

Suatu balok yang merangka pada suatu hubungan balok-kolom dianggap memberikan kekangan bila setidaknya-tidaknya tiga per empat (3/4) bidang muka HBK tersebut tertutupi oleh balok yang merangka tersebut (lihat gambar 2.6). Hubungan balok kolom dapat dianggap terkekang penuh bila ada empat balok yang merangka pada masing-masing keempat sisi hubungan balok-kolom tersebut.



Gambar 2.6 Persyaratan Ukuran Balok Pengekang

Luas efektif joint (A_j) pada persamaan (3.17) dapat dihitung sebagai hasil perkalian antara lebar efektif joint dan tinggi h (lihat bidang yang diarsir pada gambar 2.7).

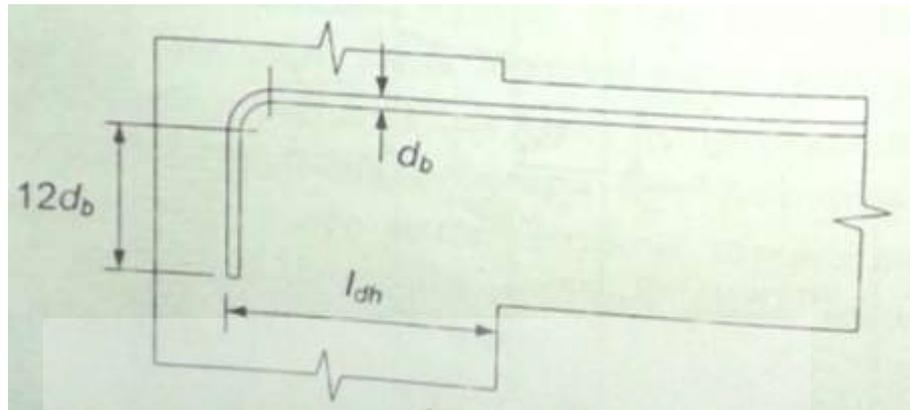


Gambar 2.7 Luas Efektif hubungan Balok-Kolom

Pengankuran tulangan lentur balok di daerah joint dapat dilakukan dengan tulangan berkait atau tanpa kait, tergantung pada ketersediaan *space* di daerah joint. Bila digunakan tulangan berkait maka panjang penyalurannya ditetapkan sebagai berikut :

- Untuk tulangan diameter 10 mm hingga 36 mm, panjang penyaluran l_{dh} untuk tulangan tarik dengan kait standar 90° dalam beton normal (gambar 2.8) tidak boleh diambil lebih kecil dari $8d_b$, 150 mm, dan nilai yang ditentukan oleh persamaan (3.18) berikut ini :

$$l_{dh} = \frac{f_y \times d_b}{5,4 \times \sqrt{f'_c}}$$



Gambar 2.8 Standar Kait 90°

Bila digunakan tulangan tanpa kait untuk diameter 10 mm hingga 36 mm, panjang penyaluran tulangan tarik tidak boleh diambil lebih kecil dari :

- Dua setengah (2,5) kali panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton di bawah tulangan tersebut kurang dari 300 mm, dan
- Tiga setengah (3,5) kali panjang penyaluran dengan kait bila ketebalan pengecoran beton di bawah tulangan tersebut kurang dari 300 mm.

2.4.4. Perencanaan Kapasitas (*Capacity Design*)

Seperti yang dijelaskan pada sub bab 2.1.1 bahwa untuk mendesain struktur yang kuat tidaklah ekonomis, menurut Indarto et all (2012) menyebutkan bahwa ada dua cara untuk mendapatkan struktur yang kuat dan tidak terjadi keruntuhan pada saat gempa yaitu :

1. **Membuat struktur bangunan sedemikian kuat**, sehingga struktur bangunan tetap berperilaku elastis pada saat terjadi gempa. Meskipun pada saat terjadi gempa yang kuat struktur ini tidak mengalami kerusakan parah sehingga mengurangi biaya perbaikan. Namun pada pelaksanaannya membutuhkan biaya yang mahal sehingga desain ini tidak ekonomis. Struktur yang didesain tetap elastis pada saat gempa kuat disebut struktur tidak daktail.
2. **Membuat struktur bangunan sedemikian rupa sehingga mempunyai batas kekuatan elastis yang hanya mampu menahan gempa sedang saja.** Dengan demikian, struktur ini masih bersifat elastis saat gempa ringan atau sedang. Pada saat gempa kuat struktur dirancang agar mampu berdeformasi

