



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN- RC146599

**DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN PELAT LANTAI BETON
PRATEGANG PADA GEDUNG HOTEL PESONNA
PEKANBARU**

**YULISTIAWAN
NRP 3116 040 521**

**Dosen Pembimbing:
Ridho Bayuaji, ST.,MT.,Ph.D
Nur Achmad Husin, ST.,MT.**

**PROGRAM DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR TERAPAN - RC146599

**DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN PELAT LANTAI BETON
PRATEGANG PADA GEDUNG HOTEL PESONNA
PEKANBARU**

**YULISTIAWAN
NRP 3116 040 521**

**Dosen Pembimbing:
Ridho Bayuaji, ST.,MT.,Ph.D
Nur Achmad Husin, ST.,MT.**

**PROGRAM DIPLOMA IV LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



APPLIED FINAL PROJECT - RC146599

**STRUCTURE DESIGN AND METHOD OF
IMPLEMENTATION PRESTRESSED CONCRETE
SLAB AT BUILDING OF PESONNA PEKANBARU
HOTEL**

**YULISTIAWAN
NRP 3116 040 521**

**Academic Supervisor :
Ridho Bayuaji, ST.,MT.,Ph.D
Nur Achmad Husin, ST.,MT.**

**D-IV Program Of Civil Engineering In Advanced (Extended) Level
Department Of Civil Infrastructure Engineering
Vocational Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN STRUKTUR DAN METODE PELAKSANAAN PELAT LANTAI BETON PRATEGANG PADA GEDUNG HOTEL PESONNA PEKANBARU

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan
pada
Program Studi DIV Lanjut Jenjang Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

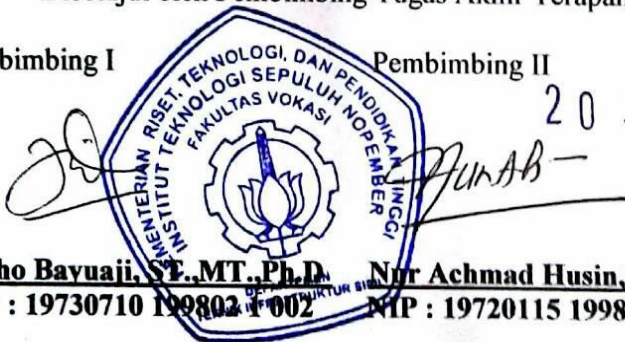


YULISTIAWAN
NRP. 3116 040 521

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir Terapan:

Pembimbing I

Pembimbing II



20 JUL 2017

Ridho Bayuaji, SE., MT., Ph.D. Nur Achmad Husin, ST., MT.
NIP : 19730710 199802 1 002 NIP : 19720115 199802 1 001

SURABAYA, JULI 2017

**DESAIN STRUKTUR DAN METODE
PELAKSANAAN PELAT LANTAI BETON
PRATEGANG PADA GEDUNG HOTEL PESONNA
PEKANBARU**

Nama Mahasiswa : Yulistiawan
NRP : 3116 040 521
Jurusan : Diploma IV Teknik Sipil FV-ITS
Dosen Pembimbing : Ridho Bayuaji, ST., MT.,Ph.D
Nur Achmad Husin, ST.,MT.

ABSTRAK

Hotel Pesonna Pekanbaru merupakan sebuah gedung Perhotelan yang terletak di Kota Pekanbaru Riau. Berdasarkan perhitungan analisa beban gempa, Kota Pekanbaru termasuk dalam kategori desain seismik D. Sehingga, gedung direncanakan dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Gedung akan dirancang mempunyai dua lantai ballroom yang terdapat pada lantai sepuluh dan sebelas. Pada perancangan ballroom akan lebih membutuhkan luasan ruangan yang besar. Oleh karena itu lantai sebelas pada gedung ini akan di desain menggunakan pelat lantai beton prategang. Perhitungan struktur gedung dimulai dari pengumpulan data, preliminary desain, perhitungan pembebanan dan pemodelan struktur. Pemodelan struktur pelat prategang dimodelkan terpisah karena pelat tidak monolit dengan struktur utama. hal ini dimaksudkan agar pada saat pemberian gaya prategang tidak mempengaruhi struktur utama. Kontrol analisa struktur terdiri dari kontrol gaya dalam dan kontrol dinamis. Desain pelat lantai prategang dengan tebal 250 mm menggunakan material beton mutu tinggi K-500 dan baja prategang 270 Kpsi. Tendon yang digunakan terdiri dari 5 strand 7 wire dengan angkur

aktif dan ankur pasif. Pelat prategang menggunakan 32 ankur aktif dan pasif arah X dan 30 ankur aktif dan pasif arah Y. Gaya prategang yang diberikan pada satu tendon yaitu sebesar 1102.2 kN dengan kehilangan gaya prategang 17.7%. sistem pemberian gaya prategang menggunakan sistem post –tension dengan dua tahap penarikan. Tahap pertama pemberian gaya prategang dilakukan pada saat umur beton 28 Mpa dengan gaya prategang 330.66 kN(30%) setelah dilakukan pengujian kuat tekan dilaboratorium dan tahap kedua setelah mutu beton mencapai kuat tekan rencana dengan gaya prategang 100%. Pelat prategang dengan luas 15.7 m x 14.9 m dapat dikerjakan dengan rencana anggaran biaya pelaksanaan sebesar Rp. 519.193.000. Dengan Lama Pelaksanaan 14 hari dan 1 hari pada hari ke 28, maka total pelaksanaan 15 hari kerja.

Kata kunci : Pelat Prategang, Desain Struktur, Metoda Pelaksanaan Pelat Prategang, Hotel Pesonna Pekanbaru.

**STRUCTURE DESIGN AND METHOD OF
IMPLEMENTATION PRESTRESSED CONCRETE SLAB
AT BUILDING OF PESONNA PEKANBARU HOTEL**

Name Of Student : Yulistiawan
NRP : 3116 040 521
Major : DiplomaIV Civil Engineering FV-ITS
Academic Supervisor : Ridho Bayuaji, ST., MT.,Ph.D
: Nur Achmad Husin, ST.,MT.

ABSTRACT

Pesona Pekanbaru hotel was a kind of hotel management which is located in pekanbaru Riau. Based on analysis of earthquake load pekanbaru city included in seismic design category D, so the building have planed by a special moment frame bear system. Building would be design with two ballroom that was on the ten and eleven floors at ballroom designing would need more wide room than in this building would be design by prestressed concrete slab. The calculation of building structure starts from data collection, preliminary design, load calculation and structural modeling. The modeling of prestressed slab structures is model separately because the slab are not monoliths with the main structure. It is intended that at time of giving the prestressing force does not affect the main structure. The structural analysis control consists of force control and dynamic control. Prestressed slab design with thickness 250 mm using concrete material high quality K- 500 and prestressed steel 270 Kpsi. Tendon using 5 strand 7 wire with an active anchor type flat slab freyssinet. Prestressed slab using 32 an active anchor and passive X direction and 30 an active anchor and passive Y direction.

Force prestressing which was given to one tendon as big as 1102.2 kN by losing force prestress 17.7 %. Pre-design force system using post system- tension with two steps pulling. The first step of giving prestressing was doing at the age of concrete 28 mpa with prestressed force 330.66 kN (30 %) after doing testing strong press in the laboratory and the second steps after the quality of concrete gain strong press plan with prestressed force 100%. Prestressed slab with broad 15.7 m x 14. 9 m can be done with a budget plan implementation costs as big as Rp. 519.193.000 with long implementation fourteen days and one day on twenty-eight days, then the total implementation of fifteen working days

Key words : Prestressed Slab, Structure Design, Method of Implementation Prestressed Slab, Pesona Pekanbaru Hotel.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah serta karunia-Nya yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini tepat pada waktunya.

Pada kesempatan ini ijinlah penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya atas bimbingan dan dorongan tiada henti kepada :

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan penuh dan tak pernah lelah untuk memberi nasihat kepada penulis,
2. Bapak Ridho Bayuaji, ST.,MT.,Ph.D dan Nur Achmad Husin, ST.,MT. sebagai dosen pembimbing yang memberikan banyak masukan dan arahan dalam penyelesaian Tugas Akhir Terapan.
3. Bapak Dr. Machsus, ST., MT. selaku Ketua Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ITS.
4. Bapak Ir. Didik Harijanto, CES. sebagai dosen wali yang selalu memberkan motivasi dan semangat selama menempuh pendidikan di Teknik Sipil ITS.
5. Seluruh dosen pengajar jurusan Teknik Sipil ITS yang secara tidak langsung telah memberikan bimbingan dan ilmu yang sangat bermanfaat kepada penulis.
6. Seluruh teman – teman ITS khususnya Teknik Sipil D4 LJ ITS.
7. Rekan-rekan sekalian yang tidak dapat disebutkan satu-persatu serta semua pihak yang telah banyak membantu.

Dengan segenap kerendahan hati, penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir Terapan ini masih jauh dari sempurna. Sehingga, besar harapan adanya koreksi maupun masukan dari semua pihak untuk kesempurnaan Tugas Akhir Terapan ini.

Penulis berdoa semoga apa yang telah dikerjakan dalam Tugas Akhir Terapan ini tidak menjadi hal yang sia-sia dan dapat bermanfaat dikemudian hari bagi siapapun yang membacanya.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Maksud dan Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Perencanaan Dimensi Elemen Struktur.....	5
2.2. Pembebanan Pada Struktur	7
2.3. Kombinasi Pembebanan.....	9
2.4. Perhitungan Struktur SRPMK.....	9
2.5. Struktur Beton Prategang	18
BAB III METODOLOGI	33
3.1. Umum	33
3.2. Pembahasan Metodologi	36
3.3. Pengumpulan Data dan Literatur	36
3.4. Penetapan Kreteria Desain	37
3.5. Preliminary Design	37
3.6. Pembebanan Pada Struktur	37
3.7. Analisis Struktur Utama.....	38
3.8. Perencanaan Pelat Beton Prategang.....	38
3.9. Perhitungan Struktur Primer dan Sekunder	40
3.10. Metode Pelaksanaan.....	40
3.11. Gambar Detail Struktur Output Autocad	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1. Preliminary Design	41

4.1.1.	Data Perencanaan.....	41
4.1.2.	Perencanaan Balok.....	42
4.1.3.	Perencanaan Pelat Lantai Beton Bertulang.....	46
4.1.4.	Perencanaan Kolom Struktur.....	56
4.1.5.	Perencanaan Tangga Beton Bertulang.....	63
4.2.	Pembebanan Struktur.....	65
4.2.1.	Data Umum Bangunan.....	65
4.2.2.	Analisis Beban Mati (Dead Load).....	65
4.2.3.	Analisis Beban Hidup (Live Load).....	70
4.2.4.	Analisis Beban Gempa (Earthquake Load).....	72
4.2.5.	Analisis Beban Hujan (R).....	83
4.2.6.	Analisis Beban Angin (W).....	84
4.2.7.	Analisis Tegangan Tanah Lateral (Pa).....	89
4.3.	Perhitungan Pelat Lantai Prategang.....	91
4.3.1.	Desain Pelat Dua Arah Beton Prategang.....	91
4.3.2.	Kehilangan Gaya Prategang Pasca Tarik.....	120
4.3.3.	Kontrol Lendutan.....	125
4.3.4.	Desain Tulangan Angkur.....	130
4.3.5.	Desain Tulangan Pasak.....	132
4.3.6.	Desain Tulangan Non Prategang.....	133
4.3.7.	Desain Bearing Ped (Rubber Sheet).....	134
4.3.8.	Kontrol Perletakan.....	136
4.4.	Pemodelan dan Analisa Struktur.....	139
4.4.1.	Pemodelan Struktur Dengan Aplikasi SAP 2000.....	139
4.4.2.	Kontrol Analisa Beban ($\sum V$).....	146
4.4.3.	Kontrol Dinamis.....	151
4.5.	Perhitungan Elemen Struktur Sekunder.....	161
4.5.1.	Perhitungan Struktur Tangga.....	161
4.5.2.	Perhitungan Struktur Balok Anak B24A.....	169
4.5.3.	Perhitungan Struktur Balok Lift BL24A.....	202
4.6.	Perhitungan Elemen Struktur Utama.....	239
4.6.1.	Perhitungan Struktur Balok SRPMK.....	239
4.6.2.	Perhitungan Struktur Kolom.....	295
4.6.3.	Hubungan Balok – Kolom SRPMK.....	323
4.6.4.	Perhitungan Pelat Lantai.....	329

4.6.5.	Perhitungan Konstruksi Atap Baja.....	337
4.6.6.	Perhitungan Fondasi	391
4.7.	Metode Pelaksanaan dan Perhitungan Durasi Kerja..	393
4.7.1.	Metode Pelasanaan	393
4.7.2.	Perhitungan Durasi Kerja Pelat Prategang.....	415
4.8.	Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pelat Prategang 428	
4.7.1.	Perhitungan Volume Pekerjaan.....	429
4.7.2.	Harga Satuan Upah dan Bahan	433
4.7.3.	Analisa Harga Satuan Pekerjaan.....	434
4.7.4.	Harga Satuan Pekerjaan	438
4.7.5.	Rencana Anggaran Pelaksanaan Pelat Beton Prategang.....	439
4.7.6.	Rekapitulasi Rencana Anggaran Pelaksanaan	440
BAB X PENUTUP		441
5. 1.	Kesimpulan	441
5. 2.	Saran	442

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Ketentuan Dimensi Penampang Balok	10
Gambar 2.2. Persyaratan Tulangan Lentur	11
Gambar 2.3. Konsep Strong Column Weak Beam	14
Gambar 2.4. Luas Joint Efektif (Aj)	17
Gambar 2.5. Tendon Ditarik dan Diangkur (Nawy, 2001)	18
Gambar 2.6. Beton Dicetak dan Dicor (Nawy, 2000)	18
Gambar 2.7. Gaya Prategang Ditransfer ke Beton yang Telah Cukup Umur (Nawy, 2000)	18
Gambar 2.8. Beton dicor dengan selongsong tendon terpasang (Nawy, 2001)	
Gambar 2.9. Penarikan Tendon (Nawy, 2001)	19
Gambar 2.10. Gaya Prategang Ditransfer Ke Beton (Nawy, 2001)	19
Gambar 2.11. Panjang Proyeksi Tendon (Nawy, 2001)	26
Gambar 2.12. Beban Penyeimbang dalam Panel Prategang Dua Arah (Nawy, 2001)	29
Gambar 2.13. Pelat Prategang Dengan Tumpuan Sendi - Sendi	30
Gambar 2.14. Pelat Prategang Dengan Tumpuan Sendi - Rol	31
Gambar 2.15. Pelat Prategang Dengan Tumpuan Jepit-Jepit	32
Gambar 3.16. Diagram Alir Metodologi Perencanaan Struktur Gedung	35
Gambar 4.17. Denah Rencana Struktur Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru	41
Gambar 4.18. Denah Balok Induk	43
Gambar 4.19. Denah Balok Anak Yang Ditinjau	44
Gambar 4.20. Denah Pelat Lantai Yang Ditinjau	47
Gambar 4.21. Potongan Balok As A Joint 2-3	48
Gambar 4.22. Potongan Pelat Yang Disertakan Dengan Balok ..	49
Gambar 4.23. Potongan Balok As A' Joint 2-3	51
Gambar 4.24. Potongan Pelat Yang Disertakan Dengan Balok ..	51
Gambar 4.25. Potongan Balok As 2 Joint A-B	53
Gambar 4.26. Potongan Pelat Yang Disertakan Dengan Balok ..	54
Gambar 4.27. Denah Tangga Yang Ditinjau	64

Gambar 4.28. Peta Respons Spektra 0,3 Detik SS Kota Pekanbaru	76
Gambar 4.29. Peta Respons Spektra 0.2 detik S1 Kota Pekanbaru	77
Gambar 4.30. Spektrum Respons Desain	82
Gambar 4.31. Denah Struktur LT 11	91
Gambar 4.32. Denah Pelat Prategang LT 11	92
Gambar 4.33. Sistem Tumpuan Pelat Prategang dan Distribusi Beban.....	93
Gambar 4.34. Output Momen Pelat Prategang Akibat Beban Mati pada program SAP 2000.....	95
Gambar 4.35. Output Momen Pelat Prategang Akibat Beban Layan pada program SAP 2000.....	96
Gambar 4.36. Output Momen Pelat Prategang Akibat Beban Ultimite pada program SAP 2000	97
Gambar 4. 37. Angkur Aktif dan Angkur Pasif.....	99
Gambar 4.38. Separangkat Angkur Aktif Post Tension Slab	100
Gambar 4.39. Denah Pemasangan Tendon.....	101
Gambar 4.40. Tata Letak Angkur Aktif Pada Tendon Arah X As 1-2.....	102
Gambar 4.41. Tata Letak Angkur Aktif pada Tendon Arah X As 2-3.....	103
Gambar 4.42. Tata Letak Angkur Aktif Pada Tendon Arah Y..	104
Gambar 4.43. Kordinat Tendon Y As 1-2 Pada Daerah Tumpuan	105
Gambar 4.44. Kordinat Tendon Y 1-2 Pada Daerah Lapangan.	105
Gambar 4.45. Kordinat Tendon Y As 3-4 Pada Daerah Tumpuan	105
Gambar 4. 46. Kordinat Tendon Y As 3-4 Pada Daerah Lapangan	105
Gambar 4.47. Kordinat Tendon X As C-D Pada Daerah Tumpuan	106
Gambar 4.48. Kordinat Tendon X As C-D Pada Daerah Lapangan	106

Gambar 4.49. Kordinat Tendon X As D-E Pada Daerah Tumpuan	106
Gambar 4.50. Kordinat Tendon X As D-E Pada Daerah Lapangan	106
Gambar 4.51. Diagram Tegangan Beton Serat Atas Kombinasi (1.0D+0.3PRES) Output SAP 2000	109
Gambar 4.52. Diagram Tegangan Beton Serat Bawah Kombinasi (1.0D+0.3PRES) Output SAP 2000	110
Gambar 4.53. Diagram Deformasi Pelat Prategang Output SAP 2000 Kombinasi (1.0D+0.3PRES)	111
Gambar 4.54. Diagram Tegangan Beton Serat Atas Kombinasi (1.0D+1.0PRES) Output SAP 2000	113
Gambar 4.55. Diagram Tegangan Beton Serat Bawah Kombinasi (1.0D+1.0PRES) Output SAP 2000	114
Gambar 4.56. Diagram Deformasi Pelat Prategang Output SAP 2000 Kombinasi (1.0D+1.0PRES)	115
Gambar 4.57. Diagram Tegangan Beton Serat Atas Kombinasi (1.2D+1.6L) Output SAP 2000	118
Gambar 4.58. Diagram Tegangan Beton Serat Bawah Kombinasi (1.2D+1.6L) Output SAP 2000	119
Gambar 4.59. Diagram Deformasi Pelat Prategang Output SAP 2000 Kombinasi (1.2D+1.6L)	120
Gambar 4.60. Angkur Aktif Flat Slab	130
Gambar 4.61. Pemodelan Struktur 3D	139
Gambar 4.62. Material Property Data	140
Gambar 4.63. Define Mass Source.....	141
Gambar 4.64. Load Case Data-Respons Spektrum	142
Gambar 4.65. Tendon Section Data	143
Gambar 4.66 Data Layout Tendon	144
Gambar 4.67. Gaya Prategang efektif	145
Gambar 4.68. Tinjauan Distribusi Beban Terhadap Balok Struktur.....	149
Gambar 4.69. Permodelan Periode Struktur Mode 1	153
Gambar 4.70. Denah Tangga LT 1-9	162
Gambar 4.71. Potongan Tangga LT. 1 - 9	162

Gambar 4.72. Input Beban Mati Tambahan Pada SAP 2000	163
Gambar 4.73. Input Beban Hidup Pada SAP 2000	164
Gambar 4.74. Output Diagram Momen Pada SAP 2000.....	164
Gambar 4.75. Tinggi Efektif Pada Struktur Pelat.....	165
Gambar 4.76. Denah LT Atap.....	169
Gambar 4.77. Diagram Gaya Dalam Output SAP 2000.....	170
Gambar 4. 78. Model dan Jenis Lift.....	203
Gambar 4.79. Denah Balok Lift	204
Gambar 4.80. Flowcart Perhitungan Penulangan Struktur Balok	240
Gambar 4.81. Flowchart Perhitungan Tulangan Lentur Balok .	242
Gambar 4.82. Flowchart Perhitungan Tulangan Geser Balok...	245
Gambar 4.83. Flowchart Perhitungan Tulangan Torsi Balok....	247
Gambar 4.84. Denah Struktur LT 1	248
Gambar 4.85. Diagram Gaya Dalam Output SAP 2000.....	249
Gambar 4.86 Diagram Gaya Geser Goyangan Kekanan	280
Gambar 4.87. Diagram Gaya Geser Goyangan Kekiri.....	281
Gambar 4.88. Bentuk Kait Panjang Penyaluran.....	285
Gambar 4.89. Flowchart Perhitungan Tulangan Kolom	296
Gambar 4.90. Flowchart Penulangan Longitudional Kolom.....	298
Gambar 4.91. Flowchart Penulangan Tranversal Kolom	300
Gambar 4.92. Denah LT Ground.....	301
Gambar 4.93. Output PCA Col	314
Gambar 4.94. Flowchart Hubungan Balok Kolom.....	324
Gambar 4.95. Luas Join Efektif.....	325
Gambar 4.96 Denah Pelat Lantai Ground	330
Gambar 4.97. Output Gaya Momen Hasil Analisa SAP 2000 ..	330
Gambar 4.98. Denah Tinjauan Pelat Lantai	335
Gambar 4.99. Sambungan Kuda-Kuda Dengan Kolom Baja....	368
Gambar 4.100. Posisi dan Jumlah Baut Sambungan Kuda-Kuda dan Kolom.....	370
Gambar 4.101. Tegangan Tarik Pada Baut	372
Gambar 4.102. Panjang Sambungan Las.....	374
Gambar 4.103. Sambungan Antar Kuda-Kuda.....	376