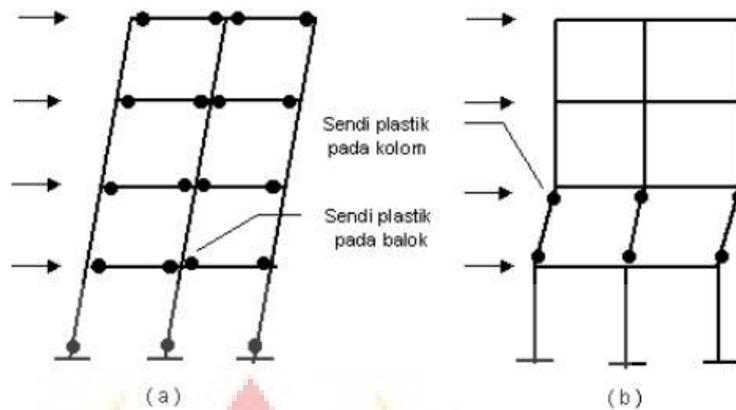
plastis cukup besar. Jika mampu berdeformasi plastis cukup besar maka hal ini dapat mengurangi sebagian energi gempa yang masuk kedalam struktur. Struktur ini disebut struktur daktail. Penggunaan struktur daktail cukup ekonomis untuk bangunan gedung bertingkat menengan sampai tinggi yang dibangun pada daerah gempa yang kuat.

Dari penjelasan di atas untuk mendapatkan struktur ekonomis maka struktur di rancang dengan struktur daktail. Untuk mendapatkan struktur yang daktail maka digunakan cara perencanaan kapasitas. Pada perencanaan kapasitas struktur bangunan memancarkan energi gempa melalui mekanisme perubahan bentuk deformasi plastis, dapat terlebih dahulu dipilih dan ditentukan tempatnya. Sehingga elemen-elemen lain direncanakan dengan kekuatan yang lebih besar untuk menghindari kerusakan. Pada struktur beton bertulang tempat terjadinya deformasi plastis yaitu diman penulangan mengalami pelelahan, yaitu daerah sendi plastis. Karena daerah sendi plastis yang terbentuk pada portal dapat di atur tempatnya, maka kerusakan yang terjadi tidak akan terjadi pada struktur bangunan secara keseluruhan.

Karena prosedur desain kapasitas terlebih dahulu harus ditentukan dimana sendi plastis akan terbentuk maka dalam hal ini perlu diketahui mekanisme leleh yang terjadi pada portal. Ada dua jenis mekanisme leleh yang terjadi akibat pembebanan gempa yaitu :

1. Mekanisme kelelahan pada balok (*Beam Sidesway Mechanisme*) yaitu dimana keadaan sendi plastis terbentuk pada balok-balok struktur bangunan akibat penggunaan kolom-kolom yang kuat (*strong coloum - weak beam*).
2. Mekanisme kelelahan pada kolom (*Coloumn Sidesways Meechanisme*) yaitu keadaan sendi plastis yang terbentuk pada kolom-kolom struktur bangunan akibat penggunaan balok yang kuat (*strong beam-waek coloumn*).

Penjelasan ini tersaji pada gambar 2.9 Tentang mekanisme kelelahan struktur pada balok dan kolom :



Gambar 2.9 Mekanisme leleh pada struktur gedung akibat beban gempa (a) mekanisme leleh pada balok (b) mekanisme leleh pada kolom

Dalam perencanaan kapasitas yang dipilih adalah mekanisme kelelahan pada balok, hal ini dikarenakan jika kerusakan yang terjadi pada kolom akan sulit untuk diperbaiki dan keruntuhan akan terjadi secara keseluruhan. Jadi mekanisme kelelahan berupa *beam sidesways mekanisme* karena merupakan keadaan keruntuhan struktur bangunan yang lebih terkontrol. Penggunaan mekanisme ini membawa konsekuensi kolom-kolom yang direncanakan harus lebih kuat dari balok struktur, sehingga demikian sendi plastis akan terbentuk terlebih dahulu pada balok. Maka dalam perencanaan portal daktail pada struktur bangunan tahan gempa sering disebut kondisi desain kolom kuat-balok lemah (*istring coloumn – weak beam*).

2.4.5. Perencanaan Pelat Lantai

2.4.5.1. Jenis Pelat Lantai

Plat lantai merupakan elemen bidang tipis yang memikul beban transversal ke masing-masing tumpuan dari plat. Beberapa jenis plat lantai yang digunakan adalah

a.

istem Lantai Flat Slab

Sistem Flat Slab, merupakan pelat beton bertulang yang langsung ditumpu

S

oleh kolom-kolom tanpa adanya balok-balok. Biasanya digunakan untuk intensitas beban yang tidak terlalu besar dan bentang yang kecil.

b. S
 Sistem Lantai Grid (Waffle System)

Sistem lantai Grid (Waffle system) mempunyai balok-balok yang saling bersilangan dengan jarak yang relatif rapat, dengan pelat atas yang tipis.

c. S
 Sistem Pelat dan Balok

Sistem pelat lantai ini terdiri dari lantai (slab) menerus yang ditumpu oleh balok-balok monolit, yang umumnya ditempatkan pada jarak 3,0m hingga 6,0 m. Sistem ini banyak dipakai, kokoh dan sering dipakai untuk menunjang sistem pelat lantai yang tidak beraturan.

2.4.5.2. Mekanisme Transfer Beban Plat

Menurut Istimawan (1994), mekanisme plat dibedakan menjadi dua jenis yaitu plat satu arah (*one way*) dan plat dua arah (*two way*). Pelat satu arah merupakan sistem perencanaan pelat dengan tulangan pokok satu arah. Pelat dua arah merupakan sistem perencanaan pelat dengan tulangan pokok satu arah.

Sistem penulangan pelat lantai pada redesain proyek Pembangunan Apartemen dan Condotel Candiland didasarkan pada SNI 03-2847-2013 Pasal 9.5.2 dan 9.5.3 yang membahas tentang konstruksi satu arah dan konstruksi dua arah.

a. Konstruksi Plat Satu Arah

Konstruksi plat satu arah adalah apabila perbandingan sisi panjang terhadap sisi pendek yang saling tegak lurus lebih besar dari dua, plat dianggap hanya bekerja sebagai satu arah karena dengan lenturan utama ke arah sisi yang lebih pendek. Sehingga plat satu arah dapat didefinisikan sebagai plat yang didukung terhadap dua tepi yang berhadapan sedemikian sehingga lenturan timbul hanya dalam satu arah saja, yaitu pada arah yang tegak lurus terhadap arah dukungan tepi. maka tulangan pokok juga dipasang 1 arah tersebut, untuk menjaga agar kedudukan tulangan pokok tidak berubah pada saat pengecoran

beton, maka dipasang pula tulangan tambahan yang arah tegak lurus tulangan pokok

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 9.5.2 Tebal minimum yang ditentukan dalam Tabel 2.2 berlaku untuk konstruksi satu arah yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan partisi atau konstruksi lain yang mungkin akan rusak akibat lendutan yang besar, kecuali bila perhitungan lendutan menunjukkan bahwa ketebalan yang lebih kecil dapat digunakan tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan.

Bila lendutan harus dihitung, maka lendutan yang terjadi seketika sesudah bekerjanya beban harus dihitung dengan metoda atau formula standar untuk lendutan elastis, dengan memperhitungkan pengaruh retak dan tulangan terhadap kekakuan komponen struktur.

Tabel 2.2 Tebal minimum balok non-prategang atau pelat satu arah bila lendutan tidak dihitung

Komponen struktur	Tebal minimum, h			
	Tertumpu sederhana	Satu ujung menerus	Kedua ujung menerus	Kantilever
	Komponen struktur tidak menumpu atau tidak dihubungkan dengan partisi atau konstruksi lainnya yang mungkin rusak oleh lendutan yang besar			
Pelat masif satu-arah	$\ell/20$	$\ell/24$	$\ell/28$	$\ell/10$
Balok atau pelat rusuk satu-arah	$\ell/16$	$\ell/18,5$	$\ell/21$	$\ell/8$