Gambar 4.104. Posisi dan Jumlah Baut Sambungan Anatar Kuda-Kuda	378
Gambar 4.105. Tegangan Baut Pada Sambungan	380
Gambar 4.106. Panjang Pengelasan Pada Sambungan.....	382
Gambar 4.107. Sambungan Kolom Dengan Pelat Landas	385
Gambar 4.108. Gaya Dalam yang Terjadi Pada Pelat Landas...	386
Gambar 4.109. Panjang Pengelasan Pada Sambungan.....	389
Gambar 4.110. Denah Penomoran Kolom Untuk Fondasi	392
Gambar 4.111. Bekisting Pelat Lantai.....	393
Gambar 4.112. Perancah Scaffolding Jenis Cuplock.....	394
Gambar 4.113. Beton Segar Mutu K 500	395
Gambar 4.114. Model Angkur Aktif	395
Gambar 4.115. Angkur Aktif Flat Slab	396
Gambar 4.116. Detail Ukuran Angkur Aktif freyssnet	397
Gambar 4.117. Angkur Pasif dan Tulangan Angkur	398
Gambar 4.118. Detail Penulangan hoop pada daerah pengankuran pada angkur aktif	399
Gambar 4.119. Hydraulic Jack Mono-Strand Jack YDC240QX-200.....	401
Gambar 4.120. Grouting Machine.....	402
Gambar 4.121. Kordinat Tendon Arah Y As 1-2	402
Gambar 4.122. Kordinat Tendon Arah Y As 3-4	403
Gambar 4.123. Kordinat Tendon Arah X As C-D.....	403
Gambar 4.124. Kordinat Tendon X As D-E.....	404
Gambar 4.125. Denah Tata Letak Tendon	404
Gambar 4.126. Proses Instalasi dan Pemasangan Tendon	405
Gambar 4.127. Instalasi Tendon.....	406
Gambar 4.128. Pemasangan Angkur Aktif pada bekisting	406
Gambar 4.129. Perakitan dan Pemasangan Angkur Pasif	407
Gambar 4.130. Pemasangan Selongsong	407
Gambar 4.131. Pemasangan Tulangan Angkur.....	408
Gambar 4.132. Persiapan Sebelum Pengecoran Pelat Lantai Prategang.....	409
Gambar 4.133. Proses Pengecoran Pelat Lantai Prategang	410

Gambar 4.134. Pemasangan Kepala Angkur Aktif dan Marking	411
Gambar 4.135. Stressing Tendon Slab	412
Gambar 4.136. Mencatat dan mengamati Pressure Guage	412
Gambar 4.137. Proses Pemotongan Strands.....	413
Gambar 4.138. Plester Angkur Aktif.....	413
Gambar 4.139. Proses Grouting Pada Selongsong Tendon.....	414

DAFTAR TABEL

Table 2.1. Sifat-sifat strand stress-relieve dengan tujuh kawat tanpa pelapisan (ASTM A-416-74).....	22
Table 2.2. Koefisien Friksi Untuk Tendon Paska Tarik (SNI 7813:2012)	26
Table 4.3 Tinggi Minimum Balok.....	42
Table 4.4. Dimensi Tebal Pelat Lantai	56
Table 4.5. Beban Mati Lantai Ground.....	58
Table 4.6. Beban Mati LT. 1 - 10	58
Table 4.7. Beban Mati LT. 11	59
Table 4.8. Beban Mati LT. Atap	59
Table 4.9. Type Dimensi Kolom Struktur	63
Table 4.10. kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa (SNI 1726:2012)	73
Table 4.11. Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726:2012).....	73
Table 4.12. Klasifikasi Tanah.....	74
Table 4.13. Klasifikasi Situs, Fa (SNI 1726:2012)	78
Table 4.14. Koefisien Situs, Fv (SNI 1726:2012)	78
Table 4.15. Spektrum Respons Desain.....	81
Table 4. 16. Kategori Desain Seismik Pada Periode Pendek	82
Table 4.17. Kategori Desain Seismik Pada Periode 1 Detik	83
Table 4.18. Faktor Arah Angin , Kd.....	84
Table 4.19. Koefisien Tekanan Internal (GCpl).....	86
Table 4.20. Koefisien Eksposure Tekanan Velositas	86
Table 4.21. Koefisien Tekanan Dinding, Cp.....	87
Table 4.22. Koefisien Tekanan Atap.....	88
Table 4.23. Beban Angin Pada Dinding Bangunan.....	88
Table 4.24. Beban Angin Pada Atap Bangunan	88
Table 4.25 Type dan Jenis Strand	99
Table 4.26. Elevasi Pemasangan Tendon	102
Table 4.27. Spesifikasi Angkur Aktif Flat Slab	131
Table 4. 28. Pemilihan Produk Rubber Sheet.....	135
Table 4.29. Rekapitulasi Hasil Hitungan Beban Bangunan Manual	146

Table 4.30. Output Beban Struktur Hasil Analisa Struktur SAP 2000.....	147
Table 4.31. Output Aksial Kolom Hasil Analisa Struktur SAP 2000.....	147
Table 4.32. Rekapitulasi Hasil Hitungan Beban Aksial Kolom Manual.....	148
Table 4.33. Output Gaya dalam Hasil Analisa SAP 2000.....	151
Table 4.34. Nilai Parameter Periode Pendekatan Ct dan X.....	152
Table 4.35. Koefisien Untuk Batas Atas pada Periode yang dihitung.....	153
Table 4. 36. Nilai Base Reaksi	156
Table 4.37. Partisipasi Massa Input Analisa SAP 2000	157
Table 4. 38. Partisipasi Massa Output Analisa SAP 2000	157
Table 4.39. Kontrol Simpangan Arah X.....	158
Table 4. 40. Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y	159
Table 4.41. Hasil Perhitungan Penulangan Tangga.....	168
Table 4.42. Tabel Output Gaya –Gaya Dalam	170
Table 4.43. Tabel Kapasitas Lift	203
Table 4.44. Hasil Output Gaya-Gaya Dalam.....	204
Table 4.45. Tabel Output Gaya –Gaya Dalam	249
Table 4.46. Luas Tulangan Pokok Balok B46 LT 1	277
Table 4.47. Probable Momen Capacities (Mpr)	279
Table 4.48. Penyaluran Batang Tulangan	284
Table 4.49. Rekapitulasi Penulangan Balok B46 Interior Portal Memanjang.....	286
Table 4.50. Rekapitulasi Penulangan Balok B46 Interior Portal Memanjang Lanjutan.....	287
Table 4.51. . Rekapitulasi Penulangan Balok B46 Ekterior Portal Memanjang.....	288
Table 4.52. Rekapitulasi Penulangan Balok B46 Ekterior Portal Memanjang Lanjutan.....	289
Table 4.53. Rekapitulasi Penulangan Balok B35 Interior Portal Melintang	290
Table 4.54. Rekapitulasi Penulangan Balok B35 Interior Portal Melintang Lanjutan	291

Table 4.55. Rekapitulasi Penulangan Balok B35 Eksterior Portal Melintang	292
Table 4.56. Rekapitulasi Penulangan Balok B35 Eksterior Portal Melintang Lanjutan	293
Table 4.57 Output Gaya Dalam Aksial Kolom	304
Table 4.58 Output Gaya-Gaya Dalam Momen Kolom	304
Table 4.59. Output Gaya-Gaya Dalam Kolom.....	313
Table 4.60. Penyaluran Batang Tulangan	322
Table 4.61. Output Gaya Momen Hasil Analisa SAP 2000	331
Table 4.62. Hasil Perhitungan Penulangan Pelat Lantai	336
Table 4.63. Output Gaya-Gaya Dalam SAP 2000.....	391
Table 4.64. Type Standard Angkur aktif slab (freysinet prestressing manual).....	396
Table 4.65. Ukuran Angkur Multi Strand Flat Slab freyssnet...	397
Table 4.66. Type dan jenis kategori tulangan hoop daerah angkur	399
Table 4.67. Kesesuaian berbagai jenis Power Pack	400
Table 4.68. Pemilihan Type Jack terhadap type angkur.....	400
Table 4.69. Elevasi Pemasangan Tendon	405

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Hotel Pesonna Pekanbaru merupakan sebuah gedung Perhotelan yang terletak di Kota Pekanbaru Riau. Gedung ini Mempunyai tiga belas lantai fungsi dengan tinggi bangunan ± 46.20 m ditambah satu lantai *basement* yang difungsikan sebagai area parkir sedalam ± 3 m dibawah permukaan Lantai dasar. Hotel ini dikategorikan sebagai hotel bintang tiga yang mempunyai berbagai fasilitas diantaranya mempunyai *swimming pool* dan *ballroom*. *Swimming pool* pada hotel ini terdapat pada lantai satu sedangkan *ballroom* terdapat dilantai sebelas dan hotel ini hanya mempunyai satu *ballroom*. Pada tugas akhir ini gedung akan dirancang mempunyai dua lantai ballroom yang terdapat pada lantai sepuluh dan sebelas.

Pada perancangan *ballroom* akan lebih mempertimbangkan kenyamanan dan keindahan. *Ballroom* membutuhkan luasan ruangan yang besar sehingga harus menghilangkan kolom struktur *interior* yang terdapat pada lantai *ballroom*, sehingga aspek kenyamanan terpenuhi. Dalam hal ini struktur balok mempunyai bentang ± 13.5 m, apabila balok menggunakan beton konvensional maka dimensi balok besar sehingga mempengaruhi desain interior arsitektur ballroom. Dalam hal ini ada beberapa solusi yang memungkinkan bisa dilaksanakan diantaranya menggunakan balok prategang dan sistem pelat prategang.

Balok prategang akan lebih efektif dan efisien jika diterapkan pada gedung yang mempunyai bentang ≥ 40 m, maka penerapan pada gedung ini kurang efektif (IAPPI,2014). Sehingga Pada tugas akhir ini *ballroom* lantai sepuluh akan dirancang menggunakan sistem pelat prategang.

Berdasarkan tugas akhir terapan (Muhammad Ali, 2017) tentang perencanaan pelat prategang dengan menggunakan tumpuan balok tepi dengan jenis tumpuan sendi-sendi. Pada tugas akhir terapan ini menggunakan jenis tumpuan sendi-rol. Maka

yang membedakan tugas akhir ini dengan tugas akhir sebelumnya yaitu pada jenis tumpuannya. Dimana dengan membuat jenis tumpuan sendi rol maka pada saat pemberian gaya prategang tumpuan rol akan bergerak sehingga tidak mempengaruhi struktur secara keseluruhan.

Beton prategang pada dasarnya mempunyai dua jenis menurut cara penarikannya yaitu dengan metoda *pre-tension* dan *post-tension* (Nawy, 2001). Metoda *pre-tension* merupakan sistem prategang dimana tendon-tendon diberi gaya prategang terlebih dahulu sebelum beton dicor. Tendon-tendon harus diangkur sementara pada abutmen atau lantai penahan pada waktu ditarik dan gaya prategang dialihkan ke beton setelah beton mengeras. Metoda *post-tension* merupakan Suatu sistem prategang dimana tendon ditarik setelah beton mengeras. Tendon-tendon diangkurkan pada beton tersebut segera setelah gaya prategang dilakukan. Metode ini dapat dilakukan pada elemen-elemen baik beton pracetak maupun beton yang dicor ditempat. Pada perancangan gedung ini akan menggunakan metoda penarikan post-tension cor ditempat, Sehingga komponen struktur pelat prategang dan balok beton konvensional membentuk kesatuan yang monolit.

Sistem struktur bangunan gedung yang sering dilaksanakan pada pembangunan gedung di Indonesia pada umumnya menggunakan sistem struktur ganda dan sistem struktur rangka pemikul momen. Sistem struktur ganda diantaranya merupakan kombinasi sistem struktur rangka pemikul momen dan dinding struktural atau dinding geser. Pada sistem struktur rangka pemikul momen terdapat tiga jenis yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM), dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Pada perhitungan struktur pada tugas akhir ini struktur gedung akan di rancang menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

1.2. Perumusan Masalah

Permasalahan umum yang akan diselesaikan adalah bagaimana cara mendesain gedung dengan membuat *space* ruang yang besar dengan pengurangan kolom interior pada struktur dengan tetap memenuhi kaidah arsitektur dan keandalan terhadap beban gempa.

Detail permasalahan untuk menunjang penyelesaian permasalahan umum adalah :

1. Bagaimana mendesain struktur gedung dengan sistem struktur SRPMK?
2. Bagaimana mendesain dan melaksanakan aplikasi metoda struktur pekerjaan pelat beton prategang untuk solusi pengurangan kolom interior pada struktur dengan maksud membuat *space* ruang yang luas?

1.3. Maksud dan Tujuan

Tujuan umum dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk mendesain gedung dengan *space* ruang yang besar dengan pengurangan kolom interior pada struktur dengan tetap memenuhi kaidah arsitektur dan keandalan terhadap beban gempa.

Detail maksud dan tujuan penyelesaian permasalahan umum adalah :

1. Mampu mendesain struktur gedung dengan system struktur SRPMK.
2. Mampu mendesain dan melaksanakan aplikasi metoda struktur pekerjaan Pelat beton prategang untuk solusi pengurangan kolom interior pada struktur dengan maksud membuat *space* ruang yang luas.

1.4. Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini permasalahan akan dibatasi sampai dengan batasan-batasan, antara lain :

1. Pada perancangan struktur menggunakan sistem struktur SRPMK .

2. Pada struktur gedung menggunakan sistem pelat beton prategang pada lantai sepuluh khusus ballroom.
3. Pada perancangan struktur membahas metode pelaksanaan aplikasi struktur pada pekerjaan pelat beton prategang.
4. Pada perancangan struktur membahas spesifikasi teknis dan anggaran biaya pada aplikasi pekerjaan pelat beton prategang.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penyusunan tugas akhir ini adalah :

1. Memahami perancangan struktur dengan system struktur SRPMK.
2. Memahami perancangan pelat beton prategang pada lantai gedung bertingkat.
3. Memahami aplikasi penggunaan beton prategang pada pembangunan gedung bertingkat.
4. Memahami metode pelaksanaan aplikasi struktur pelat beton prategang pada bangunan gedung bertingkat
5. Dapat mengetahui spesifikasi teknis dan Anggaran biaya pekerjaan pelat beton prategang
6. Dapat digunakan sebagai acuan untuk perhitungan desain beton prategang kedepannya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Perencanaan Dimensi Elemen Struktur

2.1.1. Perencanaan Dimensi Balok

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 9.5.3.1 dalam menentukan dimensi awal balok dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut :

- a. Menentukan data desain yang meliputi panjang balok dan data propertis material
- b. Rencanakan tinggi balok (h) dengan persamaan sebagai berikut :

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \quad (2.1)$$

$$h_{\min} = \frac{L}{16} \left(0,4 + \left(\frac{f_y}{700} \right) \right) \quad (2.2)$$

Keterangan :

h_{\min} = Tinggi minimum balok (mm).

L = Panjang balok (mm).

f_y = Tegangan leleh baja (Mpa).

- c. Bila f_y sama dengan 420 Mpa gunakan pers. 2.1, Bila f_y selain 420 Mpa gunakan pers. 2.2
- d. Rencanakan lebar balok (b) adalah $2/3 h$.

2.1.2. Perencanaan Dimensi Pelat Lantai

Berdasarkan peraturan beton SNI 03-2847-2013 tebal pelat lantai dengan balok yang membentang diantara tumpuan pada semua sisinya, tebal minimum, h , harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- a. Untuk αm yang sama atau lebih kecil dari 0,2 harus menggunakan 9.5.3.2

$$\alpha m = \frac{\sum \alpha n}{n}$$

Keterangan :

αm = Nilai rata-rata α

α = Rasio kekakuan balok terhadap plat

- b. Untuk αm lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0 h tidak boleh kurang dari

$$h = \frac{\ln(0,8 + f_y / 1400)}{36 + 5\beta(\alpha m - 0,2)} \geq 125 \text{ mm}$$

Keterangan :

= Bentang bersih arah memanjang panel pelat (mm).

h = Tebal plat (mm).

β = Rasio bentang bersih arah memanjang terhadap arah memendek plat.

F_y = Tegangan leleh baja (Mpa).

- c. Untuk αm lebih besar dari 2,0 ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 + F_y / 1500)}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm}$$

Keterangan :

= Bentang bersih arah memanjang panel pelat (mm).

h = Tebal plat (mm).

β = Rasio bentang bersih arah memanjang terhadap arah memendek plat.

F_y = Tegangan leleh baja (Mpa).

2.1.3. Perencanaan Dimensi Kolom

Dalam menentukan dimensi awal kolom dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah berikut :

- a. Kolom yang akan dianalisis dipilih berdasarkan yang memikul beban terbesar lalu menentukan data desain yang meliputi :
 1. Tebal plat yang menumpu kolom yang akan dianalisis.
 2. Dimensi balok yang menumpu kolom yang akan dianalisis.
 3. Mutu Beton yang digunakan ($f'c$).
- b. Mendefinisikan beban-beban yang akan menumpu pada kolom sesuai dengan SNI 1727:2012.
- c. Menghitung A_{perlu} dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A = \frac{1,5W}{\phi f'c} \quad (2.6)$$

Keterangan :

A = Luas kolom yang dibutuhkan (mm^2)

W = Total beban yang menumpu kolom

ϕ = Faktor reduksi = 0.65

Cek dimensi kolom dengan $h = b$ lebih besar dari 300 mm serta rasio b dan h lebih kecil dari 0.4

2.2. Pembebanan Pada Struktur

Dalam perencanaan struktur harus memperhitungkan pengaruh-pengaruh aksi sebagai akibat dari beban-beban berikut ini sesuai dengan peraturan SNI 1727:2013

Ada 2 jenis beban penting pada konstruksi bangunan gedung

1. Beban Gravitasi
 - a. Beban Mati (D)
 - b. Beban Hidup (L)
 - c. Beban Beban Hujan (R)
 - d. Beban Salju (S)
2. Beban Lateral
 - a. Beban Angin (W)
 - b. Beban Sismik/Gempa (E)

2.2.1. Beban Mati (D)

Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, plafond, tangga, dinding partisi tetap, finishing, klading gedung dan komponen arsitektur dan structural lainnya serta peralatan layan yang terpasang lain (SNI 1727:2013).

2.2.2. Beban Hidup (L)

Beban yang diakibatkan oleh pengguna atau 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 (SNI 1727:2013).

a. Beban Hidup Reduksi Plat Lantai

Berdasarkan SNI 1727:2012 Pasal 4.8 semua beban hidup merata pada lantai dapat direduksi dengan menggunakan Pers. 2.18 kecuali untuk beban hidup merata pada atap.

$$L = L_o \left(0.25 + \frac{4.57}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right) \quad (2.8)$$

Keterangan :

L = Beban hidup rencana tereduksi per m² dari luasan yang didukung oleh komponen Struktur.

L_o = Beban hidup rencana tanpa reduksi dari luasan yang didukung oleh komponen struktur (SNI 1727:2012 Tabel 4-1)

K_{LL} = Faktor elemen beban hidup (SNI 1727:2012 Tabel 4-2)

A_T = Luas tributary (m²)

L tidak boleh kurang dari 0,5L_o untuk komponen struktur yang mendukung satu lantai dan L tidak boleh kurang dari 0,4 L_o untuk komponen struktur yang mendukung dua lantai atau lebih.

2.2.3. Beban Sismik/Gempa (SNI 1726:2012)

Berdasarkan SNI 1726:2012, penghitungan pengaruh beban gempa pada struktur dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode analisis, diantaranya yaitu:

- a. Analisis beban gempa statik ekuivalen
- b. Analisis ragam spektrum respons
- c. Analisis respons dinamik riwayat waktu.

Pengaruh gempa pada struktur gedung ditentukan berdasarkan suatu analisa dinamik, maka yang diartikan dengan beban gempa disini adalah gaya-gaya di dalam struktur tersebut yang terjadi oleh gerakan tanah akibat gempa tersebut.

2.3. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan diambil berdasarkan SNI - 2847:2013 pasal 9.2.1 yaitu :

1. $U = 1.4D$
2. $U = 1.2D+1.6L+0.5(Lr \text{ atau } R)$
3. $U = 1.2D+1.6(Lr \text{ atau } R)+(L \text{ atau } 0.5W)$
4. $U = 1.2D+W+L+0.5(Lr \text{ atau } R)$
5. $U = 1.2D+E+L$
6. $U = 0.9D+W$
7. $U = 0.9D+E$

2.4. Perhitungan Struktur SRPMK

2.4.1. Komponen Struktur Lentur Rangka Momen Khusus

1. Persyaratan Gaya dan Geometri

Persyaratan yang berlaku untuk komponen struktur lentur rangka momen khusus yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa dan diproporsikan terutama untuk menahan lentur. Komponen struktur rangka ini juga harus memenuhi kondisi-kondisi berikut:

1. Gaya aksial tekan terfaktor pada komponen struktur lentur dibatasi maksimum

$$0,1Agf^c \quad (2.9)$$

Dimana, A_g = Luas Penampang Komponen Struktur

2. Bentang Bersih Komponen Struktur tidak boleh kurang dari 4 kali tinggi efektifnya

$$L_n > 4 d \quad (2.10)$$

Dimana,

L_n = Panjang Bentang Bersih

d = Tinggi Efektif

3. Perbandingan Lebar terhadap tinggi tidak boleh kurang dari 0.3

$$b/h < 0.3 \quad (2.11)$$

Dimana,

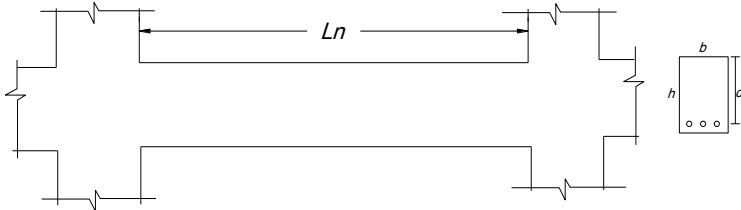
b = Lebar Balok

h = Tinggi Balok

4. Lebar komponen tidak boleh:

- a. Kurang dari 250 mm

- b. Lebar balok (b) < Lebar Kolom



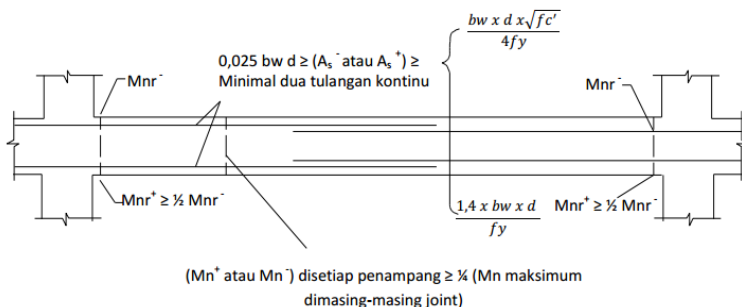
$$\frac{l_n}{d} \geq 4 ; \frac{b}{h} \geq 0.3 \text{ dan } 250 \text{ mm} < b \leq \text{Lebar Kolom}$$

Gambar 2.1. Ketentuan Dimensi Penampang Balok

2. Persyaratan Tulangan Lentur

Ada beberapa syarat tulangan lentur yang perlu diperhatikan pada perencanaan komponen lentur SRPMK, diantaranya adalah :

1. Tulangan Terpasang baik tulangan tekan maupun tulangan tarik harus lebih besar dari luas tulangan minimum yang dipersyaratkan yaitu $\left(\frac{0,25 \times bw \times d \times \sqrt{f'c'}}{fy}\right)$ atau $\left(\frac{1,4 \times bw \times d}{fy}\right)$ (dengan bw dan d masing-masing adalah lebar dan tinggi efektif penampang komponen lentur). Rasio tulangan lentur maksimum (ρ maks) juga dibatasi sebesar 0,025. Selain itu, pada penampang harus terpasang secara menerus minimal dua batang tulangan atas dan tulangan bawah
2. Kuat lentur positif balok pada muka kolom harus lebih besar atau sama dengan setengah kuat lentur negatifnya. Kuat lentur negative dan positif pada setiap penampang disepanjang bentang tidak boleh lebih kurang dari seperempat kuat lentur terbesar pada bentang tersebut.