CATATAN.
 Panjang bentang dalam mm.
 Nilai yang diberikan harus digunakan langsung untuk komponen struktur dengan beton normal dan tulangan tulangan Mutu 420 MPa. Untuk kondisi lain, nilai di atas harus dimodifikasikan sebagai berikut:
 (a) Untuk struktur beton ringan dengan berat jenis (equilibrium density), w_c , di antara 1440 sampai 1840 kg/m³, nilai tadi harus dikalikan dengan $(1,65 - 0,0003w_c)$ tetapi tidak kurang dari 1,09.
 (b) Untuk f_y selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

Sumber : SNI 03-2847-2013 Pasal 9.5.3.1

Bila nilai kekakuan tidak dihitung dengan cara analisis yang lebih mendetail dan teliti, maka besarnya lendutan seketika akibat pembebanan harus dihitung dengan menggunakan nilai modulus elastisitas beton E_c , sesuai dengan ketentuan pada pasal 8.5.1 pada SNI 03-2847-2013 (untuk beton normal ataupun beton ringan) dan dengan momen inersia efektif, I_e , berikut, tapi tidak lebih besar dari I_g .

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \quad (3-1)$$

Dimana

$$M_{cr} = \frac{F_r I_g}{Y_t} \quad (3-2)$$

Dan

$$F_r = 0,62 \lambda \sqrt{f'_c} \quad (3-3)$$

Untuk komponen struktur menerus, I_e boleh diambil sebagai nilai rata-rata yang diperoleh dari Pers. (3-1) untuk penampang-penampang dimana momen negatif dan positifnya kritis. Untuk komponen struktur prismatis, I_e boleh diambil sesuai dengan nilai yang diperoleh dari Pers. (3-1) untuk penampang di tengah bentang pada kondisi bentang sederhana dan bentang menerus, dan untuk penampang di daerah tumpuan pada struktur kantilever.

Bila tidak dihitung dengan cara yang lebih mendetail dan teliti, maka penambahan lendutan jangka panjang akibat rangkai dan susut dari komponen struktur lentur (untuk beton normal ataupun beton ringan) harus dihitung dengan mengalikan lendutan seketika akibat beban tetap yang ditinjau, dengan faktor λ_Δ .

$$\lambda_\Delta = \frac{\xi}{1 + 50\rho'} \quad (3-4)$$

dimana ρ' adalah nilai pada tengah bentang untuk balok sederhana dan balok menerus, dan nilai pada tumpuan untuk balok kantilever. Faktor tergantung waktu ξ untuk beban tetap boleh diasumsikan sama dengan:

5 tahun atau lebih	2,0
12 bulan	1,4
6 bulan	1,2
3 bulan	1,0

Lendutan yang dihitung harus memenuhi ketentuan di atas dan tidak boleh melebihi batasan yang ditetapkan dalam tabel 2.3

Tabel 2.3 Lendutan izin maksimum yang dihitung

Jenis komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Atap datar yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup L	$l/180^*$
Lantai yang tidak menumpu atau tidak disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Lendutan seketika akibat beban hidup L	$l/360$
Jenis komponen struktur	Lendutan yang diperhitungkan	Batas lendutan
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar	Bagian dari lendutan total yang terjadi setelah pemasangan komponen nonstruktural (jumlah dari lendutan jangka panjang, akibat semua beban tetap yang bekerja, dan lendutan seketika, akibat penambahan beban hidup) [†]	$l/480^{\ddagger}$
Konstruksi atap atau lantai yang menumpu atau disatukan dengan komponen nonstruktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar.		$l/240^{\S}$
<p>*Batasan ini tidak dimaksudkan untuk mencegah kemungkinan penggenangan air. Kemungkinan penggenangan air harus diperiksa dengan melakukan perhitungan lendutan, termasuk lendutan tambahan akibat adanya penggenangan air tersebut, dan mempertimbangkan pengaruh jangka panjang dari beban yang selalu bekerja, lawan lendut (<i>camber</i>), toleransi konstruksi, dan keandalan sistem drainase.</p> <p>[†]Lendutan jangka panjang harus dihitung berdasarkan ketentuan 9.5.2.5 atau 9.5.4.3, tetapi boleh dikurangi dengan nilai lendutan yang terjadi sebelum penambahan komponen non-struktur. Besarnya nilai lendutan ini harus ditentukan berdasarkan data teknis yang dapat diterima berkenaan dengan karakteristik hubungan waktu dan lendutan dari komponen struktur yang serupa dengan komponen struktur yang ditinjau.</p> <p>[‡]Batas lendutan boleh dilampaui bila langkah pencegahan kerusakan terhadap komponen yang ditumpu atau yang disatukan telah dilakukan.</p> <p>[§]Batas lendutan tidak boleh lebih besar dari toleransi yang disediakan untuk komponen non-struktur. Batasan ini boleh dilampaui bila ada lawan lendut yang disediakan sedemikian hingga lendutan total dikurangi lawan lendut tidak melebihi batas lendutan yang ada.</p>		

Sumber : SNI 03-2847-2013 Pasal 9.5.3.1

b. Konstruksi Plat Satu Arah

Plat dua arah adalah plat yang di batasi oleh balok anak pada kedua sisi panjang dan oleh balok induk pada kedua sisi pendek. Apabila plat didukung keempat sisinya seperti itu, maka di katakan plat bekerja pada dua arah dimana lenturan akan timbul pada dua arah yang saling tegak lurus. Beban pelat lantai pada jenis ini disalurkan ke empat sisi pelat atau ke empat balok pendukung, akibatnya tulangan utama pelat diperlukan pada kedua arah sisi pelat. Permukaan lendutan pelat mempunyai kelengkungan ganda.

Pada konstruksi dua arah, perencanaan konstruksi harus mengendalikan tebal pelat atau konstruksi dua arah lainnya yang didesain sesuai dengan ketentuan Pasal 13 pada SNI 03-2847-2013.

Tebal pelat tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya dan mempunyai rasio bentang panjang terhadap bentang pendek yang tidak lebih dari 2, tebal minimumnya harus memenuhi ketentuan pada tabel 2.4 dan tidak boleh kurang dari nilai berikut :

- (a) Tanpa panel drop (*drop panels*)125 mm
- (b) Dengan panel drop (*drop panels*)100 mm

Tabel 2.4 Tebal minimum pelat tanpa balok interior*

Tegangan leleh, f_y MPa ¹	Tanpa penebalan ²			Dengan penebalan ²		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ³		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir ³	
280	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 40$	$\ell_n / 40$
420	$\ell_n / 30$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 33$	$\ell_n / 36$	$\ell_n / 36$
520	$\ell_n / 28$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 31$	$\ell_n / 34$	$\ell_n / 34$

¹Untuk konstruksi dua arah, ℓ_n adalah panjang bentang bersih dalam arah panjang, diukur muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lainnya pada kasus yang lain.
²Untuk f_y , antara nilai yang diberikan dalam tabel, tebal minimum harus ditentukan dengan interpolasi linier.
³Panel drop didefinisikan dalam 13.2.5.
⁴Pelat dengan balok di antara kolom-kolomnya di sepanjang tepi eksterior. Nilai α_m untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

Sumber : SNI 03-2847-2013 Pasal 9.5.3.2

Tebal pelat dengan balok yang membentang di antara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimumnya, h , harus memenuhi ketentuan berikut ini : dari 9.5.3.3 atau 9.5.3.4.

- (a) Untuk $\alpha_m \leq 0,2$ harus menggunakan ketentuan tebal pelat tanpa balok interior yang membentang di antara tumpuan
- (b) Untuk $0,2 \leq \alpha_m \leq 2,0$, ketebalan minimum pelat harus memenuhi

$$h_1 = \frac{L_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 5\beta (\alpha_m - 0,2)} \quad (3 - 5)$$

dan tidak boleh kurang dari 125 mm

(c) Untuk $\alpha_m \geq 2,0$, ketebalan minimum pelat harus memenuhi

$$h_2 = \frac{L_n \left(0,8 + \frac{f_y}{1400} \right)}{36 + 9\beta} \quad (3 - 6)$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

(d) Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan $\alpha_f > 0,8$ atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan pada persamaan di atas harus dinaikkan paling tidak 10 persen pada panel dengan tepi yang tidak menerus.