Gambar 2.2. Persyaratan Tulangan Lentur

3. Sambungan Lewatan tidak boleh digunakan pada:
 - a. Daerah Hubungan Balok Kolom
 - b. Daerah hingga jarak dua kali tinggi balok dari muka kolom
 - c. Lokasi-lokasi yang berdasarkan hasil analisis, memperlihatkan kemungkinan terjadi leleh lentur akibat perpindahan lateral inelastic rangka.

3. Persyaratan Tulangan Transversal

Tulangan tranvesal pada komponen lentur dibutuhkan terutama untuk menahan geser, mengekang daerah inti penampang beton dan menyediakan tahanan lateral bagi batang-batang tulangan lentur dimana tegangan leleh dapat terbentuk. Beberapa persyaratan harus dipenuhi untuk pemasangan tulangan sengkang tertutup, diantaranya:

1. Sengkang tertutup harus dipasang:
 - a. Pada daerah hingga dua kali tinggi balok diukur dari muka tumpuan.
 - b. Disepanjang daerah dua kali tinggi balok pada kedua sisi dari suatu penampang dimana kemungkinan pelelehan lentur terjadi
2. Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan. Spasi sengkang tertutup tidak boleh melebihi:
 - a. $d/4$
 - b. $6D$ tulangan Lentur
 - c. 150 mm

4. Persyaratan Kuat Geser Komponen Struktur Lentur

Persyaratan kuat geser perlu (V_e) untuk perencanaan geser bagi komponen struktur lentur SRPMK harus ditentukan dari peninjauan gaya static pada komponen struktur antara dua muka tumpuan.

1. Hitung Probable Moment Capacities (M_{pr})¹

a. Kapasitas Momen Ujung-Ujung Balok

$$A_{pr} = \frac{1.25 Ag f_y a}{0.85 f' c b d e} \quad (2.12)$$

$$M_{pr} = 1.25 Ag f_y \left(d \frac{A_{pr}}{2} \right) \quad (2.12a)$$

Maka V_e :

$$V_e = \frac{M_{pr1} + M_{pr2}}{l_n} + \frac{W_u l_n}{2} \quad (2.13)$$

Dimana:

- V_e = Gaya geser ultimit balok akibat gempa
- M_{pr1} = Probable moment diperletakkan 1 akibat goyangan kekiri atau kekanan
- M_{pr2} = Probable moment diperletakkan 2 akibat goyangan kekiri atau kekanan
- W_u = pengaruh beban gravitasi
= 1,2 D + 1,0 L
- l_n = Panjang bentang bersih balok

2. Sengkang Untuk Gaya Geser

Tulangan transversal harus dirancang untuk menahan kuat geser perlu dengan menganggap kontribusi penampang beton dalam menahan geser (V_c) = 0 selama :

- a. Gaya geser akibat gempa (V_e) lebih kuat geser perlu maksimum disepanjang bentang tersebut
- b. Gaya tekan aksial terfaktor P_u, lebih kecil dari $\frac{Agfc'}{20}$

2.4.2. Komponen Struktur Rangka Momen Khusus yang Menerima Kombinasi Beban Lentur dan Aksial

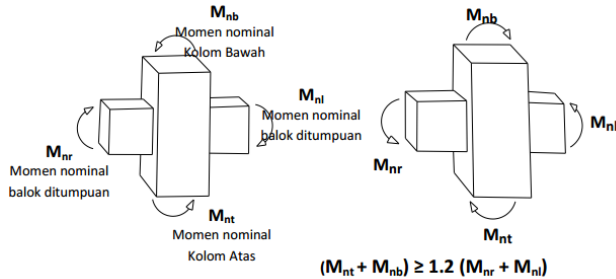
1. Persyaratan Geometri

Besarnya beban aksial terfaktor yang bekerja pada komponen struktur kolom dibatasi tidak kurang dari 0,1 Agfc'. Beberapa persyaratan geometri juga harus dipenuhi oleh komponen struktur kolom SRPMK, diantaranya :

1. Ukuran penampang terkecil tidak kurang dari 300 mm
2. Perbandingan antara ukuran terkecil penampang terhadap ukuran dalam arah tegak lurus tidak kurang dari 0,4.

2. Persyaratan Lentur

Berdasarkan peraturan beton SNI 2847-2013, kuat lentur kolom SRPMK harus memenuhi ketentuan Kolom kuat balok lemah (*Strong Column Weak Beam*).



Gambar 2.3. Konsep Strong Column Weak Beam

$$\sum M_c \geq (1.2) \sum M_{nb} \quad (2.14)$$

Dengan $\sum M_c$ = Jumlah M_n kolom yang merangka pada hubungan balok – kolom. M_n harus dihitung untuk gaya aksial terfaktor, yang sesuai dengan arah gaya-gaya lateral yang ditinjau, yang menghasilkan nilai M_n terkecil.

$\sum M_{nb}$ = Jumlah M_n balok yang merangkap pada hubungan balok-kolom.

Kuat lentur kolom harus memenuhi ketentuan kolom kuat-balok lemah (*Strong column-weak beam*). Tujuannya adalah untuk mencegah terjadinya leleh pada kolom-kolom yang pada dasarnya didesain sebagai komponen pemikul beban lateral.

3. Persyaratan Tulangan Lentur

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.3.1, tulangan lentur kolom harus memenuhi beberapa persyaratan berikut :

1. Rasio penulangan dibatasi minimum tidak boleh kurang dari 0,01Ag dan maksimum tidak boleh dari 0,06 Ag

4. Persyaratan Tulangan Transversal

Tulangan transversal pada kolom utama berfungsi untuk mengekang daerah inti kolom. Tulangan transversal pada kolom dapat berupa tulangan spiral atau tulangan sengkang tertutup.

1. Luas total penampang sengkang tertutup persegi tidak boleh kurang daripada persamaan –persamaan dibawah ini.

$$A_{sh} = 0,3 \left(sb_{cx} \frac{f_{ct}}{f_{yt}} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \quad (2.16)$$

$$A_{sh} = 0,09 \left(sb_{cx} \frac{f_{ct}}{f_{yt}} \right) \quad (2.17)$$

Dengan :

- A_{sh} = Luas penampang total tulangan transversal dalam rentang spasi s dan tegak lurus terhadap dimensi b_c
- S = Spasi tulangan transversal
- b_c = Dimensi penampang inti kolom yang arah normalnya sejajar sumbu x, diukur dari sumbu ke sumbu tulangan transversal terluar
- A_g = Luas bruto penampang kolom
- A_{ch} = Luas penampang inti kolom dari sisi luar ke sisi luar tulangan sengkang tertutup.
- A_c = Luas penampang inti kolom dari sisi luar ke sisi luar tulangan spiral
- f_{yt} = kuat leleh tulangan transversal

Berdasarkan SNI beton spasi tulangan transversal yang dipasang disepanjang daerah yang berpotensi membentuk sendi plastis (yaitu diujung-ujung kolom) tidak boleh lebih dari :

- a. Seperempat dimensi terkecil komponen struktur
- b. Enam kali diameter tulangan longitudinal,
- c. $S_x = 100 + \frac{350-hx}{3}$ (2.18)

Nilai S_x pada persamaan diatas dibatasi maksimum 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

5. Perencanaan Geser

Gaya geser rencana, V_e , untuk perencanaan geser kolom harus ditentukan berdasarkan gaya lentur maksimum. Gaya geser V_e yang digunakan untuk desain tidak boleh lebih kecil dari pada nilai gaya geser hasil analisis struktur. Perencanaan tulangan transversal yang dipasang untuk menahan gaya geser V_e , harus dilakukan dengan menganggap $V_c = 0$ bila:

1. Gaya geser akibat gempa yang dihitung sesuai dengan M_{pr} mewakili 50% atau lebih kuat geser perlu maksimum pada bagian disepanjang l_o
2. Gaya tekan aksial terfaktor termasuk akibat pengaruh gempa tidak melampaui $A_g f_c' / 10$

2.4.3. Persyaratan Detailing Hubungan Balok-Kolom (Join) SRPMK

1. Persyaratan Gaya dan Geometri

Gaya-gaya pada tulangan balok longitudinal dimuka join harus ditentukan harus mengasumsikan bahwa tegangan pada tulangan tarik lentur adalah $1.25 f_y$. Beberapa persyaratan geometri harus dipenuhi untuk join SRPMK, diantaranya:

1. Bila tulangan balok longitudinal menerus melalui join balok kolom, dimensi kolom yang sejajar terhadap tulangan balok tidak boleh kurang dari 20 kali diameter batang tulangan balok longitudinal terbesar.

2. Persyaratan Tulangan Transversal

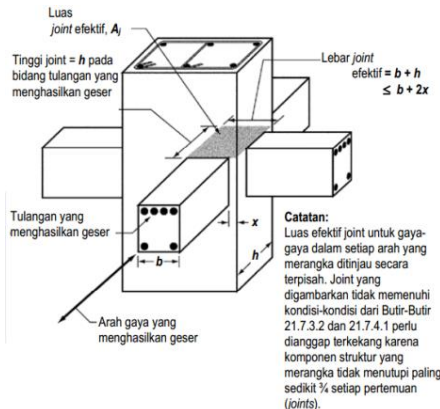
Tulangan transversal seperti sengkang tertutup yang dipasang pada daerah kolom harus dipasang juga didaerah hubungan balok-kolom (HBK). Bila balok dengan lebar setidaknya tiga perempat (3/4) lebar kolom merangka pada keempat sisi HBK maka tulangan transversal yang harus dipasang didaerah joint hanyalah setengah (1/2) dari yang dipasang didaerah kolom dan spasi 150 mm.

3. Kekuatan Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 untuk beton normal V_n Joint tidak boleh diambil yang lebih besar dari nilai yang ditetapkan pada persamaan kuat geser HBK dapat dihitung sebagai berikut :

$$V_{jn} = C \sqrt{f_c' A_j} \quad (2.19)$$

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, dan 1,0 untuk hubungan lainnya.



Gambar 2.4. Luas Joint Efektif (A_j)

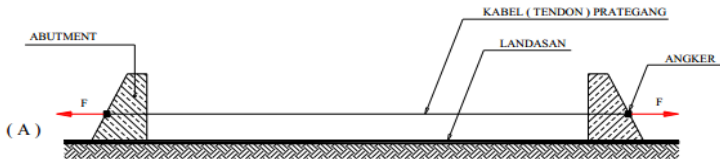
2.5. Struktur Beton Prategang

Beton prategang merupakan kombinasi yang ideal dari dua buah bahan modern yang berkekuatan tinggi. (Lin dan Burns, 2000).

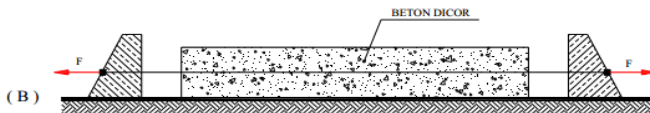
Beton prategang pada dasarnya dibagi menjadi dua menurut cara penarikan (Nawy, 2001) yaitu:

a. Pratarik (pre-tension method)

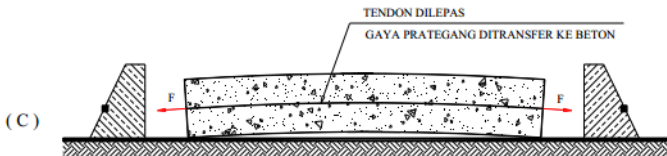
Metode sistem prategang dimana tendon-tendon diberi gaya prategang terlebih dahulu sebelum beton dicor. Tendon-tendon harus diangkur sementara pada abutmen atau lantai penahan pada waktu ditarik dan gaya prategang dialihkan ke beton setelah beton mengeras.



Gambar 2.5. Tendon Ditarik dan Diangkur (Nawy, 2001)



Gambar 2.6. Beton Dicetak dan Dicor (Nawy, 2000)



Gambar 2.7. Gaya Prategang Ditransfer ke Beton yang Telah Cukup Umur (Nawy, 2000)

Keterangan :

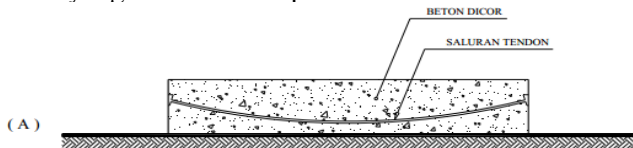
Gambar A : kabel prategang (tendon) ditarik atau diberi gaya prategang kemudian diangkur pada suatu abutmen tetap.

Gambar B : beton dicor pada cetakan (formwork) dan landasan yang sudah disediakan sedemikian sehingga melingkupi tendon yang sudah diberi gaya prategang dan dibiarkan mengeras.

Gambar C : setelah beton mengeras dan cukup umur kuat untuk menerima gaya prategang, tendon dipotong dan lepas, sehingga gaya prategang ditransfer ke beton.

b. Pasca Tarik (post-tension method)

Suatu system prategang dimana tendon ditarik setelah beton mengeras. Tendon-tendon diangkurkan pada beton tersebut segera setelah gaya prategang dilakukan. Metode ini dapat dilakukan pada elemen-elemen baik beton pracetak maupun beton yang dicetak ditempat.



Gambar 2.8. Beton dicor dengan selongsong tendon terpasang (Nawy, 2001)



Gambar 2.9. Penarikan Tendon (Nawy, 2001)



Gambar 2.10. Gaya Prategang Ditranfer Ke Beton (Nawy, 2001)

Keterangan :

Gambar A : Dengan cetakan (formwork) yang telah disediakan lengkap dengan saluran/ selongsong kebel prategang (tendon duck) yang dipasang melengkung sesuai bidang momen balok, beton dicor.

Gambar B : setelah beton cukup umur dan kuat memikul gaya prategang, tendon atau kabel prategang dimasukkan dalam selongsong (tendon duck), kemudian ditarik untuk mendapatkan gaya prategang. Metode pemberian gaya prategang ini, salah satu ujung kabel diangker, kemudian ujung lainnya ditarik (ditarik dari satu sisi). Ada pula yang ditarik kedua sisi dan diangkur secara bersamaan. Setelah diangkur kemudian saluran digrouting melalui lubang yang telah disediakan.

Gambar C : setelah diangkur, balok beton menjadi tertekan jadi gaya prategang telah ditransfer ke beton. Karena tendon dipasang melengkung, maka akibat gaya prategang tendon memberikan beban merata ke balok yang arahnya ke atas, akibatnya balok melengkung ke atas.

2.5.1. Tahap-Tahap Pembebanan Beton Prategang

1. Tahap awal (Transfer)

Untuk sistem pratarik, tahap transfer ini terjadi pada saat angker dilepas dan gaya prategang ditransfer ke beton. Untuk sistem pascatarik, tahap transfer ini terjadi pada saat beton sudah cukup umur dan dilakukan penarikan kabel prategang. Pada saat ini beban yang bekerja hanya berat sendiri struktur, beban pekerja dan peralatan. Sedangkan beban hidup belum bekerja sepenuhnya. Jadi, beban yang bekerja sangat minimum, sementara gaya

prategang yang bekerja maksimum karena belum ada kehilangan gaya prategang.

2. Tahap Layan (Service)

Kondisi layan adalah kondisi pada saat beton prategang digunakan sebagai komponen struktur. Pada tahap ini beban luar seperti beban hidup, angin, gempa dan lain-lain mulai bekerja, sedangkan semua kehilangan gaya prategang sudah harus dipertimbangkan dalam analisa strukturnya. Jadi, beban yang bekerja maksimum sementara kehilangan gaya prategang sudah diperhitungkan.

2.5.2. Meterial Beton Prategang

2.5.3.1. Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi menurut ACI 318 adalah yang mempunyai kuat tekan silinder melebihi 6000 psi (41,4). Untuk beton dengan kuat tekan antara 6000 psi sampai 12000 psi (42-84 Mpa) (Nawy, 2001).

A. Modulus dan Kekuatan Tekan Awal

Pada umumnya pemberian gaya prategang pada suatu elemen dilakukan sebelum beton mencapai kekuatan 28 hari, perlu ditentukan kuat tekan beton f_{ci} pada taraf prategang, begitu pula modulus beton E_c pada berbagai taraf riwayat pembebanan elemen tersebut. Rumus umum untuk menghitung kuat tekan sebagai fungsi dari waktu (Nawy, 2001).

$$f_{ci} = \frac{t}{\alpha + \beta t} f_c' \quad (2.21)$$

dimana

f_c' = kuat tekan 28 hari

t = waktu (hari)

α = Faktor yang bergantung pada tipe semen dan kondisi perawatan

= 4,00 untuk semen tipe I yang dirawat basah dan 2,3 untuk semen tipe III yang dirawat basah.

= 1,00 untuk semen tipe I yang dirawat uap dan 2,30 untuk semen tipe III yang dirawat dengan uap.

β = Faktor yang tergantung pada parameter-parameter yang sama dengan nilai masing - masing 0,85; 0,92; 0,95 dan 0,98

2.5.3.2. Baja Prategang

Baja mutu tinggi untuk sistem prategang biasanya merupakan salah satu dari ketiga bentuk kawat (*wire*), untai kawat (*strand*) dan batang (*bar*). Didalam penyelesaian gelagar beton pratekan pada proyek akhir ini kami memakai “*Uncoated Seven Wire Stress Relieved for Prestressed Concrete ASTM A-416*”

Table 2.1. Sifat-sifat strand stress-relieve dengan tujuh kawat tanpa pelapisan (ASTM A-416-74)

Diameter nominal (mm)	Kekuatan Putus (KN)	Luas Nominal Strand (mm ²)	Beban Minimum pada Pemuaiian 1% (KN)
		Derajat 1720 Mpa	
6,35	40,0	23,22	34,0
7,94	64,5	37,42	54,7
9,53	89,0	51,61	75,6
11,11	120,1	69,68	102,3
12,70	160,1	92,90	136,2
15,24	240,2	139,35	204,2
		Derajat 1860 Mpa	
9,53	102,3	54,84	87,0
11,11	137,9	74,19	117,2
12,70	183,7	98,71	156,1
15,24	260,7	140,00	221,5

2.5.3. Kehilangan Sebagian Gaya Prategang

2.5.3.1. Kehilangan Akibat Perpendekan Elastis Beton

Beton memendek pada saat gaya prategang bekerja dan tendon yang melekat pada beton disekitarnya secara simultan juga memendek, maka tendon tersebut akan kehilangan gaya prategang yang dipikulnya. Kehilangan akibat perpendekan elastis bervariasi dari nol jika semua tendon didongkrak secara simultan. Jika n adalah banyaknya tendon yang ditarik secara sekuensial, maka:

$$\Delta f_{pES} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (\Delta f_{pES})_j \quad (2.24)$$

Yang mana j menunjukkan nomor operasi pendongkrakan.

2.5.3.2. Relaksasi Tegangan Baja

Tendon stress-relieved mengalami kehilangan pada gaya prategang sebagai akibat dari perpanjangan konstan terhadap waktu. Besarnya pengurangan prategang bergantung tidak hanya pada durasi gaya prategang yang ditahan, melainkan juga pada rasio antara prategang awal dan kuat leleh baja prategang f_{pi}/f_{py} . Peraturan ACI 318-99 membatasi tegangan tarik ditendon prategang.

- Untuk tegangan akibat gaya pendongkrak tendon, $f_{pi} = 0,9 f_{py}$, tetapi tidak lebih besar dari pada yang terkecil diantara $0,8 f_{pu}$ dan nilai maksimum yang disarankan oleh pembuat tendon dan anker.
- Segera setelah transfer gaya prategang, $f_{pi} = 0,82 f_{py}$, tetapi tidak lebih besar dari pada $0,74 f_{pu}$.
- Pada tendon pasca tarik, dipengangkeran dan perangkai segera setelah transfer gaya $= 0,70 f_{pu}$
Nilai f_{py} dapat dihitung dari :
Batang prategang : $f_{py} = 0,80 f_{pu}$
Tendon *stress-relieved* : $f_{py} = 0,85 f_{pu}$
Tendon relaksasi rendah, $f_{py} = 0,90 f_{pu}$.

Jika analisis kehilangan dengan cara langkah demi langkah dibutuhkan, maka inkremen kehilangan pada suatu tahap dapat didefinisikan sebagai :

$$\Delta f_{pR} = f'_{pi} \left(\frac{\log t_2 - \log t_1}{10} \right) \left(\frac{f'_{pi}}{f_{pe}} - 0,55 \right) \quad (2.25)$$

Keterangan :

- Δf_{pRe} = Tegangan yang hilang akibat relaksasi baja
- RET_1 = Kehilangan gaya prategang akibat relaksasi baja tahap 1
- A_{ps} = Luas penampang tendon *prestress*
- f_{ci} = Tegangan prategang awal setelah *jacking* dan kehilangan langsung
- f_{py} = Tegangan leleh tendon prategang
- t_1 = Waktu awal interval tahapan yang dihitung
- t_2 = Waktu akhir interval tahapan yang dihitung

Dimana t_1 adalah waktu pada awal suatu interval dan t_2 adalah waktu diakhir interval, yang keduanya dihitung dari saat pondongkrakan.