Dimana :

L_n = panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah

β = rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek pada pelat dua arah (L_n/S_n)

α_m = nilai rata-rata α untuk semua balok pada tepi-tepi dari suatu panel

f_y = mutu tulanganbaja (MPa)

Pelat dengan tebal kurang dari tebal minimum yang telah ditetapkan pada ketentuan di atas boleh digunakan jika dapat ditunjukkan dengan perhitungan bahwa lendutan yang terjadi tidak melebihi batas lendutan yang ditetapkan dalam Tabel 2.3.

2.5. Prosedur Pendesainan Sistem Pondasi

Pondasi merupakan elemen bangunan yang berfungsi untuk menyalurkan semua beban yang bekerja pada struktur tersebut ke dalam tanah, sampai kedalaman tertentu, yaitu sampai lapisan tanah keras. Pada umumnya terdapat dua macam pondasi yang sering dipakai dalam konstruksi gedung, yaitu pondasi dangkal (*shallow foundations*) dan pondasi dalam (*deep foundations*). Pondasi dangkal digunakan untuk kasus-kasus konstruksi gedung sederhana (1-3 lantai)

dengan beban standard dan bentang pendek. Beberapa contoh pondasi dangkal adalah pondasi batu kali, pondasi tapak, pondasi raft, dan pondasi rollag bata. Sedangkan untuk kasus gedung tingkat tinggi tentu menggunakan pondasi dalam seperti : pondasi tiang pancang (*pilecap foundation*) dan pondasi tiang bore (*bore piles*).

Menurut Indarto, et all (2012) penentuan kategori risiko struktur bangunan, S_{DS} , S_{D1} dan kategori desain seismik adalah sebagai berikut :

- Struktur tipe tiang

Jika struktur menggunakan tiang sebagai kolom yang dibenamkan dalam pondasi telapak beton untuk menahan beban lateral maka diisyaratkan tiang untuk menahan gaya gempa harus ditentukan melalui kriteria yang disusun dalam laporan investigasi pondasi

- Tie Beam

Tie beam adalah balok yang terletak atau bertumpu pada permukaan tanah. Tie beam biasanya digunakan untuk menghubungkan antara pile cap yang satu dengan pile cap yang lainnya. Tie beam juga berfungsi untuk menopang slab atau pelat lantai yang berhubungan langsung dengan permukaan tanah.

Pur (*pile-cap*) tiang individu, pile bor, atau koison harus dihubungkan satu sama lain dengan pengikat. Semua pengikat harus memiliki kuat tarik atau tekan paling sedikit sama dengan 10% S_{DS} kali beban terfaktor ditambah beban hidup terfaktor pur tiang atau kolom yang lebih besar, kecuali jika ditunjukkan bahwa kekangan ekuivalen akan disediakan oleh balok beton bertulang pada plat di atas tanah atau pengekangan oleh batu yang memenuhi syarat, tanah kohesif keras, tanah berbutir sangat padat, atau cara lain yang di setujui.

- Persyaratan pengangkuran tiang

Desain pengangkuran tiang ke dalam pur tiang harus memperhitungkan pengaruh gaya aksial terkombinasi akibat gaya ke atas dan momen akibat penjepitan pada pur tiang. Dalam kasus ke atas pengangkuran

harus mampu mengembangkan kekuatan sebesar yang terkecil antara kuat tarik tulangan longitudinal tiang beton atau 1,3 kali tahan cabut tiang. Tahanan cabut tiang diambil sebagai gaya friksi atau lekatan ultimat yang dapat disalurkan antara tanah dan tiang ditambah berat tiang dan pur.