2.5.3.3. Kehilangan Yang Diakibatkan Oleh Rangkak (CR)

Deformasi atau aliran lateral akibat tegangan longitudinal disebut rangkak (*creep*). Rumus untuk menghitung kehilangan akibat rangkak pada dasarnya sama.

$$\Delta f_{pCR} = nK_{CR} (f_{cs} - f_{csd}) \quad (2.26)$$

Dimana :

- K_{CR} = 2,0 untuk komponen struktur pratarik
= 1,6 untuk komponen struktur pascatarik
(keduanya untuk beton normal)
- f_{cs} = Tegangan dibeton pada level pusat berat baja segera setelah transfer.
- f_{csd} = Tegangan dibeton pada level pusat berat baja akibat semua beban mati tambahan yang bekerja setelah prategang diberikan.
- n = Rasio Modulus

2.5.3.4. Kehilangan Yang Diakibatkan Oleh Susut (SH)

komponen pascatarik, kehilangan prategang akibat susut agak lebih kecil karena sebagian susut telah terjadi sebelum pemberian pascatarik. Jika kelembaban relative diambil sebagai nilai persen dan efek rasio V/S ditinjau, rumus umum prestressed concrete institute untuk menghitung kehilangan prategang akibat susut menjadi.

$$\Delta f_{pSH} = 8,2 \times 10^{-6} K_{SH} E_{ps} \left(1 - 0,06 \frac{V}{S}\right) (100 - RH) \quad (2.27)$$

Keterangan :

Δf_{pSH}	= Tegangan yang hilang akibat susut
E_S	= Modulus elastisitas batang prategang = 2×10^5
K_{SH}	= Koefisien susut sebesar 1 untuk <i>pretension</i> dan sesuai Tabel 2.12 untuk <i>post tension</i>
RH	= Kelembaban udara relative diambil sekitar 78%
$\frac{V}{S}$	= Ratio volume-permukaan (dalam satuan cm)

Dimana $K_{SH} = 1,0$ untuk komponen struktur pratarik memberikan nilai K_{SH} untuk komponen struktur pascatarik.

2.5.3.5. Kehilangan Yang Diakibatkan Friksi (F)

Kehilangan gesekan akibat ketiksempurnaan dalam alinyemen diseluruh panjang tendon, baik alinyemen lurus atau draped. Kehilangan tegangan Δf_{pF} akibat gesekan dapat dinyatakan dalam persamaan.

$$\Delta f_{pF} = - f_1 (\mu \alpha + KL) \quad (2.28)$$

Keterangan:

Δf_{pF}	= Besarnya gaya kehilangan prategang akibat friksi
F_i	= Gaya awal prategang
α	= Sudut Kelengkungan
μ	= Koefisien friksi (gesekan)
K	= Koefisien <i>woble</i>
L	= Panjang bersih balok

Dimana L dinyatakan dalam satuan (feet)
 sudut pusat α disepanjang segmen yang melengkung
 besarnya dua kali kemiringan diujung segmen.

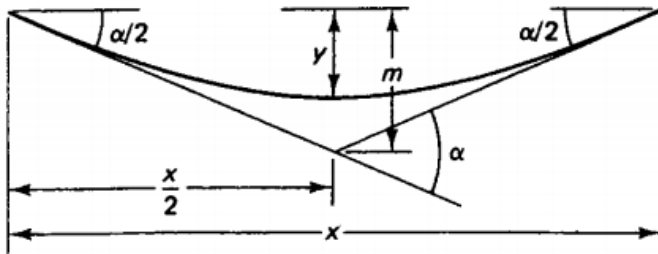
$$\tan \frac{\alpha}{2} = \frac{m}{x/2} = \frac{2m}{x} \quad (2.29)$$

Jika;

$$y = 1/2m \text{ dan } \alpha/2 = 4y/x$$

Maka:

$$\alpha = 8y/x \text{ Radian}$$



Gambar 2.11. Panjang Proyeksi Tendon (Nawy, 2001)

Table 2.2. Koefisien Friksi Untuk Tendon Paska Tarik (SNI 7813:2012)

		Koefisien wobble, K per meter	Koefisien kelengkungan, μ_p Per radian
Tendon digROUT pada metal pelapis		Tendon kawat	0,0033 - 0,0049
		Batang tulangan kekuatan tinggi	0,0003 - 0,0020
		Strand 7 kawat	0,0016 - 0,0066
Tendon tanpa lekatan	Dilapis plastik (Mastic)	Tendon kawat	0,0033 - 0,0066
		Strand 7 kawat	0,0033 - 0,0066
	Diminyaki sebelumnya (Pre-greased)	Tendon kawat	0,0010 - 0,0066
		Strand 7 kawat	0,0010 - 0,0066

2.5.3.6. Kehilangan Karena Dudukan Angker (A)

Kehilangan terjadi pada landasan cetakan prategang pada komponen struktur pratarik akibat dilakukannya penyesuaian pada saat gaya prategang ditransfer ke landasan. Jika ΔA adalah besar gelincir, L adalah panjang tendon, dan E_{ps} adalah modulus kawat prategang, maka kehilangan prategang akibat gelincir anker menjadi.

$$\Delta f_{pA} = \frac{\Delta A}{L} E_{ps} \quad (2.30)$$

Keterangan :

Δf_{pA} : Besarnya gaya kehilangan akibat dudukan anker

ΔA : Besar Gelincir

L : panjang tendon

E_{ps} : modulus kawat prategang

2.5.4. Pengankuran Tendon Pasca Tarik

Berdasarkan SNI 7833:2012 pasal 6.13 persyaratan pengankuran tendon pasca tarik beton prategang pada struktur gedung.

1. Desain zona pengankuran local harus didasarkan pada gaya prategang terfaktor.
2. Untuk desain pengankuran pasca tarik, faktor beban 1,2 harus ditetapkan pada gaya jacking baja prategang maksimum.
3. Faktor reduksi kekuatan ϕ untuk zona pengankuran pasca tarik harus diambil sebesar 0,85.

2.5.5. Desain Zona Pengankuran Global Untuk Tendon Pelat

Berdasarkan SNI 7833:2012 pasal 6.14.2 persyaratan desain zona pengankuran global untuk tendon pelat beton prategang pada struktur gedung.

1. Penggunaan perangkat ankur untuk strand berdiameter 12,7 mm atau lebih kecil pada pelat lantai yang terbuat dari

beton normal harus disertai dengan pemasangan tulangan minimum.

2. Dua batang tulangan horizontal berdiameter paling sedikit 13 mm (D-13) harus dipasang parallel ditepi pelat. Tulangan-tulangan tersebut boleh menempel pada sisi muka perangkat angkur dan harus berada pada jarak $\frac{1}{2} h$ didepan masing-masing perangkat angkur. Tulangan tersebut harus diperpanjang paling sedikit 150 mm.
3. Jika spasi sumbu ke sumbu perangkat angkur berjarak ≤ 300 mm, maka perangkat angkur diperlakukan sebagai suatu grup. Setiap grup yang terdiri dari ≥ 6 angkur dipasang sengkang tertutup minimal diameter 10 mm. sengkang harus ditempatkan tegak lurus terhadap bidang pelat dari $3h/8$ hingga $h/2$ didepan perangkat angkur.

2.5.6. Pelat Dua Arah

Pada pelat dua arah momen yang bekerja berkembang sebagai akibat dari aksi dua arah pada bentang panjang dan pendek. Besar dan arah momen tergantung pada tipe beban, perbandingan panjang sisi panjang pendek, serta tingkat ketahanan tumpuan. Pelat beton prategang akibat dari perimbangan beban (*balanced loads*) gaya geser terjadi sangat kecil dan dapat diabaikan. Pada elemen struktur pelat lantai prategang tidak diperlukan tulangan geser (Andri budiadi, 2008). Persamaan lendutan maksimum δ_{maks} Pelat dua arah ;

$$\delta_{maks} = \beta \frac{q L_x^4}{H} \quad (2.32)$$

Dengan,

$$H = \frac{E_c h^3}{12(1-\nu_c^2)} \quad (2.32a)$$

Dimana:

- β = Koefisien lendutan
- q = beban merata pada pelat
- L_x = Panjang sisi pendek pelat

E_c = Modulus elastisitas Beton
 H = Persamaan Tebal Pelat
 ν_c = Rasio Poisson Beton.

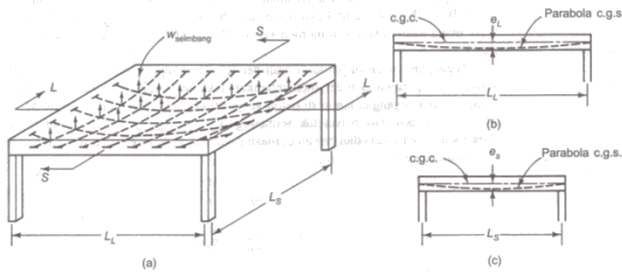
2.5.7. Penyeimbangan Beban Dua Arah Pelat Lantai Prategang

Penyeimbangan dua arah pada slab dua arah merupakan beban penyeimbang yang dihasilkan oleh tendon pada arah tegak lurus. Gaya prategang keatas menimbulkan suatu distribusi intensitas beban dimasing-masing arah yang diekivalen dengan intensitas beban eksternal kebawah.

$$W_{\text{seimbang (S)}} = \frac{8P_s e_s}{L_s^2} \quad (2.33)$$

Dimana,

- P_s = Gaya Prategang Efektif arah pendek
- e_s = Eksentrisitas Tendon arah pendek
- L_s = Panjang Bentang arah pendek



Gambar 2.12. Beban Penyeimbang dalam Panel Prategang Dua Arah (Nawy, 2001)

$$W_{\text{seimbang (L)}} = \frac{8P_L e_L}{L_L^2} \quad (2.34)$$

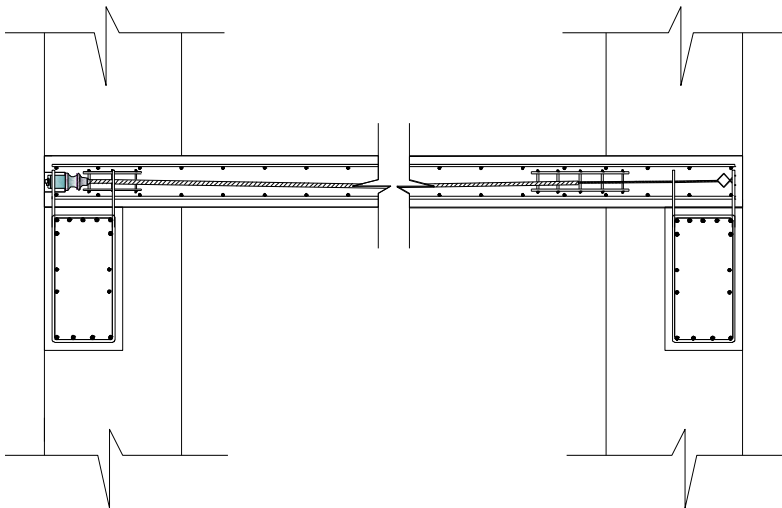
Dimana,

- P_L = Gaya Prategang Efektif arah pendek
- e_L = Eksentrisitas Tendon arah pendek
- L_L = Panjang Bentang arah pendek

2.5.8. Pelat Prategang Menggunakan Balok Tepi

1. Tumpuan Sendi - Sendi

Konsep ini tumpuan pelat prategang menggunakan pasak mati menggunakan besi tulangan diameter 13 mm. Dimana pasak diangkurkan pada balok tepi yang berfungsi sebagai penahan geser dari pelat prategang tersebut. Pada konsep ini memiliki kekurangan yaitu pada saat pemberian gaya prategang balok tepi akan ikut menerima reaksi dari gaya prategang.

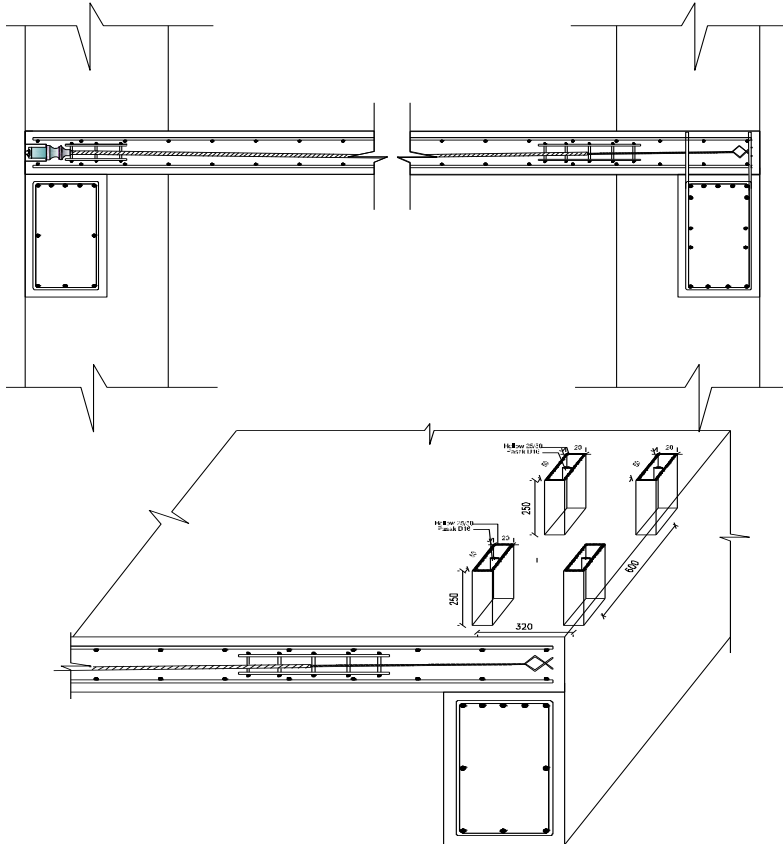


Gambar 2.13. Pelat Prategang Dengan Tumpuan Sendi - Sendi

2. Tumpuan Sendi - Rol

Konsep ini tumpuan pelat prategang menggunakan pasak pada salah satu sisi tumpuan. Komponen pasak menggunakan besi tulangan diameter 16 mm dan dinding casing besi hollow 25/50. Dimana pasak diangkurkan pada balok tepi yang berfungsi sebagai penahan geser dari pelat prategang tersebut. Pada konsep ini memiliki keuntungan bahwa pada saat proses pemberian gaya

prategang balok tepi tidak mendapatkan reaksi dari gaya prategang.

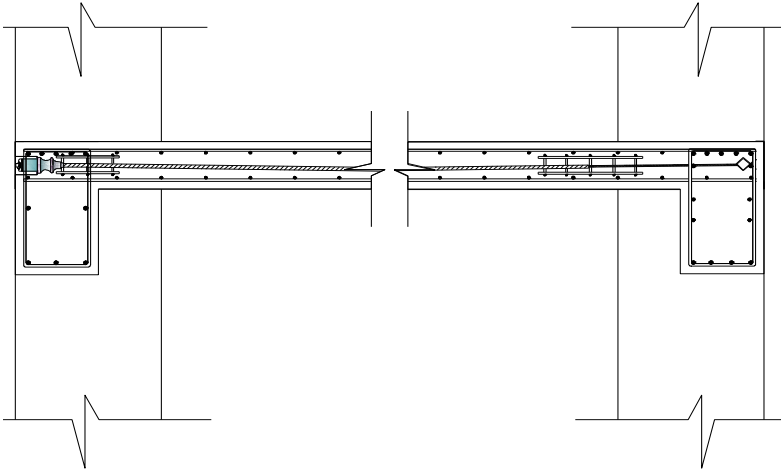


Gambar 2.14. Pelat Prategang Dengan Tumpuan Sendi - Rol

3. Tumpuan Jepit - Jepit

Konsep ini pelat prategang menyatu dengan balok tepi secara sempurna. Sehingga konsep ini akan terjadi momen pelat pada daerah tumpuan dan momen lapangan akan lebih kecil. Pada konsep ini memiliki kekurangan

yaitu pada saat pemberian gaya prategang balok tepi akan ikut menerima reaksi dari gaya prategang.

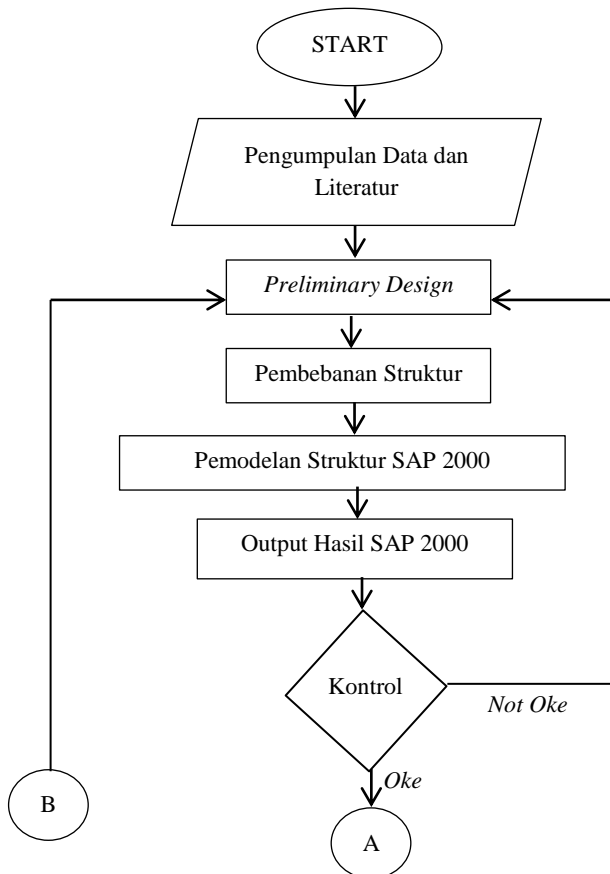


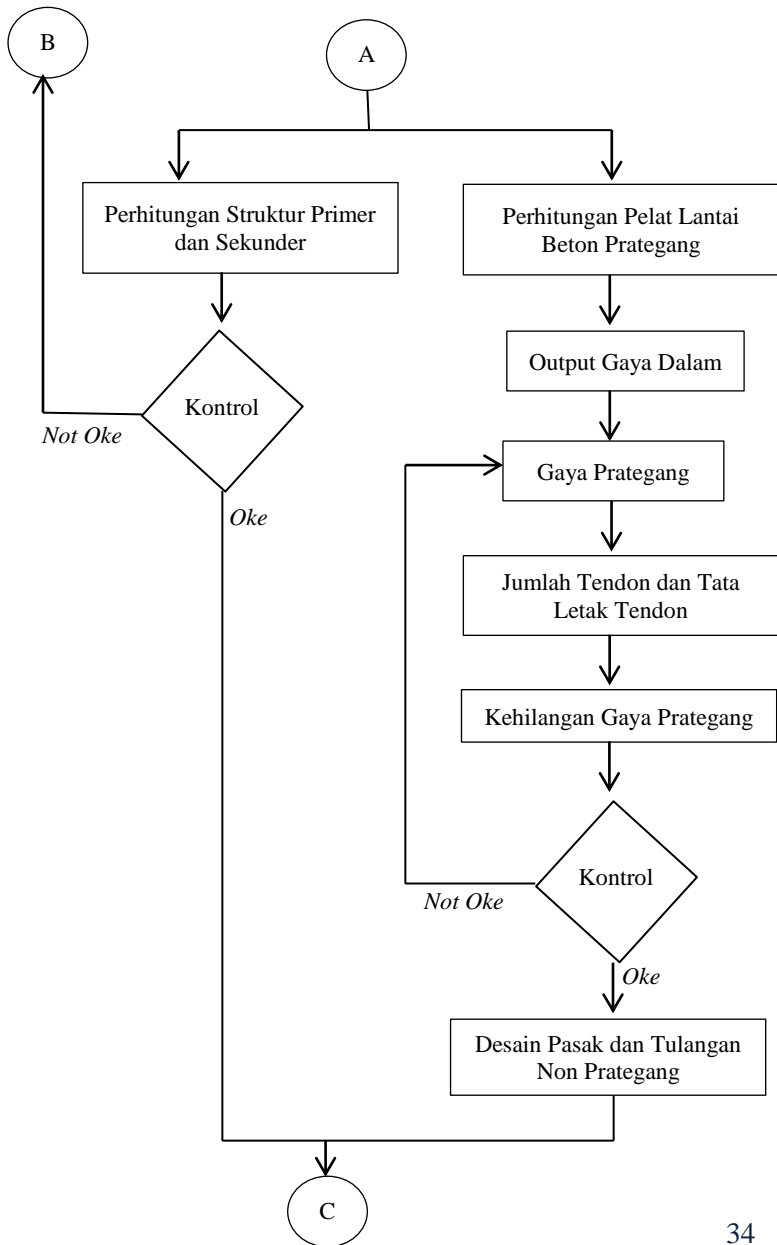
Gambar 2.15. Pelat Prategang Dengan Tumpuan Jepit-Jepit

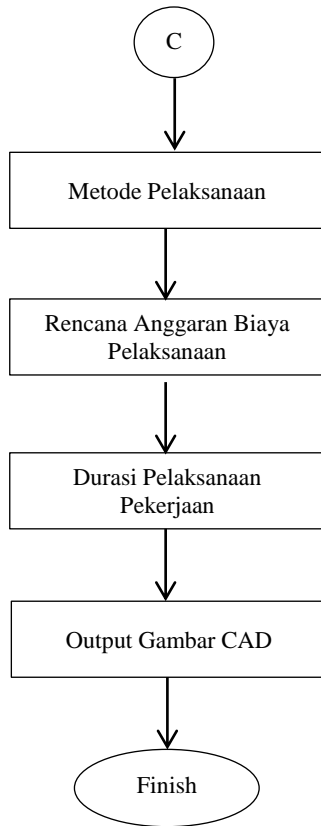
BAB III METODOLOGI

3.1. Umum

Metodologi ini menjelaskan urutan pelaksanaan dalam penyelesaian yang akan digunakan pada penyusunan Tugas Akhir. urutan yang digunakan pada Tugas Akhir ini dapat dilihat pada alur di bawah ini, selanjutnya akan diikuti dengan penjelasan dari alur tersebut.