- **Persyaratan umum desain tiang**
 Tiang harus didesain untuk menahan deformasi dan pergerakan tanah akibat gempa dan respon struktur.
- **Tiang miring**
 Tiang miring dan sambungannya harus mampu menahan gaya dan momen dari kombinasi beban. Jika tiang miring bekerjasama menahan gaya pondasi sebagai kelompok maka gaya didistribusikan pada tiang individu.
- **Sambungan lewatan bagian tiang**
 Sambungan lewatan pada tiang pondasi harus mampu mengembangkan kuat nominal penampang tiang
- **Interaksi tanah tiang**
 Momen geser dan defleksi lateral tiang yang digunakan harus didesain dengan meninjau interaksi tiang tanah jika rasio kedalaman pembebanan tiang kurang dari atau sama dengan 6 (enam), tiang di dapat di asumsikan secara lentur terhadap tanahnya
- **Pengaruh kelompok tiang**
 Kuat nominal tiang lateral harus diseratakan bila jarak anat pusat-ke-pusat tiang dalam arah lateral kurang dari delapan meter atau lebar tiang. Pengaruh kelompok tiang terhadap kuat nominal vertikal harus disertakan bila jarak anat pusat ke pusat kurang dari tiga kali diameter atau lebar tiang.
- **Persyaratan tiang beton untuk kategori desain seismik D sampai F**
 Tiang beton pada struktur yang dirancang untuk kategori desain seismik D, E, atau F harus memenuhi persyaratan ini. Bila tiang beton digunakan dalam kelas situs *SE* atau *SF*, tiang tersebut harus mempunyai tulangan transversal sesuai dengan tata cara yang berlaku dalam tujuh kali diameter

tiang dari penutup tiang dan dari permukaan kontak antara lapisan yang keras atau teguh dan lapisan yang berpotensi likuifaksi atau berupa lapisan lempung lunak atau lempung setengah teguh.

Tulangan untuk tiang beton tanpa pembungkus

Untuk tiang beton bor cor setempat tanpa pembungkus, minimum empat batang tulangan longitudinal dengan rasio tulangan longitudinal minimum 0,005 dan tulangan pengekangan transversal sesuai dengan tata cara yang berlaku harus disediakan sepanjang panjang tiang bertulangan minimum seperti didefinisikan di bawah mulai dari ujung atas tiang. Tulangan longitudinal harus menerus melewati panjang tiang bertulangan minimum dengan panjang penyaluran tarik. Panjang tiang bertulangan minimum harus diambil yang lebih besar dari: setengah panjang tiang; sejarak 3 m; tiga kali diameter tiang; panjang lentur tiang, di mana harus diambil sebagai panjang dari sisi bawah penutup tiang sampai suatu titik di mana momen retak penampang beton dikalikan dengan faktor tahanan 0,4 melebihi momen terfaktor perlu di titik tersebut.

Sebagai tambahan, untuk tiang yang berlokasi dalam kelas situs *SE* atau *SF*, tulangan longitudinal dan tulangan pengekangan transversal, seperti dijelaskan di atas, harus menerus sepanjang tiang. Bila tulangan transversal disyaratkan, pengikat tulangan transversal harus minimum batang tulangan ulir D10 untuk tiang sampai dengan diameter 500 mm dan batang tulangan ulir D13 untuk tiang dengan diameter lebih besar.

Dalam kelas situs *SA* sampai *SD*, tulangan longitudinal dan tulangan pengekangan transversal, seperti didefinisikan di atas, juga harus menerus dengan minimum tujuh kali diameter tiang di atas dan di bawah permukaan kontak lapisan lempung teguh, lunak sampai setengah teguh atau lapisan yang dapat mencair (*liquefiable*) kecuali tulangan transversal tidak ditempatkan dalam panjang bertulangan minimum harus diijinkan untuk menggunakan rasio tulangan spiral transversal dengan tidak kurang dari setengah yang disyaratkan dalam tata cara yang berlaku. Spasi

penulangan transversal yang tidak ditempatkan dalam panjang bertulangan minimum diijinkan untuk ditingkatkan, tetapi harus tidak melebihi dari yang terkecil dari berikut ini: 12 diameter batang tulangan longitudinal; setengah diameter tiang; dan 300 mm.

Tulangan untuk tiang beton dengan pembungkus logam.

Persyaratan tulangan adalah sama seperti untuk tiang beton tanpa pembungkus logam. Kecuali pipa baja las spiral dengan tebal tidak kurang dari 2 mm dapat dianggap sebagai adanya pengekanan beton yang ekuivalen dengan pengikat tertutup atau spiral ekuivalen yang disyaratkan dalam tiang beton tanpa pembungkus, asalkan pembungkus logam cukup dilindungi terhadap kemungkinan aksi yang merusak akibat bahan penyusun tanah, perubahan permukaan air, atau faktor lainnya yang ditunjukkan oleh catatan kondisi lokasi pengeboran.