Gambar 3.16. Diagram Alir Metodologi Perencanaan Struktur Gedung

3.2. Pembahasan Metodologi

Diagram alir pada gambar 3.1 dan gambar 3.2 merupakan acuan untuk merencanakan struktur gedung Hotel Pesonna Pekanbaru dengan menggunakan balok beton prategang.

3.3. Pengumpulan Data dan Literatur

Data yang diperlukan dalam perancangan bangunan adalah sebagai berikut:

1. Informasi Umum Proyek
2. Gambar Struktur dan Arsitektur
3. Data tanah

Dalam tugas akhir perancangan gedung ini juga dibutuhkan data umum bangunan sebagai berikut :

1. Nama Bangunan : Gedung Hotel Pesonna
2. Lokasi Bangunan : Pekanbaru, Riau
3. Fungsi Bangunan : Gedung Hotel
4. Fungsi Perlantai
 - Basement* : Tempat Parkir
 - Ground Floor* : *Entrance*
 - Lantai 1 – 9 : Kamar Hotel
 - Lantai 10 – 11 : *Ballroom*
5. Jumlah Lantai : 13 Lantai
6. Tinggi Bangunan : ± 46 m
 - Basemen : 3.0 m
 - Ground Floor : 4.5 m
 - Lantai 1 - 9 : 3,3 m
 - Lantai 10 - 11 : 4.5 m
7. Zona Gempa : Pekanbaru, Riau
8. Struktur utama bangunan: Struktur Beton Bertulang pada Basemen – Lantai Atap dengan sistem struktur SRPMK dan pada balok lantai 11 akan dirancang dengan menggunakan Balok Beton Prategang.
9. Struktur Pondasi : Pondasi *bored pile*

3.4. Penetapan Kreteria Desain

Pemilihan kriteria disain dilakukan berdasarkan data gedung sehingga sistem struktur dan gempa rencana yang akan dianalisis telah memenuhi persyaratan yang terdapat pada peraturan beton SNI 2847:2013 dan peraturan gempa SNI 1726:2012.

3.5. Preliminary Design

Preliminary desain merupakan perencanaan awal untuk menentukan dimensi awal dari suatu komponen struktur yang mengacu pada ketentuan SNI 2847:2013. Beberapa komponen struktur tersebut antara lain :

1. Perencanaan Balok
2. Perencanaan Kolom
3. Perencanaan Pelat Lantai

3.6. Pembebanan Pada Struktur

Dalam perencanaan struktur harus memperhitungkan pengaruh-pengaruh aksi sebagai akibat dari beban-beban berikut ini sesuai dengan peraturan SNI 1727-2013:

1. Beban Mati

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

2. Beban hidup

Beban hidup ialah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan didalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu,

3. Beban Angin (W)

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

4. Beban Gempa (E)

Perhitungan beban gempa dilakukan dengan analisa respons spectrum. Respons spectrum adalah suatu diagram hubungan antara percepatan respons maksimum suatu system satu derajat kebebasan (SDK) akibat gempa tertentu, sebagai fungsi dari faktor redaman dan waktu getar alami.

3.7. Analisis Struktur Utama

Pada tahap ini, analisis struktur utama menggunakan SAP2000. Analisisnya menggunakan pembebanan gempa *respons spectrum* yang diambil berdasarkan parameter *respons spectral* percepatan gempa kota Pekanbaru, Riau.

3.8. Perencanaan Pelat Beton Prategang

Langkah- langkah dalam perencanaan Pelat Beton prategang adalah sebagai berikut :

3.8.1. Gaya Prategang

Pemberian gaya prategang tergantung dari momen yang terjadi dan nilai eksentrisitas. Pemberian gaya prategang dilakukan pada saat beton sudah mencapai umur rencana.

3.8.2. Jumlah Dan Tata Letak Tendon

Tendon menggunakan strand 7 wire dengan mutu 270 Kpsi dengan selongsong. Tendon dipasang dua arah yaitu pada arah X dan arah Y sesuai dengan elevasi yang telah direncanakan

3.8.3. Kontrol Tegangan

Kontrol tegangan dilakukan untuk mengontrol tegangan yang terjadi pada serat atas dan serat bawah. kontrol ini

dimaksudkan supaya tidak terjadi tegangan tarik dan tekan yang melebihi syarat yang telah ditetapkan. Kontrol dilakukan pada saat tahapan pemberian gaya prategang baik saat transfer maupun servis

3.8.4. Kehilangan Sebagian Gaya Prategang

Kehilangan prategang terjadi pada saat transfer tegangan dan secara menerus menurut fungsi waktu. Dilakukan perhitungan agar didapatkan nilai prategang efektif. Perhitungan kehilangan gaya prategang meliputi :

- a. Akibat perpendekan elastis beton
- b. Akibat gesekan dan *wobble effect*
- c. Akibat dudukan angker
- d. Akibat rangkai
- e. Akibat susut
- f. Akibat relaksasi baja

3.8.5. Kontrol Lendutan

Kontrol lendutan dilakukan untuk mengetahui lendutan yang terjadi pada pelat prategang. Lendutan tersebut harus lebih kecil dari lendutan ijin yang disyaratkan pada SNI

3.8.6. Penulangan Non Prategang

Tulangan non prategang secara praktis tetap diperlukan untuk suatu penampang beton prategang. Tulangan non pratekan akan berfungsi menahan terjadinya retak dan menambah kekuatan ultimit. Tata cara perhitungan struktur beton untuk bangunan gedung (SNI 2847:2013) memberikan petunjuk tentang rasio tulangan non prategang terhadap tulangan prategang pada pasal 18.8 dan tulangan lekatan minimum pada pasal 18.9. untuk tulangan non prategang perencanaan ditentukan oleh kondisi lokasi serta fungsinya.

3.9. Perhitungan Struktur Primer dan Sekunder

Bila sudah melakukan analisa gaya dengan menggunakan program analisis struktur dilakukan perhitungan pendetailan dan kontrol desain. Pada kontrol desain dilakukan agar analisa hasil pendetailan struktur bangunan dapat memenuhi syarat keamanan dan sesuai batas-batas tertentu menurut peraturan. Kontrol Desain yang dilakukan adalah berupa pengecekan terhadap kontrol geser, kuat lentur, momen nominal, beban layan (*servicibility*) dan beban *ultimate*. Bila telah memenuhi, maka dapat diteruskan ke tahap penggambaran. Bila tidak memenuhi harus dilakukan *re-design*.

1. Perencanaan Balok Utama
2. Perencanaan Kolom
3. Perencanaan Balok Anak
4. Perencanaan Pelat Lantai
5. Perencanaan Tangga

3.10. Metode Pelaksanaan

Dalam Tugas Akhir perancangan gedung hotel pesonna metode pelaksanaannya akan dibahas item pekerjaan pada pelaksanaan struktur balok beton prategang

3.11. Gambar Detail Struktur Output Autocad

Apabila analisa dan kontrol desain baik pada beton bertulang biasa maupun pada balok prategang sudah selesai, maka untuk mengetahui hasil akhir perhitungan perlu dibuat gambar teknik yang *representative* dari hasil analisa dan perhitungan dengan menggunakan alat bantu AutoCad.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

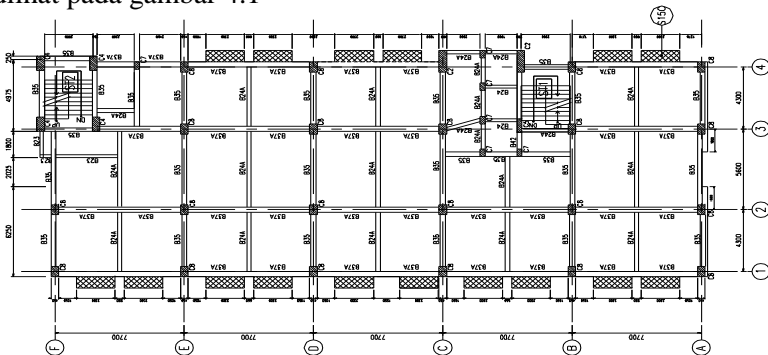
4.1. Preliminary Design

4.1.1. Data Perencanaan

Data – data pada perencanaan struktur gedung ini merupakan data-data yang akan dijadikan pedoman dalam perencanaan selanjutnya. Data – data awal yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Fungsi Bangunan : Hotel
- b. Type Bangunan : Gedung Bertingkat
- c. Tinggi Bangunan : 46.20 m
- d. Luas Bangunan/Lantai : $39.5 \text{ m} \times 15.7 \text{ m} = 620.15 \text{ m}^2$
- e. Mutu Beton (f_c') Kolom : 35 Mpa
- f. Mutu Beton (f_c') Balok : 30 Mpa
- g. Mutu Beton (f_c') Pelat : 30 Mpa
- h. Mutu Baja (f_y) Lentur : 400 Mpa
- i. Mutu Baja (f_y) Geser : 400 Mpa

Denah struktur gedung hotel pesonna pekanbaru dapat dilihat pada gambar 4.1



Gambar 4.17. Denah Rencana Struktur Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru

4.1.2. Perencanaan Balok

Perencanaan dimensi balok mengacu pada peraturan terbaru SNI 2847:2013 Pasal 9.5.2.1 dalam menentukan tinggi balok berdasarkan tabel 9.5(a) SNI 2847:2013

Table 4.3 Tinggi Minimum Balok

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	ℓ/ 20	ℓ/ 24	ℓ/ 28	ℓ/ 10
Balok atau pelat rusuk satu-arah	ℓ/ 16	ℓ/ 18,5	ℓ/ 21	ℓ/ 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 $(0,4 + f_y/700)$.

$$h_{\min} = \frac{L}{16}$$

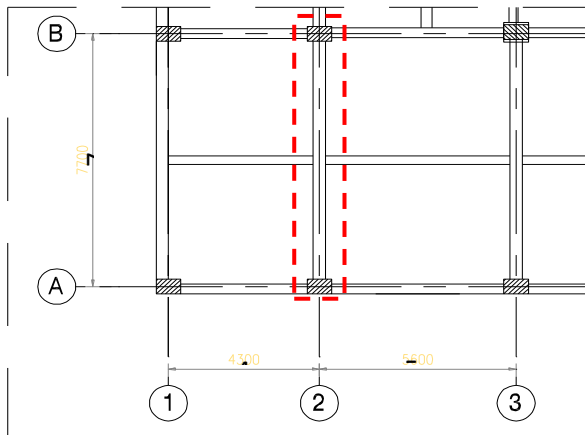
Persamaan 4.50 dapat digunakan apabila mutu tulangan (f_y) 420 mpa. Jika Nilai f_y selain 420 Mpa maka persamaan 4.50 harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$. Untuk mutu baja (f_y) 400 Mpa maka menggunakan persamaan berikut

$$h_{\min} = \left(\frac{L}{16}\right) \cdot \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$$

4.1.2.1. Dimensi Balok Induk

Data-data balok induk pada perencanaan struktur gedung hotel personna adalah sebagai berikut :

1. Panjang Bentang (L) : 7.7 m
2. Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
3. Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa



Gambar 4.18. Denah Balok Induk

- A. Menentukan tinggi minimum balok struktur (h_{\min}) adalah sebagai berikut :

$$h_{\min} = \left(\frac{L}{16}\right) \cdot \left(0.4 + \frac{fy}{700}\right)$$

$$h_{\min} = \left(\frac{7.7}{16}\right) \cdot \left(0.4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h_{\min} = 0.48 \text{ m}$$

$$h_{\text{pakai}} = 60 \text{ cm}$$

- B. Menentukan lebar balok struktur (b) adalah sebagai berikut :

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 60 = 40 \text{ cm}$$

$$b_{\text{pakai}} = 40 \text{ cm}$$

Maka berdasarkan hitungan didapatkan dimensi balok struktur type **B46** adalah **40/60 cm**. Untuk perhitungan balok induk selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel.

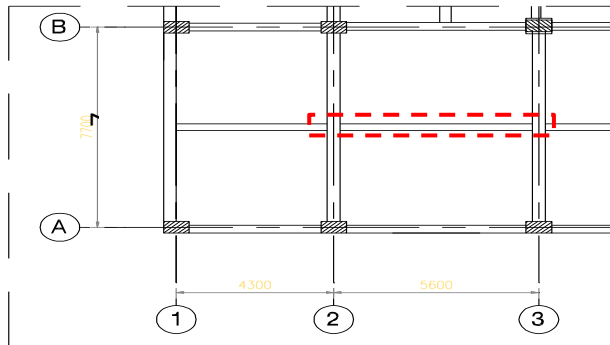
Tabel 4.3 Preliminary Design Balok Induk

NO	Type Balok	Bentang L (M)	Tinggi h (M)	Lebar b (cm)	h pakai (cm)	b pakai (cm)	Dimensi b/h (cm)
1	B46	7.70	0.47	40.00	60	40	40/60
2	B46	5.25	0.32	40.00	60	40	40/60
3	B35	5.60	0.34	33.33	50	30	30/50
4	B35	4.30	0.26	33.33	50	30	30/50
5	B35	2.90	0.18	33.33	50	30	30/50
6	B35	3.23	0.20	33.33	50	30	30/50
7	B35	2.83	0.17	33.33	50	30	30/50
8	B35	2.58	0.16	33.33	50	30	30/50
9	B35	3.98	0.24	33.33	50	30	30/50
10	B35	3.23	0.20	33.33	50	30	30/50

4.1.2.2. Dimensi Balok Anak

Data-data balok induk pada perencanaan struktur gedung hotel persona adalah sebagai berikut :

1. Panjang Bentang (L) : 5.6 m
2. Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
3. Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa



Gambar 4.19. Denah Balok Anak Yang Ditinjau

A. Menentukan tinggi minimum balok struktur (h_{\min}) adalah sebagai berikut :

$$h_{\min} = \left(\frac{L}{16}\right) \cdot \left(0.4 + \frac{fy}{700}\right)$$

$$h_{\min} = \left(\frac{5.6}{16}\right) \cdot \left(0.4 + \frac{400}{700}\right)$$

$$h_{\min} = 0.34 \text{ m}$$

$$h_{\text{pakai}} = 40 \text{ cm}$$

B. Menentukan lebar balok struktur (b) adalah sebagai berikut :

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 40 = 26.6 \text{ cm}$$

$$b_{\text{pakai}} = 25 \text{ cm}$$

Maka berdasarkan hitungan didapatkan dimensi balok struktur type **B24A** adalah **25/40 cm**

Tabel 4.4 Preliminary Design Balok Anak

NO	Type Balok	Bentang L (M)	Tinggi h (M)	Lebar b (cm)	h pakai (cm)	b pakai (cm)	Dimensi b/h (cm)
1	B24A	5.60	0.34	26.67	40	25	25/40
2	B24A	4.30	0.26	26.67	40	25	25/40
3	B24A	3.53	0.21	26.67	40	25	25/40
4	B24A	2.90	0.18	26.67	40	25	25/40
5	B24A	1.90	0.12	26.67	40	25	25/40
6	B24A	1.82	0.11	26.67	40	25	25/40
7	B24A	2.00	0.12	26.67	40	25	25/40
8	B24A	2.20	0.13	26.67	40	25	25/40
9	B24A	3.73	0.23	26.67	40	25	25/40

4.1.3. Perencanaan Pelat Lantai Beton Bertulang

Dimensi pelat lantai direncanakan dengan mengacu pada peraturan beton bertulang terbaru SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3. Dimana pelat dengan balok yang membentang diantara tumpuan disemua sisinya, tebal minimum yang disyaratkan sebagai berikut:

- a. Untuk $\alpha_{fm} \leq 0.2$ harus menggunakan tabel 9.5(c) SNI 2847:2013

Tabel 4.5 Tebal minimum pelat

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 untuk balok tepi tidak boleh kurang dari 0,8.

- b. Untuk $\alpha_{fm} \geq 0.2$ tapi tidak boleh ≥ 2.0 , h tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{fy}{1400}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_{fm} - 0.2)} \geq 125 \text{ mm}$$

- c. Untuk $\alpha_{fm} \geq 2.0$, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari:

$$h = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{fy}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm}$$

Diketahui :

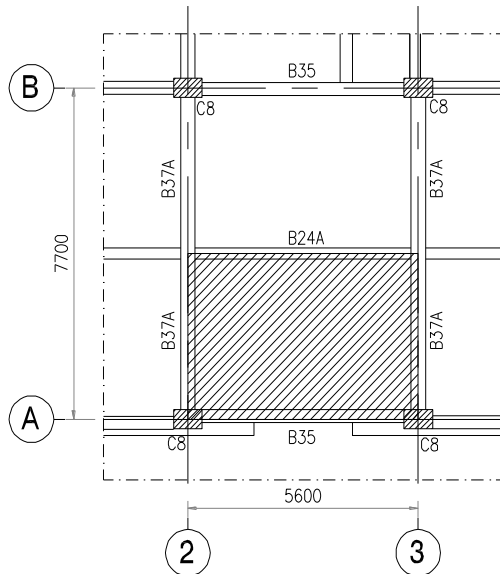
h : Tebal plat total

L_n : Panjang bentang bersih sepanjang pelat

α_{fm} : Nilai rata-rata α untuk keempat sisi pelat.

4.1.3.1. Desain Dimensi Pelat Lantai

Desain dimensi pelat lantai 1- 10, dengan perhitungan tipe pelat lantai seperti gambar .



Gambar 4.20. Denah Pelat Lantai Yang Ditinjau

A. Menentukan Panjang Bentang Bersih

Panjang bentang bersih dalam arah panjang diukur dari muka ke muka balok.

$$L_y = 5,60 \text{ m}$$

$$L_x = 3,85 \text{ m}$$

$$L_n = 5,60 - \left(\frac{0,35}{2} + \frac{0,35}{2} \right) = 5,25 \text{ m}$$

$$S_n = 3,85 - \left(\frac{0,30}{2} + \frac{0,25}{2} \right) = 3,575 \text{ m}$$

B. Menentukan jenis pelat lantai

Perbandingan rasio bentang bersih dalam arah panjang terhadap arah pendek, Apabila kecil dari 2 maka pelat lantai dua arah dan apabila besar dari 2 maka pelat satu arah.

$$\beta = \frac{L_n}{S_n} = \frac{5,250}{3,575} = 1,468 \leq 2 \text{ maka pelat lantai 2 arah}$$

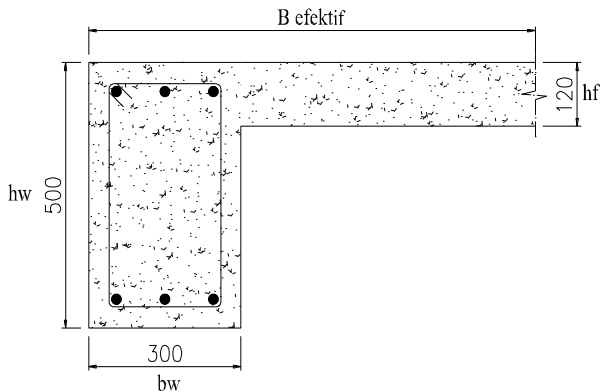
C. Perhitungan Dimensi Pelat Lantai

Pelat lantai direncanakan dengan :

- a. Asumsi Tebal Pelat : 120 mm
- b. Mutu Beton (f_c') : 25 Mpa
- c. Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa

1. Balok As A joint 2-3

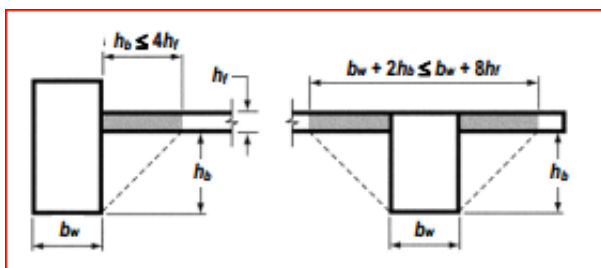
Potongan As A Joint 2-3 seperti gambar dibawah :



Gambar 4.21. Potongan Balok As A Joint 2-3

a) Menentukan Lebar Efektif (Be)

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 13.2.4. untuk konstruksi monolit atau komposit penuh, suatu balok mencakup bagian pelat pada setiap sisi balok yang membentang dengan jarak yang sama dengan proyeksi balok diatas atau dibawah pelat tersebut. Yang mana yang lebih besar, tetapi tidak lebih besar dari empat kali tebal pelat.