Tulangan untuk tiang beton pracetak

Tulangan pengekanan transversal terdiri dari pengikat tertutup atau spiral ekuivalen harus disediakan sesuai dengan tata cara yang berlaku untuk panjang penuh tiang. Kecuali selain dari kelas situs *SE* atau *SF*, tulangan pengekanan transversal yang ditetapkan harus disediakan dalam tiga kali diameter tiang di bawah sisi bawah penutup tiang, tetapi diijinkan untuk menggunakan rasio penulangan transversal tidak kurang dari setengah yang disyaratkan sepanjang sisa panjang tiang.

BAB VI

PENUTUP

6.1 KESIMPULAN

Dari pembahasan Tugas Akhir ini, meredesain struktur Apartement dan Hotel Candiland Semarang dengan menggunakan *steel deck* dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Terdapat perbedaan momen pada pelat antara struktur eksisting dan redesain yang di modelkan pada program SAPv2000. Momen yang terjadi sebagai berikut :

a. Momen pada struktur eksisting

$$M11 \text{ lapangan} = 866,89 \text{ kg/m}$$

$$M11 \text{ tumpuan} = 1641,8 \text{ kg/m}$$

$$M22 \text{ lapangan} = 900 \text{ kg/m}$$

$$M22 \text{ tumpuan} = 1891,02 \text{ kg/m}$$

b. Momen pada struktur redesain

$$M11 \text{ lapangan} = 2181,23 \text{ kg/m}$$

$$M11 \text{ tumpuan} = 2931,39 \text{ kg/m}$$

$$M22 \text{ lapangan} = 2474,8 \text{ kg/m}$$

$$M22 \text{ tumpuan} = 3110 \text{ kg/m}$$

Momen pada keadaan redesain lebih besar akibat kombinasi pembebanan SNI 1727:2013 tentang *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain*

2. Mengacu pada Harga Satuan Pekerjaan terbaru edisi Maret 2016 Perbandingan Anggaran Biaya antara struktur eksisting dan redesain didapat sebagai berikut :

RAB	Desain	Redesain
Biaya Total ,Str. Lt1 + Pondasi	Rp7,135,269,200.86	Rp 4,885,960,625.28
Biaya Per M ²	Rp6,410,345.85	Rp4,389,560.719

6.2 SARAN

Dalam redesain struktur bangunan ini peraturan yang digunakan harus sesuai dengan peraturan yang baru dan menggunakan harga satuan terbaru untuk merencanakan anggaran biaya. Dalam metode konstruksi untuk merencanakan gedung harus memilih suatu metode konstruksi yang efisien dan mudah untuk dikerjakan, selain mudah juga menghemat biaya dan waktu pengerjaan. Dengan bantuan teknologi yang semakin maju maka pengerjaan akan lebih mudah, efisien dan hemat.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. "*Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung, SNI 2847:2013*". Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. "*Beban minimum untuk perencanaan bangunan gedung dan struktur lain, SNI 1727:2013*". Jakarta: BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. "*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, SNI 1726:2012*". Jakarta : BSN
- Badan Standarisasi Nasional. 2014. "*Baja tulangan beton, SNI 2052:2014*". Jakarta: BSN
- Christady H., Hary, (2011). "*Analisis dan Perancangan Fondasi II*". Yogyakarta: Gajah Mada University Press
- Dewobroto, Wiryanto, (2005). "*Aplikasi Rekayasa Konstruksi dengan Visual Basic 6.0*", Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.
- D. Wesley, Laurence, (2012). "*Mekanika Tanah*". Yogyakarta: Penerbit Andi
- Imran, Iswandi dan Fajar Hendrik. 2010. "*Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa*". Bandung: Penerbit ITB
- Indarto, Himawan dkk. (2013). "*Aplikasi SNI Gempa 1726:2012*". Semarang: Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang
- Schodek, Daniel L. (1998), "*Struktur*". Bandung: PT. Refika Aditama.
- Satyarno, Iman dkk. (2012). "*Belajar SAP2000*". Yogyakarta: Zamil Publishing

- Tri Cahyo A., Hanggoro dan Chusnul Chotimah, (2015). “*Short Course Aplikasi SNI Terbaru*”. Semarang: Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang
- Tri Cahyo A., Hanggoro, (2006). “*Hand Out Rekayasa Pondasi 2*”. Semarang: Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Semarang