Gambar 4.22. Potongan Pelat Yang Disertakan Dengan Balok

- a. $Be = bw + hb \leq bw + 4 hf$
 $Be = bw + hb$
 $= 30 + (50 - 12) = 68 \text{ cm}$
- b. $Be = 4 hf$
 $= 30 + (4 \times 12) = 78 \text{ cm}$
Maka Nilai Be adalah 68 cm

b) Menentukan Rasio Kekakuan Balok Terhadap Pelat

Besaran momen inersia dari penampang balok dengan flens terhadap sumbu putarnya didapat dari persamaan berikut :

$$I_b = K \frac{b_w \times h^3}{12} \text{ dengan nilai K didapat dari persamaan berikut.}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw}\right)\left(\frac{t}{h}\right) \left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{68}{30}\right)\left(\frac{12}{50}\right) \left[4 - 6\left(\frac{12}{50}\right) + 4\left(\frac{12}{50}\right)^2 + \left(\frac{68}{50} - 1\right)\left(\frac{12}{50}\right)^3 \right]}{1 + \left(\frac{68}{50} - 1\right)\left(\frac{12}{50}\right)}$$

$$K = 1,421$$

Maka :

1. Momen Inersia Penampang

$$I_b = 1,421 \frac{30 \times 50^3}{12} = 444211 \text{ cm}^4$$

2. Momen Inersia Lajur Pelat

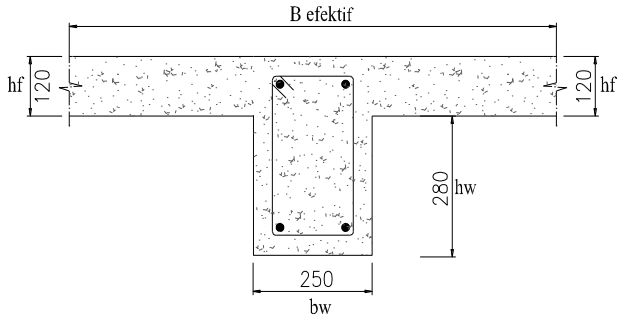
$$I_p = 0,5 \frac{b_p + t^3}{12} = 0,5 \frac{560 + 12^3}{12} = 40320 \text{ cm}^4$$

3. Rasio Kekakuan Balok Terhadap Pelat

$$\alpha_1 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{444211}{40320} = 11,017$$

2. Balok As A' joint 2-3

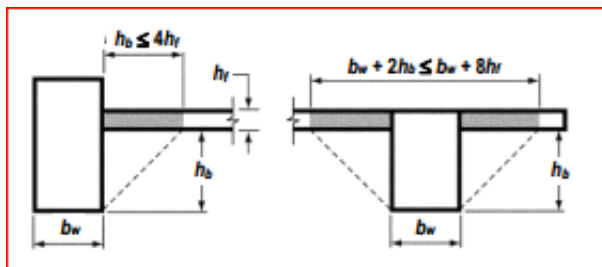
Potongan As A' Joint 2-3 seperti gambar dibawah :



Gambar 4.23. Potongan Balok As A' Joint 2-3

a) Menentukan Lebar Efektif (B_e)

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 13.2.4. untuk konstruksi monolit atau komposit penuh, suatu balok mencakup bagian pelat pada setiap sisi balok yang membentang dengan jarak yang sama dengan proyeksi balok diatas atau dibawah pelat tersebut. Yang mana yang lebih besar, tetapi tidak lebih besar dari empat kali tebal pelat.



Gambar 4.24. Potongan Pelat Yang Disertakan Dengan Balok

- a. $Be = bw + 2hb \leq bw + 8 hf$
 $Be = bw + 2hb$
 $= 25 + 2(40 - 12) = 81 \text{ cm}$
- b. $Be = bw + 8 hf$
 $= 25 + (8 \times 12) = 121 \text{ cm}$
Maka Nilai Be adalah 81 cm

b) Menentukan Rasio Kekakuan Balok Terhadap Pelat

Besaran momen inersia dari penampang balok dengan flens terhadap sumbu putarnya didapat dari persamaan berikut :

$I_b = K \frac{bw \times h^3}{12}$ dengan nilai K didapat dari persamaan berikut.

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw}\right)\left(\frac{t}{h}\right)\left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{81}{25}\right)\left(\frac{12}{40}\right)\left[4 - 6\left(\frac{12}{40}\right) + 4\left(\frac{12}{40}\right)^2 + \left(\frac{81}{25} - 1\right)\left(\frac{12}{40}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{81}{25} - 1\right)\left(\frac{12}{40}\right)}$$

$$K = 1,651$$

Maka :

1. Momen Inersia Penampang

$$I_b = 1,651 \frac{25 \times 40^3}{12} = 220172 \text{ cm}^4$$

2. Momen Inersia Lajur Pelat

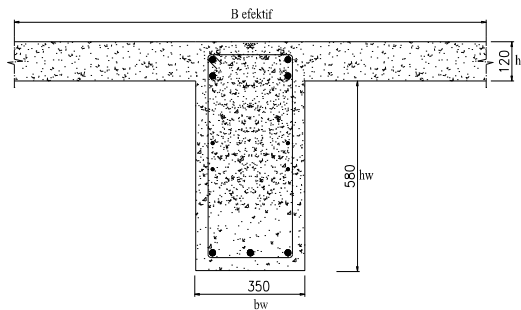
$$I_p = 0,5 \frac{b_p + t^3}{12} = 0,5 \frac{560 + 12^3}{12} = 40320 \text{ cm}^4$$

3. Rasio Kekakuan Balok Terhadap Pelat

$$\alpha_2 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{220172}{40320} = 5,461$$

3. Balok As 2 joint A-B

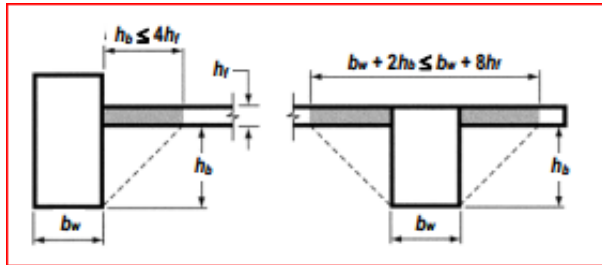
Potongan As 2 Joint A-B seperti gambar dibawah :



Gambar 4.25. Potongan Balok As 2 Joint A-B

a) Menentukan Lebar Efektif (Be)

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 13.2.4. untuk konstruksi monolit atau komposit penuh, suatu balok mencakup bagian pelat pada setiap sisi balok yang mana yang lebih besar, tetapi tidak lebih besar dari empat kali tebal pelat.



Gambar 4.26. Potongan Pelat Yang Disertakan Dengan Balok

a. $Be = bw + 2hb \leq bw + 8hf$

$$Be = bw + 2hb$$

$$= 40 + 2(60 - 12) = 151 \text{ cm}$$

b. $Be = bw + 8hf$

$$= 40 + (8 \times 12) = 131 \text{ cm}$$

Maka Nilai Be adalah 131 cm

b) Menentukan Rasio Kekakuan Balok Terhadap Pelat

Besaran momen inersia dari penampang balok dengan flens terhadap sumbu putarnya didapat dari persamaan berikut :

$I_b = K \frac{bw \times h^3}{12}$ dengan nilai K didapat dari persamaan berikut.

$$K = \frac{1 + \left(\frac{be}{bw}\right)\left(\frac{t}{h}\right)\left[4 - 6\left(\frac{t}{h}\right) + 4\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{be}{bw} - 1\right)\left(\frac{t}{h}\right)}$$

$$K = \frac{1 + \left(\frac{131}{40}\right)\left(\frac{12}{60}\right)\left[4 - 6\left(\frac{12}{60}\right) + 4\left(\frac{12}{60}\right)^2 + \left(\frac{131}{40} - 1\right)\left(\frac{12}{60}\right)^3\right]}{1 + \left(\frac{131}{40} - 1\right)\left(\frac{12}{60}\right)}$$

$$K = 1,673$$

Maka :

1. Momen Inersia Penampang

$$I_b = 1,673 \frac{40 \times 60^3}{12} = 1673219 \text{ cm}^4$$

2. Momen Inersia Lajur Pelat

$$I_p = 0,5 \frac{b_p + t^3}{12} = 0,5 \frac{385 + 12^3}{12} = 27720 \text{ cm}^4$$

3. Rasio Kekakuan Balok Terhadap Pelat

$$\alpha_3 = \frac{I_b}{I_p} = \frac{1673219}{27720} = 60,361$$

Dari hasil perhitungan diatas maka nilai α_m adalah sebagai berikut :

$$\alpha_{fm} = \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3}{3}$$

$$\alpha_{fm} = \frac{11,017 + 5,461 + 60,361}{3}$$

$$\alpha_{fm} = 25,613$$

Dari hasil perhitungan didapat nilai α_{fm} besar dari 2 yaitu : $25,613 \geq 2$, Maka sesuai peraturan SNI 2847:2013 pasal 9.5.3.3 yaitu sebagai berikut :

$$h = \frac{\ln\left(0.8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta} \geq 90 \text{ mm}$$

$$h = \frac{5250\left(0.8 + \frac{400}{1400}\right)}{36 + 9(1,468)} \geq 90 \text{ mm}$$

$$h = 116 \infty 120 \geq 90 \text{ mm } \underline{\text{oke}}$$

Selanjutnya akan dsajikan dalam bentuk tabel sebagai Berikut:

Table 4.4. Dimensi Tebal Pelat Lantai

No	Lantai	Tebal Pelat (mm)
1	Lantai Basement	200
2	Lantai Dasar (GF) interior	150
3	Lantai Dasar (GF) Eksterior	200
4	Lantai 1 - 11	120
5	Lantai Pelat Prategang	200
5	Lantai Atap	120

4.1.4. Perencanaan Kolom Struktur

Perencanaan kolom struktur harus direncanakan untuk memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan gaya dalam maksimum dari beban terfaktor pada suatu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau.

Data-Data Perencanaan Sebagai Berikut :

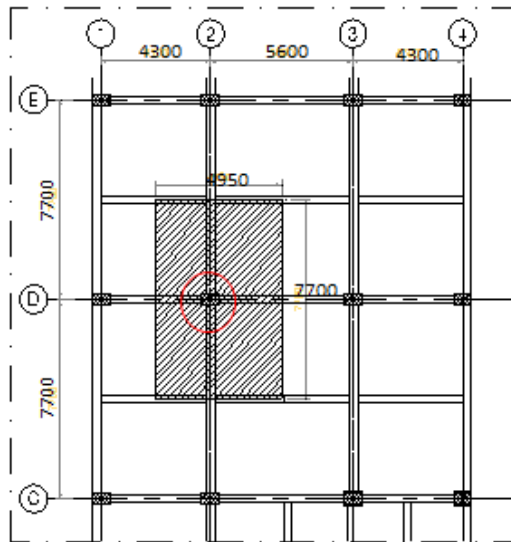
a. Tebal Pelat Lantai

1. Lantai Atap : 120 mm
2. Lantai 1-11 : 120 mm
3. Lantai Dasar (GF) : 150 mm

b. Tinggi Lantai

1. Lantai Basment : 3 m
2. Lantai Dasar (GF) : 4,5 m
3. Lantai 1-9 : 3,3 m
4. Lantai 10-11 : 4,5 m

- c. Beban Mati (q_L)
1. Spesi per cm tebal : 21 kg/m^2
 2. Keramik per cm tebal : 24 kg/m^2
 3. Plafond : 11 kg/m^2
 4. Penggantung Plafond : 7 kg/m^2
 5. Plumbing : 25 kg/m^2
 6. Mekanikal&Elektrikal : 40 kg/m^2
- d. Beban Hidup (q_L) (SNI 1727:2013)
1. Lantai Dasar (Resepsionis) : 479 kg/m^2
 2. Lantai 1 (Restoran) : 479 kg/m^2
 3. Lantai 2-9 (Hotel) : 192 kg/m^2
 4. Lantai 10-11 (*Ballroom*) : 479 kg/m^2



Gambar 4.11. Denah Kolom Yang Ditinjau

$$\begin{aligned} \text{Luas Tributari } (A_T) &= 7,70 \times 4,95 = 38,115 \text{ m}^2 \\ K_{LL} &= 4 \text{ (SNI 1727:2013 Tabel 4.2)} \end{aligned}$$

Perhitungan Pembebanan

1. Beban Mati Lantai Dasar (GF)

Table 4.5. Beban Mati Lantai Ground

Komponen	Dimensi	Berat	Jumlah	Total
Pelat Lantai	= 7.70 x 4.95 x 0.15	x 2400	x 1	= 13721 Kg
Plafond	= 7.70 x 4.95	x 11	x 1	= 419 Kg
Penggantung	= 7.70 x 4.95	x 7	x 1	= 267 Kg
Balok B37A	= 0.35 x 0.7 x 7.7	x 2400	x 1	= 4528 Kg
Balok B35	= 0.3 x 0.5 x 4.95	x 2400	x 1	= 1782 Kg
Balok B24A	= 0.25 x 0.4 x 9.9	x 2400	x 1	= 2376 Kg
Spasi t= 2cm	= 7.70 x 4.95	x 21	x 1	= 800 Kg
Keramik t=1 cm	= 7.70 x 4.95	x 24	x 1	= 915 Kg
Plumbing	= 7.70 x 4.95	x 25	x 1	= 953 Kg
Mekanikal	= 7.70 x 4.95	x 40	x 1	= 1525 Kg
Total Beban Mati Lantai Ground				= 27286 Kg

2. Beban Mati Lantai 1 – 10

Table 4.6. Beban Mati LT. 1 - 10

Komponen	Dimensi	Berat	Jumlah	Total
Pelat Lantai	= 7.70 x 4.95 x 0.12	x 2400	x 10	= 109771 Kg
Plafond	= 7.70 x 4.95	x 11	x 10	= 4193 Kg
Penggantung	= 7.70 x 4.95	x 7	x 10	= 2668 Kg
Balok B37A	= 0.35 x 0.7 x 7.7	x 2400	x 10	= 45276 Kg
Balok B35	= 0.3 x 0.5 x 4.95	x 2400	x 10	= 17820 Kg
Balok B24A	= 0.25 x 0.4 x 9.9	x 2400	x 10	= 23760 Kg
Spasi t= 2cm	= 7.70 x 4.95	x 21	x 10	= 8004 Kg
Keramik t=1 cm	= 7.70 x 4.95	x 24	x 10	= 9148 Kg
Plumbing	= 7.70 x 4.95	x 25	x 10	= 9529 Kg
Mekanikal	= 7.70 x 4.95	x 40	x 10	= 15246 Kg
Total Beban Mati Lantai 1-10				= 245414 Kg

3. Beban Mati Lantai 11

Table 4.7. Beban Mati LT. 11

Komponen	Dimensi	Berat	Jumlah	Total
Pelat Lantai	= 7.70 x 4.95 x 0.2	x 2400	x 1	= 18295 Kg
Plafond	= 7.70 x 4.95	x 11	x 1	= 419 Kg
Penggantung	= 7.70 x 4.95	x 7	x 1	= 267 Kg
Balok B37A	= 0.35 x 0.7 x 7.7	x 2400	x 1	= 4528 Kg
Balok B35	= 0.3 x 0.5 x 4.95	x 2400	x 1	= 1782 Kg
Balok B24A	= 0.25 x 0.4 x 9.9	x 2400	x 1	= 2376 Kg
Spasi t= 2cm	= 7.70 x 4.95	x 21	x 1	= 800 Kg
Keramik t=1 cm	= 7.70 x 4.95	x 24	x 1	= 915 Kg
Mekanikal	= 7.70 x 4.95	x 40	x 1	= 1525 Kg
Total Beban Mati Lantai 11				= 30907 Kg

4. Beban Mati Lantai Atap

Table 4.8. Beban Mati LT. Atap

Komponen	Dimensi	Berat	Jumlah	Total
Pelat Lantai	= 7.70 x 4.95 x 0.12	x 2400	x 1	= 10977 Kg
Plafond	= 7.70 x 4.95	x 11	x 1	= 419 Kg
Penggantung	= 7.70 x 4.95	x 7	x 1	= 267 Kg
Balok B37A	= 0.35 x 0.7 x 7.7	x 2400	x 1	= 4528 Kg
Balok B35	= 0.3 x 0.6 x 4.95	x 2400	x 1	= 2138 Kg
Balok B24A	= 0.25 x 0.4 x 9.9	x 2400	x 1	= 2376 Kg
Mekanikal	= 7.70 x 4.95	x 40	x 1	= 1525 Kg
Total Beban Mati Lantai Atap				= 22230 Kg

Total Beban Mati = **325836, 555 Kg**

Menurut SNI 1727:2013 pasal 4.8 komponen struktur yang memiliki nilai $K_{LL} \cdot A_T \geq 37,16 \text{ m}^2$. Diijinkan untuk dirancang dengan beban hidup tereduksi sebagaimana ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$A_T = 7,70 \times 4,95 = 38,115 \text{ m}^2$$

$$K_{LL} \cdot A_T = 4 \times 38,115 = 152,46 \text{ m}^2$$

$$\text{Maka, } K_{LL} \cdot A_T \geq 37,16 \text{ m}^2$$

$$152,46 \geq 37,16 \text{ m}^2 \text{ (Beban hidup boleh direduksi)}$$

1. Reduksi Beban Hidup Lantai Dasar (GF)

Beban Hidup Lantai Dasar : 479 kg/m²

$$L = L_o \times \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right) \geq 0,4 L_o$$

$$L = 479 \times \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{152,46}} \right) \geq 0,4 \times 479$$

$$L = 297,036 \text{ kg/m}^2 \geq 191,6 \text{ kg/m}^2$$

Maka Total Beban Hidup pelat lantai dasar (GF)

$$\text{LT. Dasar (GF)} = 297,036 \times 7,70 \times 4,95 = 11321,5 \text{ Kg}$$

2. Reduksi Beban Hidup Lantai 1-9

Beban Hidup Lantai 1-9 : 192 kg/m²

$$L = L_o \times \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right) \geq 0,4 L_o$$

$$L = 192 \times \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{152,46}} \right) \geq 0,4 \times 192$$

$$L = 119,062 \text{ kg/m}^2 \geq 76,8 \text{ kg/m}^2$$

Maka Total Beban Hidup pelat lantai dasar (GF)

$$\begin{aligned} \text{LT. Dasar (GF)} &= 119,062 \times 7,70 \times 4,95 \times 9 \\ &= 40842,5 \text{ Kg} \end{aligned}$$

3. Reduksi Beban Hidup Lantai Dasar (GF)

Beban Hidup Lantai 10-11 : 479 kg/m^2

$$L = L_o \times \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right) \geq 0,4 L_o$$

$$L = 479 \times \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{152,46}} \right) \geq 0,4 \times 479$$

$$L = 297,036 \text{ kg/m}^2 \geq 191,6 \text{ kg/m}^2$$

Maka Total Beban Hidup pelat lantai dasar (GF)

$$\begin{aligned} \text{LT. Dasar (GF)} &= 297,036 \times 7,70 \times 4,95 \times 2 \\ &= 22643 \text{ Kg} \end{aligned}$$

4. Reduksi Beban Hidup Pelat Lantai Atap

Reduksi beban hidup pelat lantai atap (L_r) ditentukan sesuai persamaan berikut :

Dketahui Nilai $A_T = 38,115 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned} R_1 &= 1,2 - 0,011 \times A_T \\ &= 1,2 - 0,011 \times 38,115 \\ &= 0,781 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 4.8.2 bahwa nilai $F \leq 4$

Maka R_2 adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} R_2 &= 1 \quad (F \leq 4) \\ L_r &= L_o \times R_1 \times R_2 \\ &= 96 \times 0,781 \times 1 \\ &= 74,951 \text{ Kg/m}^2 \end{aligned}$$

Syarat :

$$58 \leq L_r \leq 96$$

$$58 \leq 74,951 \leq 96 \text{ Maka } Lr = 74,951 \text{ Kg/m}^2$$

Jadi total beban hidup pelat lantai atap

$$\text{Lt. Atap} = 74,951 \times 7,70 \times 4,95 = 2856,74 \text{ Kg}$$

A. Kombinasi Beban

$$\text{Total Beban Mati (qd)} = 325836,555 \text{ Kg}$$

$$\text{Total Beban Hidup (ql)} = 77663,740 \text{ Kg}$$

$$Qu = 1,4 \text{ qd}$$

$$= 1,4 \times 325836,555$$

$$= 456171,177 \text{ Kg}$$

$$Qu = 1,2 \text{ qd} + 1,6 \text{ ql} + 0,5 \text{ Lr}$$

$$= 1,2 (325836,555) + 1,6 (77663,740) + 0,5 (2856,74)$$

$$= 516694,22 \text{ Kg}$$

Dari perhitungan diatas maka diambil kondisi yang menentukan yaitu sebagai berikut :

$$Qu = 516694,22 \text{ Kg}$$

$$Qu = 5166942,2 \text{ N}$$

B. Menentukan Dimensi Kolom

$$\text{Mutu beton (} f_c \text{')} = 35 \text{ Mpa}$$

$$\text{Dimensi Kolom (A)} = \frac{P}{0,3 \times f_c}$$

$$= \frac{5166942,2}{0,3 \times 35}$$

$$= 492090 \text{ mm}^2$$

Dimensi : $h = b$, Maka $A = b^2$

$$b = \sqrt{440242} = 701 = 700 \text{ mm}$$

Maka Diambil Dimensi Kolom = 60/70

Dimensi kolom struktur akan disajikan dalam bentuk tabel sebagai Berikut

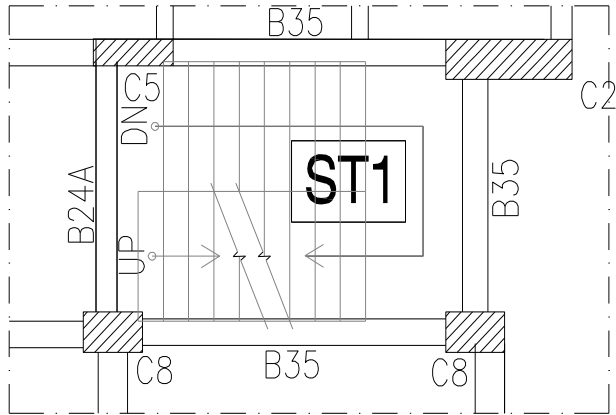
Table 4.9. Type Dimensi Kolom Struktur

No	Type Kolom	Dimensi (cm)		Dimensi Pakai
		B	H	
1	C1	60	150	60/150
2	C2	50	120	50/120
3	C3	60	70	60/70
4	C4	45	100	45/100
5	C5	30	70	30/70
6	C6	60	70	60/70
7	C7	30	50	30/50
8	C8	45	70	45/70
9	C9	30	30	30/30
10	C10	30	30	30/30

4.1.5. Perencanaan Tangga Beton Bertulang

A. Data Perencanaan

- a. Mutu Beton (f_c') = 25 Mpa
- b. Tebal Rencana Pelat Tangga = 150 mm
- c. Tebal Rencana Pelat Bordes = 150 mm
- d. Lebar Injakan/ Antrade (i) = 300 mm
- e. Tinggi Injakan/ Optrade (t) = 175 mm
- f. Tinggi Tangga = 3000 mm
- g. Lebar tangga = 1200 mm
- h. Tinggi Bordes = 1500 mm
- i. Lebar Bordes = 1400 mm
- j. Panjang Miring Anak Tangga = 347 mm



Gambar 4.27. Denah Tangga Yang Ditinjau

B. Perhitungan Perencanaan

a. Sudut Kemiringan Tangga

$$\alpha = \text{Arc tan } t/i$$

$$= 30,256$$

b. Syarat Kemiringan Tangga

$$25^0 \leq \alpha \leq 40^0$$

$$25^0 \leq 30,256 \leq 40^0 \text{ (Syarat Memenuhi)}$$

c. Syarat Lebar Injakan dan Tinggi Injakan

$$60^0 \leq 2t + i \leq 65^0$$

$$60^0 \leq 65 \leq 65^0 \text{ (Syarat Memenuhi)}$$

d. Jumlah Injakan

$$N = \frac{\text{Tinggi Pelat Tangga}}{t} = 17$$

e. Tebal Efektif Pelat Tangga

$$T = \frac{\text{Lebar Injakan} \times \text{Tinggi Injakan}}{\text{Panjang Miring Anak Tangga}}$$

$$= 151 \text{ mm , Maka Diambil} = 150 \text{ mm}$$

4.2. Pembebanan Struktur

4.2.1. Data Umum Bangunan

a. Data Perencanaan

1. Fungsi Bangunan : Hotel
2. Kondisi Tanah : Sedang
3. Mutu Bahan
 - a. Mutu Tulangan Lentur (f_y) : 400 Mpa
 - b. Mutu Tulangan Geser (f_y) : 400 Mpa
 - c. Mutu Beton (f_c)
 - Kolom : 35 Mpa
 - Balok dan Pelat Lantai : 25 Mpa
4. Letak Bangunan : Kota Pekanbaru

b. Dimensi Struktur Bangunan

1. Dimensi Balok induk : 35/70 cm
30/50 cm
2. Dimensi Balok Anak : 25/40 cm
3. Dimensi Pelat Lantai : Lt Basement = 200 cm
Lt Ground = 150 cm
Lt 1- 11 = 120 cm
Lt Atap = 120 cm

4.2.2. Analisis Beban Mati (Dead Load)

Beban Mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan yang terpasang termasuk dinding, lantai, atap, plafond, tangga, dinding partisi tetap, finishing, dan komponen arsitektur dan struktural lainnya serta peralatan layan terpasang lainnya termasuk berat keran.

A. Analisa Beban Mati

1. Spesi atau Mortar

Mu 440

Spesifikasi :

- Daya Sebar = 1.5 m² (Tebal 20 mm)

- Berat = 50 Kg

- Berat Air = 7 Kg.

- **Beban Spesi/M²** = **38 kg/m²**

2. Keramik

Niro Granit 600x600 mm

Spesifikasi :

- Luas PerKarton = 1.44 m²

- Berat = 30 Kg.

- **Beban Keramik** = **21 kg/m²**

3. Plafond

Kalsiboard 6 mm

Spesifikasi :

Ukuran 1.22 x 2.44 = 2.9768 m²

Berat = 28 kg

Maka Beban Plafond = **9 kg/m²**

4. Penggantungan Plafond

Solid Aluminium (Broure Alex)

Spesifikasi :

Tebal : 3 mm

Berat : 8 Kg/m²

5. Beban Dinding

Bata Ringan (Citicon)

Spesifikasi :

Dimensi = P : 600 mm

H : 200 mm

T : 100 mm

Berat : 600 kg/m³

Berat Dinding : 60 kg/m²

6. Plesteran

Mu 301

Spesifikasi :

- Daya Sebar = 2.1 m² (Tebal 20 mm)
- Berat = 40 Kg
- Berat Air = 6 Kg.
- **Beban Spesi/M²** = **22 kg/m²**

7. Acian Plester

Mu 200

Spesifikasi :

- Daya Sebar = 20 m²
- Berat = 40 Kg
- Berat Air = 13 Kg.
- **Beban Spesi/M²** = **3 kg/m²**

B. Perhitungan Pembebanan Gedung Beban Mati

1. Lantai Dasar (GF) (Tinggi Lt +4,5m) (Interior)

Beban Mati (DL)

- a. Spesi per cm tebal : 28 kg/m²
- b. Keramik per cm tebal : 21 kg/m²
- c. MEP : 72 kg/m² +
- Total : 130.83 Kg/m²**

Beban Dinding :

- 1. Bata Ringan : 60 Kg/m²
- Plester + Aci (2Lap) : 49 Kg/m² +
- Dinding Bata Ringan : 109 kg/m² x 4 m
- : 436 Kg/m

2. Lantai Dasar (GF) (Tinggi Lt +4,5m) (eksterior)

Beban Mati (DL)

- a. MEP : 72 kg/m² +
- Total : 72 Kg/m²**

3. **Lantai 1 (Tinggi Lt +3,3 m)**

Beban Mati (DL)

a. Spesi per cm tebal	: 38 kg/m ²
b. Keramik per cm tebal	: 21 kg/m ²
c. Plafond	: 9 kg/m ²
d. Penggantungan Plafond	: 8 kg/m ²
e. MEP	: 57.6 kg/m ² +
Total	: 134 Kg/m²

Beban Dinding :

1. Bata Ringan	: 60 Kg/m ²
<u>Plester + Aci (2Lap)</u>	: 49 Kg/m ² +
Dinding Bata Ringan	: 109 kg/m ² x 2.8 m
	: 306 Kg/m

4. **Lantai 2-9 (Tinggi Lt +3,3 m)**

Beban Mati (DL)

a. Spesi per cm tebal	: 38 kg/m ²
b. Keramik per cm tebal	: 21 kg/m ²
c. Plafond	: 9 kg/m ²
d. Penggantungan Plafond	: 8 kg/m ²
e. MEP	: 57.6 kg/m ² +
Total	: 134 Kg/m²

Beban Dinding :

1. Bata Ringan	: 60 Kg/m ²
<u>Plester + Aci (2Lap)</u>	: 49 Kg/m ² +
Dinding Bata Ringan	: 109 kg/m ² x 2.8 m
	: 306 Kg/m

5. **Lantai 10-11 (Tinggi Lt +4,5 m)**

Beban Mati (DL)

a. Spesi per cm tebal	: 38 kg/m ²
b. Keramik per cm tebal	: 21 kg/m ²
c. Plafond	: 9 kg/m ²
d. Penggantungan Plafond	: 8 kg/m ²
e. MEP	: 57.6 kg/m ² +
Total	: 134 Kg/m²

Beban Dinding :

1. Bata Ringan	: 60 Kg/m ²
<u>Plester + Aci (2Lap)</u>	<u>: 49 Kg/m² +</u>
Dinding Bata Ringan	: 109 kg/m ² x 4 m
	: 436 Kg/m

6. **Lantai Atap**

Beban Mati (DL)

a. Plafond	: 9 kg/m ²
b. Penggantungan Plafond	: 8 kg/m ²
c. <u>MEP</u>	<u>: 58 kg/m² +</u>
Total	: 75 Kg/m²

7. **Lantai Kolam Renang**

Volume Kolam	: P = 13,45 m
	: L = 3,3 m
	: H = 1,7 m
	: V = 75,45 m ³

Luas Kolam Renang : A = 44,385 m²

Berat Jenis Air : Bj = 1000 Kg/m³

Beban Kolam Renang : q = 1700 Kg/m²

Beban Mati (DL)

a. Spesi/Mortar	: 38 kg/m ²
b. Keramik	: 21 kg/m ²
c. <u>MEP</u>	<u>: 96 kg/m² +</u>
Total	: 155 Kg/m²

8. **Balok Tepi (B47) Tumpuan Pelat Prategang**

Beban Mati (DL)

Berat Pelat = 15.7 m x 14.9 m x 0.25 m x 2400 Kg/m³
= 140358 Kg

Berat Tendon X = 0.0003948 x 471 x 7850 = 1459.9 Kg

Berat Tendon Y = 0.0003948 x 476.8 x 7850 = 1477.8 kg

Total = 143295.7 kg

Keliling Pelat = 61.2 m

Beban Mati = 2341 kg/m

Beban Mati Tambahan

a. Spesi per cm tebal	: 38 kg/m ²
b. Keramik per cm tebal	: 21 kg/m ²
c. Plafond	: 9 kg/m ²
d. Penggantung Plafond	: 8 kg/m ²
e. MEP	: 57.6 kg/m ² +
Total	: 134 Kg/m²

Luas Lantai = 233.93 m²

Berat = 134kg/m² x 233.93 m²
= 31309.052 kg

Beban Mati Tambahan (DL++)= 511.6 Kg/m

Beban Hidup :

Berat : 479 kg/m² x 233.93 m² = 112052.47 kg

Beban Hidup (LL) = 1831 kg/m

9. **Beban Tangga**

Beban Mati (DL)

Beban Anak Tangga = 0.028x12x 2400 = 194.3 kg/m²

Beban Spesi atau Mortar = 38 kg/m²

Beban Keramik = 21 kg/m²

Beban Railing = 35.2 kg/m²

Beban Tangga = 288.3 Kg/m²

4.2.3. Analisis Beban Hidup (Live Load)

Berdasarkan SNI 1727:2013 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, atau beban mati.

Berikut rincian perhitungan beban hidup pada struktur gedung adalah sebagai berikut :

1. Lantai Dasar (GF) Elv. ± 0.00 (interior)
 - a. Fungsi lantai lobi : 479 kg/m²
 - b. Faktor Reduksi Beban hidup : 0.75
 - c. **Beban Hidup tereduksi** : **359,25 Kg/m²**

2. Lantai Dasar (GF) Elv. ± 0.00 (Eksterior)
 - a. Fungsi lantai akses mobil : 192kg/m²
 - b. Faktor Reduksi Beban hidup : 0
 - c. **Beban Hidup tereduksi** : **192 Kg/m²**

3. Lantai 1 Elv. ± 4.50
 - a. Fungsi lantai Restoran : 479 kg/m²
 - b. Faktor Reduksi Beban hidup : 0.75
 - c. **Beban Hidup tereduksi** : **359,25 Kg/m²**

4. Lantai 2-9
 - a. Fungsi lantai Kamar hotel : 192 kg/m²
 - b. Faktor Reduksi Beban hidup : 0.75
 - c. **Beban Hidup tereduksi** : **144 Kg/m²**

5. Lantai 10-11
 - a. Fungsi lantai Kamar Aula/Ballroom : 479 kg/m²
 - b. Faktor Reduksi Beban hidup : 0
 - c. **Beban Hidup tereduksi** : **479 Kg/m²**

6. Lantai Dak Atap
 - a. Fungsi lantai dak beton : 96 kg/m²
 - b. Faktor Reduksi Beban hidup : 0.75
 - c. **Beban Hidup tereduksi** : **72 Kg/m²**

7. Lantai Tangga
 - a. Fungsi Tangga : 133 kg
 - b. Faktor Reduksi Beban hidup : 0
 - c. **Beban Hidup tereduksi** : **133 Kg**

8. Lantai Kolam Renang
 - a. Fungsi Kolam Renang : 359 kg
 - b. Faktor Reduksi Beban hidup : 0.75
 - c. **Beban Hidup tereduksi : 269.25 Kg**

4.2.4. Analisis Beban Gempa (Earthquake Load)

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan gedung yang akan direncanakan sesuai dengan wilayah gempa di kota pekanbaru, Riau. Perhitungan dilakukan sesuai peraturan gempa terbaru SNI 1726:2012. Fungsi respons spektrum ditetapkan dengan mempertimbangkan kondisi tanah dilokasi rencana struktur akan dibangun. Berikut rincian perhitungan desain respons spektrum adalah sebagai berikut:

A. Gempa Rencana

Berdasarkan peraturan gempa SNI 1726:2012, gempa rencana ditetapkan sebagai gempa dengan kemungkinan terlewati besarnya selama umur struktur bangunan 50 tahun adalah sebesar 2%.

B. Faktor Keutamaan dan Kategori Risiko Struktur Bangunan

Berdasarkan peraturan gempa SNI 1726:2012, kategori resiko struktur bangunan gedung berdasarkan dengan jenis pemanfaatan bangunan yang akan direncanakan, sedangkan factor keutamaan struktur ditentukan berdasarkan klasifikasi kategori resiko pemanfaatan bangunan. Dimana pengaruh gempa rencana dikalikan dengan factor keutamaan struktur.

Table 4.10. kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa (SNI 1726:2012)

Jenis pemanfaatan	Kategori resiko
<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, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaja dan struktur kecil lainnya 	I
<p>Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II
<p>Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penelitian anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan non gedung, tidak termasuk kedalam kategori risiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

Table 4.11. Faktor Keutamaan Gempa (SNI 1726:2012)

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

Pada perencanaan bangunan akan direncanakan berfungsi sebagai hotel maka kategori resiko bangunan adalah **kategori 2** dan **faktor keutamaan gempa adalah 1**

C. Analisa Penentuan Kelas Situs

Berdasarkan peraturan gempa SNI 1726:2012 penentuan kelas situs berdasarkan data tanah hasil investigasi tanah dilapangan. Dari hasil pengujian digunakan tahanan penetrasi rata-rata (N)

Table 4.12. Klasifikasi Tanah

Lapisan	Tebal	Deskripsi Jenis Tanah	N-SPT	di/Ni
Ke-i	Lapisan(di)			
1	2.45	Lempung Berlanau, Kuning, Kadar Air Rendah, Plastis Tinggi	15.00	0.16
2	2.00	Lempung Berpasir, Kuning, Kadar Air Sedang, Plastis Tinggi	20.00	0.10
3	10.00	Lanau Berlempung, Kemerahan, Kadar Air Rendah, Plastis Sedang	21.80	0.46
4	6.00	Lanau Berlempung, Kuning Kemerahan, Kadar Air Rendah, Plastis Sedang	22.33	0.27
5	8.00	Lanau berlempung, Kemerahan, Kadar Air Tinggi, Plastis Sedang	28.50	0.28
6	4.00	Lanau Berlempung, Kuning Kemerahan, Kadar Air Tinggi, Plastis Sedang	34.00	0.12
7	8.00	Lempung Berpasir, Kemerahan, Kadar Air Sedang, Plastis Sedang	22.25	0.36
6	6.00	Lempung Berpasir, Kemerahan, Kadar Air Sedang, Plastis Tinggi	32.00	0.19
6	4.00	Lanau Berlempung, Abu-Abu, Kadar Air Sedang, Plastis sedang	41.00	0.10
6	6.00	Lanau Berlempung, Abu-Abu Gelap, Kadar Air Sedang, Plastis Sedang	60.00	0.10
Total	56.45		296.88	2.13

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n d_1}{\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{N_i}}$$

$$N = \frac{56.45}{2.13}$$

$$N = 26.457$$

Tabel 5.7 Klasifikasi Situs (SNI 1726:2012)

Kelas situs	\bar{v}_s (m/detik)	\bar{N} atau \bar{N}_{60}	\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	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik 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 Plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $\bar{s}_u < 50$ kPa		

CATATAN: N/A = tidak dapat dipakai

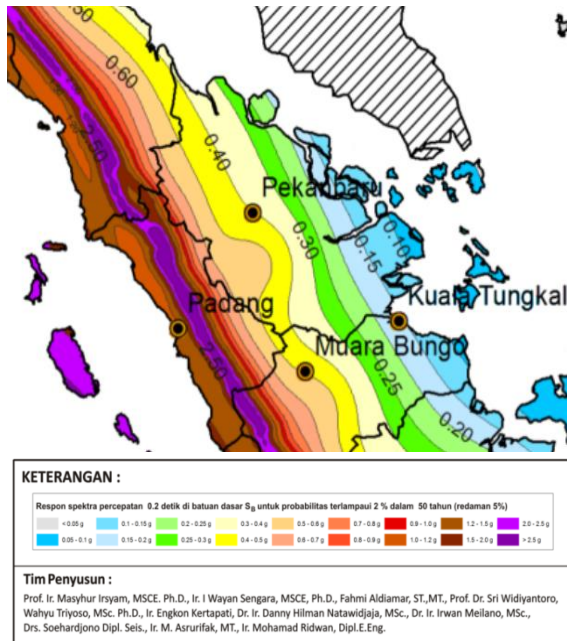
Dari hasil analisa dan tabel klasifikasi situs dapat disimpulkan termasuk dalam kategori **SD (Tanah Sedang)** dikarenakan hasil analisa tahanan penetrasi rata-rata (\bar{N}) didapat 26.457 maka $\bar{N} = 15 - 50$

D. Analisa Beban Gempa Respons Spektrum

Gedung akan direncanakan berada di daerah Kota Pekanbaru, Riau. Berdasarkan peta hazard 2010 diambil desain gempa 2% dalam 50 tahun (Gempa 2500 tahun).

1. Menentukan Nilai S_s Berdasarkan Gambar 8 (SNI 1726:2012)

Peta wilayah kota Pekanbaru dengan respons spectra percepatan 0,2 detik di batuan dasar S_s untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (redaman 5%).

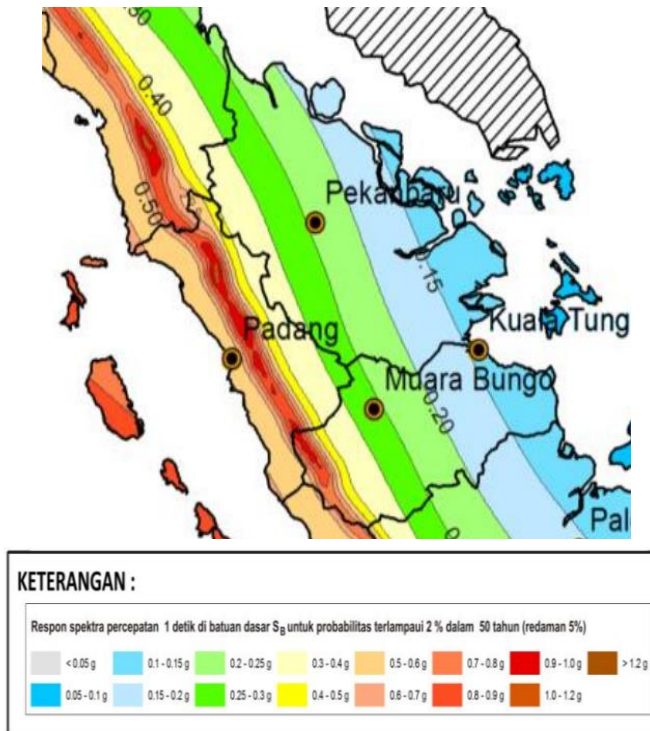


Gambar 4.28. Peta Respons Spektra 0,3 Detik SS Kota Pekanbaru

Berdasarkan peta diatas kota pekanbaru berada pada angka 0,4 – 0,5 . Maka nilai $S_s = 0,45 g$

2. Menentukan Nilai S_1 Berdasarkan Gambar 9 (SNI 1726:2012)

Peta wilayah kota pekanbaru dengan respons spectra percepatan 1 detik di batuan dasar S_B untuk probabilitas terlampaui 2% dalam 50 tahun (redaman 5%).



Gambar 4.29. Peta Respons Spektra 0.2 detik S1 Kota Pekanbaru

Berdasarkan peta diatas kota pekanbaru berada pada angka 0,2 – 0,25 g . Maka nilai S1 = 0,23 g

E. Koefisien-Koefisien Situs dan Parameter-Parameter Respons Spektral Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Resiko Tertarget (MCE_R)

Penentuan respons spektral percepatan gempa MCE_R dipermukaan tanah, diperlukan suatu factor amplifikasi seismik pada pada perioda 0,2 detik. Factor amplifikasi meliputi factor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran perioda pendek

(Fa) dan factor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran perioda 1 detik (Fv)

Table 4.13. Klasifikasi Situs, Fa (SNI 1726:2012)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa (MCE_R) terpetakan pada perioda pendek, $T=0,2$ detik, S_s				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS ^b				

CATATAN:

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

Dari tabel Klasifikasi Situs (Fa) dan berdasarkan nilai S_s maka untuk mendapatkan nilai Fa harus dianalisa dengan melakukan interpolasi linier adalah **Fa = 1,44 g**

Table 4.14. Koefisien Situs, Fv (SNI 1726:2012)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa MCE_R terpetakan pada perioda 1 detik, S_1				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS ^b				

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

Dari tabel koefisien Situs (Fv) dan berdasarkan nilai S_1 maka untuk mendapatkan nilai Fv harus dianalisa dengan melakukan interpolasi linier adalah **Fv = 1,94 g**

Parameter spektrum respons percepatan pada perioda pendek (S_{ms}) dan perioda 1 detik (S_{m1}) yang disesuaikan dengan

pengaruh klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan berikut:

$$\begin{aligned} S_{MS} &= F_a \cdot S_s \\ &= 1,44 \times 0,45 \\ &= \mathbf{0,648 \text{ g}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{M1} &= F_v \cdot S_1 \\ &= 1,94 \times 0,23 \\ &= \mathbf{0,4462 \text{ g}} \end{aligned}$$

F. Parameter Percepatan Spektral Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk perioda pendek, S_{DS} dan pada perioda 1 detik, harus ditentukan melalui perumusan berikut :

$$\begin{aligned} S_{DS} &= 2/3 S_{MS} \\ &= 2/3 \times 0,648 \\ &= \mathbf{0,432 \text{ g}} \\ S_{D1} &= 2/3 S_{M1} \\ &= 2/3 \times 0,4462 \\ &= \mathbf{0,297 \text{ g}} \end{aligned}$$

G. Spektrum Respons Desain

Berikut langkah-langkah perhitungan untuk membuat spektrum respons desain sebagai berikut :

1. Untuk perioda yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a , harus diambil dari persamaan :

$$S_a = SDS \left(0,4 \times 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

Jika $T = 0$ Maka,

$$S_a = SDS \left(0,4 \times 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

$$S_a = 0,432 (0,4)$$

$$\mathbf{S_a = 0,173 \text{ g}}$$

2. Untuk perioda lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , Spektrum respons percepatan desain, **Sa**, sama dengan **S_{DS} yaitu 0,432 g**

$$\begin{aligned}\text{Nilai } T_0 &= 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= 0,2 \times \frac{0,297}{0,432} = \mathbf{0,14 \text{ g}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Nilai } T_s &= \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \\ &= \frac{0,297}{0,432} = \mathbf{0,69 \text{ g}}\end{aligned}$$

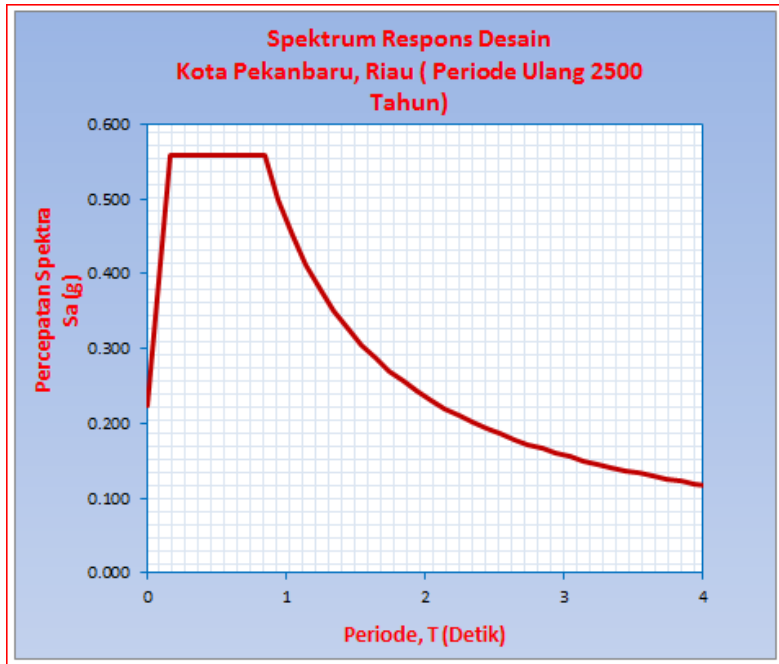
3. Untuk perioda lebih besar dari T_s , Spektrum respons percepatan desain, **Sa**, diambil berdasarkan persamaan:

$$\begin{aligned}S_a &= \frac{S_{D1}}{T} \\ T &= T_s + 0,1 = 0,69 + 0,1 = 0,79\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_a &= \frac{0,297}{0,79} \\ &= \mathbf{0,377 \text{ g}}\end{aligned}$$

Table 4.15. Spektrum Respons Desain

T (detik)	T (Detik)	Sa (g)
0	0	0.173
T0	0.14	0.432
Ts	0.69	0.432
Ts+0.1	0.79	0.377
Ts + 0.2	0.89	0.335
Ts + 0.3	0.99	0.301
Ts + 0.4	1.09	0.273
Ts + 0.5	1.19	0.250
Ts + 0.6	1.29	0.231
Ts + 0.7	1.39	0.214
Ts + 0.8	1.49	0.200
Ts + 0.9	1.59	0.187
Ts + 1.0	1.69	0.176
Ts + 1.1	1.79	0.166
Ts + 1.2	1.89	0.158
Ts + 1.3	1.99	0.150
Ts + 1.4	2.09	0.142
Ts + 1.5	2.19	0.136
Ts + 1.6	2.29	0.130
Ts + 1.7	2.39	0.125
Ts + 1.8	2.49	0.120
Ts + 1.9	2.59	0.115
Ts + 2.0	2.69	0.111
Ts + 2.1	2.79	0.107
Ts + 2.2	2.89	0.103
Ts + 2.3	2.99	0.100
Ts + 2.4	3.09	0.096
Ts + 2.5	3.19	0.093
Ts + 2.6	3.29	0.090
Ts + 2.7	3.39	0.088
Ts + 2.8	3.49	0.085
Ts + 2.9	3.59	0.083
Ts + 3.0	3.69	0.081
Ts + 3.1	3.79	0.079
Ts + 3.2	3.89	0.076



Gambar 4.30. Spektrum Respons Desain

H. Kategori Desain Seismik

Struktur harus ditetapkan memiliki suatu kategori desain seismik yang berdasarkan tabel 6 dan tabel 7 SNI 1726:2012. Dari hasil analisa sebelumnya didapatkan nilai $S_{DS} = 0,432 \text{ g}$ dan $S_{D1} = 0,297 \text{ g}$, Maka Kategori desain seismic sebagai berikut :

Table 4. 16. Kategori Desain Seismik Pada Perioda Pendek

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

Table 4.17. Kategori Desain Seismik Pada Periode 1 Detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,167$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Berdasarkan tabel 6 dan tabel 7 pada SNI 1726:2012 serta menggunakan parameter nilai S_{DS} dan S_{D1} maka, Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru termasuk pada **kategori desain seismik D**. Pemilihan kategori desain tersebut diperlihatkan pada Tabel 5.14.

4.2.5. Analisis Beban Hujan (R)

Berdasarkan SNI 1727:2013 bagian atap bangunan harus mampu menahan beban air hujan yang terkumpul apabila system drainase primer pada suatu bagian tertentu tertutup ditambah beban merata genangan air hujan. Beban hujan rencana dapat direncanakan dengan menggunakan persamaan rumus sebagai berikut :

$$R = 0,0098 (ds + dh)$$

Dimana :

R : Beban Air Hujan Pada Atap (KN/m^2)

ds: Kedalaman Pada Atap (mm)

dh: Tambahan Kedalaman Air

Maka :

ds : 30 mm

dh : 15 mm

$$\begin{aligned} R &= 0,0098 \times (30 \text{ mm} + 15 \text{ mm}) \\ &= 0,441 \text{ kN/m}^2 \\ &= 44,1 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

4.2.6. Analisis Beban Angin (W)

Berdasarkan SNI 1727:2013 bangunan gedung harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin. Beban angina desain untuk bangunan gedung harus ditentukan dengan menggunakan prosedur yang disyaratkan:

Prosedur menentukan beban angina pada bangunan gedung :

1. Menentukan kategori resiko bangunan gedung
Berdasarkan SNI 1727:2013 gedung hotel pesonna pekanbaru termasuk kategori bangunan gedung tertutup.
2. Menentukan kecepatan angina dasar
Berdasarkan web BMKG <http://www.bmkg.go.id/cuaca/prakiraancuaca.bmkg?AreaID=501478&Prov=26>. Maka didapatkan data kecepatan angina dasar (V) kota pekanbaru adalah

$$V = 10 \text{ Km/jam}$$

$$= 2.778 \text{ m/s}$$
 Elevasi = 66.000 ft

$$= 19.8 \text{ m Mdpl}$$
3. Menentukan parameter beban angina
 - a. Faktor Arah Angin (Kd)

Table 4.18. Faktor Arah Angin , Kd

Tabel 26.6-1 - Faktor Arah Angin, K_d

Tipe Struktur	Faktor Arah Angin K_d^*
Bangunan Gedung	
Sistem Penahan Beban Angin Utama	0,85
Komponen dan Klading Bangunan Gedung	0,85
Atap Lengkung	0,85
Cerobong asap, Tangki, dan Struktur yang sama	
Segi empat	0,90
Segi enam	0,95
Bundar	0,95
Dinding pejal berdiri bebas dan papan reklame pejal berdiri bebas dan papan reklame terikat	0,85
papan reklame terbuka dan kerangka kisi	0,85
Rangka batang menara	
Segi tiga, segi empat, persegi panjang	0,85
Penampang lainnya	0,95

* Faktor arah K_d telah dikalibrasi dengan kombinasi beban yang ditetapkan dalam Pasal 2. Faktor ini hanya diterapkan bila digunakan sesuai dengan kombinasi beban yang disyaratkan dalam Pasal 2.3 dan Pasal 2.4.

Berdasarkan tabel 26.6.1 SNI 1727:2013 dengan tipe struktur Sistem Penahan Beban Angin Utama maka nilai faktor arah angin (K_d) adalah 0.85

4. Kategori Kekerasan Permukaan
Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru terletak didaerah perkotaan maka berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 26.7.2 mempunyai kekasaran permukaan = B
5. Menentukan koefisien eksposure.
Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 26.7.3 Kategori Eksposure B ditentukan apabila kekerasan permukaan tanah sebagaimana ditentukan oleh kekerasan permukaan B.
6. Faktor Topografi
Berdasarkan SNI 1727:2013 Pasal 26.8 Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru Terletak didaerah dengan kondisi topografi datar, sehingga tidak ada dalam persyaratan gambar 26.8-1 Parameter Untuk Peningkatan Kecepatan diatas Bukit dan tebing Maka Nilai faktor topografi (K_{zt}) = 1
7. Faktor Efek Tiupan Angin (G)
Suatu bangunan gedung dan struktur lain yang kaku boleh diambil sebesar
 $G = 0.85$
8. Koefisien Tekanan Internal (G_{Cpi})
Berdasarkan SNI 1727:2013 tabel 26.11-1 dengan klasifikasi tertutupan bangunan hotel Pesonna pekanbaru merupakan bangunan gedung tertutup maka nilai Koefisien Tekanan Internal (G_{Cpi}) adalah
 $G_{Cpi} = + 0,18$
 $= - 0,18$

Table 4.19. Koefisien Tekanan Internal (GC_{pi})

Sistem Penahan Beban Angin Utama dan Komponen dan Kleding		Semua Ketinggian
Tabel 26.11-1 Koefisien Tekanan Internal, (GC_{pi})		Dinding & Atap
Bangunan Tertutup, Tertutup Sebagian, dan Terbuka		
Klasifikasi Ketertutupan		(GC_{pi})
Bangunan gedung terbuka		0,00
Bangunan gedung tertutup sebagian		+ 0,55 - 0,55
Bangunan gedung tertutup		+ 0,18 - 0,18

Catatan:

- Tanda positif dan negatif menandakan tekanan yang bekerja menuju dan menjauhi dari permukaan internal.
- Nilai (GC_{pi}) harus digunakan dengan q_e atau q_s seperti yang ditetapkan.
- Dua kasus harus dipertimbangkan untuk menentukan persyaratan beban kritis untuk kondisi yang sesuai:
 - nilai positif dari (GC_{pi}) diterapkan untuk seluruh permukaan internal
 - nilai negatif dari (GC_{pi}) diterapkan untuk seluruh permukaan internal

9. Koefisien Eksposure Tekanan Velocitas, K_z atau K_h

Table 4.20. Koefisien Eksposure Tekanan Velocitas

Tinggi di atas level tanah, z		Eksposur		
		B	C	D
ft	(m)			
0-15	(0-4,6)	0,57	0,85	1,03
20	(6,1)	0,62	0,90	1,08
25	(7,6)	0,66	0,94	1,12
30	(9,1)	0,70	0,98	1,16
40	(12,2)	0,76	1,04	1,22
50	(15,2)	0,81	1,09	1,27
60	(18)	0,85	1,13	1,31
70	(21,3)	0,89	1,17	1,34
80	(24,4)	0,93	1,21	1,38
90	(27,4)	0,96	1,24	1,40
100	(30,5)	0,99	1,26	1,43
120	(36,6)	1,04	1,31	1,48
140	(42,7)	1,09	1,36	1,52
160	(48,8)	1,13	1,39	1,55
180	(54,9)	1,17	1,43	1,58
200	(61,0)	1,20	1,46	1,61
250	(76,2)	1,28	1,53	1,68
300	(91,4)	1,35	1,59	1,73
350	(106,7)	1,41	1,64	1,78
400	(121,9)	1,47	1,69	1,82
450	(137,2)	1,52	1,73	1,86
500	(152,4)	1,56	1,77	1,89

Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru mempunyai bangunan 46,20 m dan mempunyai exposure B maka berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 27.3 tabel 27.3-1 maka koefisien eksposur tekanan velositas adalah K_h dan $K_z = 1,113$

10. Menentukan tekanan velositas q atau q_h
 Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 27.3.2 tekanan velositas q_z , dievaluasi pada ketinggian z harus dihitung dengan persamaan .

$$q_z/q_h = 0,613 K_z K_{zt} K_d V^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$= 4,475 \text{ N/m}^2$$

11. Menentukan koefisien tekanan eksternal C_p atau C_n

Data Gedung:

Lebar : 14,2 m

Panjang : 38,5 m

Lebar Atap : 14,2 m

Tinggi atap : 46,20 m

Kemiringan Atap : 15^0

Table 4.21. Koefisien Tekanan Dinding, C_p

Permukaan	Koefisien tekanan dinding, C_p		Digunakan dengan
	L/B	C_p	
Dinding di sisi angin datang	Seluruh nilai	0,8	q_z
	0 – 1	- 0,5	
Dinding di sisi angin pergi	2	- 0,3	q_h
	≥ 4	- 0,2	
	Seluruh nilai	- 0,7	

Table 4.22. Koefisien Tekanan Atap

Koefisien tekanan atap, C_p , untuk digunakan dengan q_p												
Arah angin	Di sisi angin datang									Di sisi angin pergi		
	h/L	10	15	20	25	30	35	45	$\geq 60^\circ$	10	15	≥ 20
Tegak lurus terhadap bubungan untuk $\theta \geq 10^\circ$	$\leq 0,25$	-0,7 -0,18	-0,5 0,0*	-0,3 0,2	-0,2 0,3	-0,2 0,3	0,0* 0,4	0,4	0,01 θ	-0,3	-0,5	-0,6
	0,5	-0,9 -0,18	-0,7 -0,18	-0,4 0,0*	-0,2 0,2	-0,2 0,2	-0,2 0,3	0,0* 0,4	0,01 θ	-0,5	-0,5	-0,6
	$\geq 1,0$	-1,3** -0,18	-1,0 -0,18	-0,7 -0,18	-0,5 0,0*	-0,3 0,2	-0,2 0,2	0,0 0,4	0,01 θ	-0,7	-0,6	-0,6
Tegak lurus terhadap bubungan untuk $\theta < 10^\circ$ sejajar bubungan untuk semua θ	$\leq 0,5$	Jarak horizontal dari tepi sisi angin datang				C_p		* Nilai disediakan untuk keperluan interpolasi.				
		0 sampai dengan $h/2$				-0,9, -0,18		** Nilai dapat direduksi secara linier dengan luas yang sesuai berikut ini:				
		$h/2$ sampai dengan h				-0,9, -0,18						
		h sampai dengan $2h$				-0,5, -0,18						
	$> 2h$				-0,3, -0,18							
$\geq 1,0$	0 sampai dengan $h/2$				-1,3**, -0,18		Luas (ft^2)		Faktor reduksi			
	$> h/2$				-0,7, -0,18		$\leq 100 (9,3 m^2)$		1,0			
							250 (23,2 m^2)		0,9			
							$\geq 1000 (92,9 m^2)$		0,8			

12. Menghitung tekanan angin p pada setiap permukaan bangunan gedung

Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 27.4.2 bangunan gedung fleksibel tertutup dan tertutup sebagian

$$P = qGfC_p - q_i(GC_{pi}) \text{ (N/m}^2\text{)}$$

a. Dinding

Table 4.23. Beban Angin Pada Dinding Bangunan

Permukaan	L (m)	P (m)	L/P	Syarat L/B	C_p	C_p Dipakai	P (Kg/m ²)
Dinding Sisi Angin Datang	14.2	38.5	0.3688	Seluruh Nilai	0.8	0.8	3.043
Dinding Sisi Angin Pergi	14.2	38.5	0.3688	0-1	-0.5	-0.382	-1.451
				2	-0.3		
				≥ 4	-0.2		
Dinding Tepi	14.2	38.5	0.3688	Seluruh Nilai	-0.7	-0.7	-3.132

b. Atap

Table 4.24. Beban Angin Pada Atap Bangunan

Permukaan	L (m)	h (m)	h/L	C_p	WD (Kg/m ²)
Sisi Angin Datang	14.2	46.2	3.2535	1	3.803
	14.2	46.2	3.2535	0.18	0.685
Sisi Angin Pergi	14.2	46.2	3.2535	-0.6	-2.282

Dari hasil analisa perhitungan beban angin didapatkan beban angina kecil dari beban angin desain minimum berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 27.1.5 Bebn angina yang digunkan dalam desain SPBAU untuk abngunan gedung tertutup adalah

1. Dinding (P) = 77 Kg/m²
Atap (P) = 38 Kg/m²

4.2.7. Analisis Tegangan Tanah Lateral (Pa)

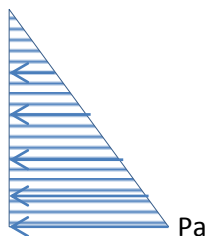
Analisis tekanan tanah lateral digunakan untuk perancangan dinding penahan tanah. Tekanan tanah lateral merupakan gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah. Besarnya tekanan tanah lateral sangat dipengaruhi oleh sifat tanahnya (Hardiyatmo, 2002). Berdasarkan SNI 1727:2013 pasal 3.2.1 beban tanah berdasarkan tabel 3.1 sebagai beban tanah lateral minimum adalah :

Data Tanah :

- a. Kedalaman Basemen : 3 m
- b. Jenis Tanah : Lempung Berlanau
- c. Beban Tanah Rencana : 1335 Kg/m²

Maka Tekanan Tanah Lateral (Pa)

$$Pa = 4005 \text{ Kg/m}^2$$



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

4.3. Perhitungan Pelat Lantai Prategang

4.3.1. Desain Pelat Dua Arah Beton Prategang

Data – Data Analisis Pelat Beton Prategang

a. Dimensi :

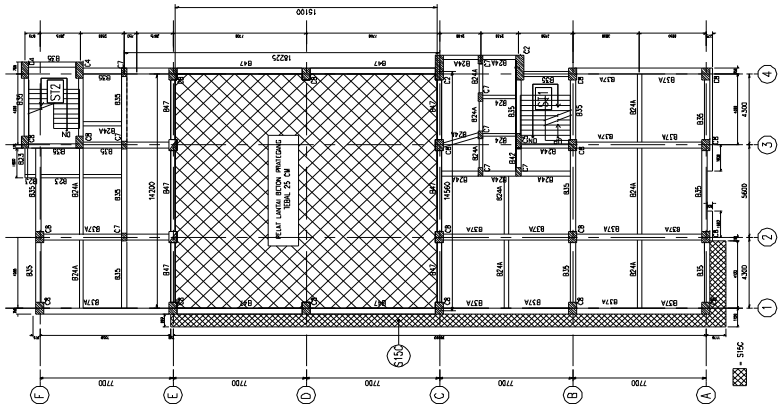
1. Tebal Pelat Lantai = 25 cm
2. Panjang Pelat (L_x) = 15,7 m
3. Lebar Pelat (L_y) = 14,9 m
4. Panjang Bersih Arah X (L_n) = 15,1 m
5. Lebar Bersih Arah Y (L_n Y) = 14,2 m

b. Rasio Dimensi Pelat

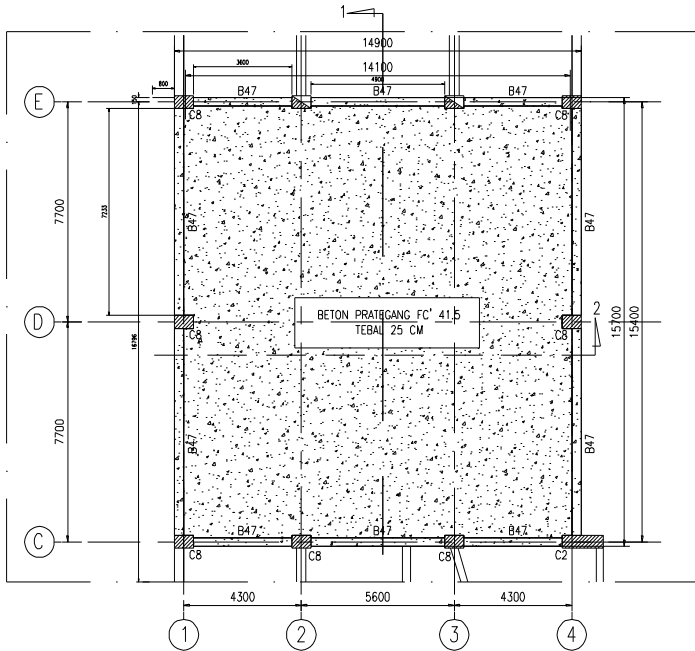
$$\frac{L_x}{L_y} = \frac{15.7}{14.9} = 1,054 < 2, \text{ Pelat Dua Arah}$$

c. Mutu Bahan

1. Mutu Beton (f_c') = 41,5 Mpa
2. Mutu Strand (f_y) = 1862 Mpa Dia. 12,7 mm
3. Mutu Tulangan (f_y) = 400 Mpa



Gambar 4.31. Denah Struktur LT 11



Gambar 4.32. Denah Pelat Prategang LT 11

Analisa Pembebanan

Beban Mati (qd)

1. Berat Sendiri Pelat Beton Prategang
 $q_d = 0,25 \text{ m} \times 2400 \text{ Kg/m}^3 = 600 \text{ Kg/m}^2$
2. Beban Mati Tambahan (qd+)
 - a. Spesi/Mortar = 38 Kg/m^2
 - b. Keramik = 21 Kg/m^2
 - c. Karpet = 10 Kg/m^2
 - d. Plafond = 9 Kg/m^2
 - e. Penggantung Plafond = 8 Kg/m^2
 - f. Mekanikal & Elektrikal = 58 Kg/m^2 +

Total = 144 Kg/m^2

3. Beban Hidup (q_l) (SNI 1727:2013 Tabel 4.1)
 - a. Fungsi Lantai Ballroom/Aula = 479 Kg/m^2
 - b. Faktor Reduksi Beban Hidup = 0
 - c. Beban Hidup Tak Tereduksi = 479 Kg/m^2

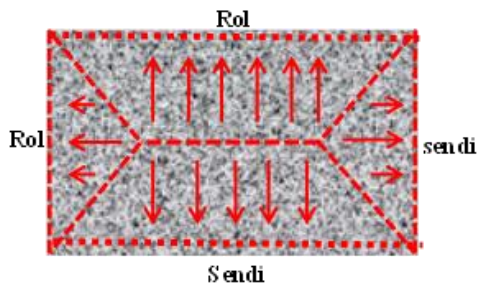
4. Beban Total Pelat Lantai (Q_{tot}) Beban Layan
 - a. Beban berat sendiri = 600 Kg/m^2
 - b. Beban Mati Tambahan = 144 Kg/m^2
 - c. Beban Hidup = 479 Kg/m^2 +
 - Total** = 1223 Kg/m^2
 - = $12,23 \text{ KN/m}^2$

5. Beban Total Pelat Lantai (Q_u) Beban Ultimte
 - a. Beban berat sendiri = $1.2 \times 600 \text{ Kg/m}^2$
 - b. Beban Mati Tambahan = $1.2 \times 144 \text{ Kg/m}^2$
 - c. Beban Hidup = $1.6 \times 479 \text{ Kg/m}^2$ +
 - Total** = 1659 Kg/m^2
 - = $16,59 \text{ KN/m}^2$

Analisa Gaya Dalam Pelat Prategang

1. Dengan Analisa Gaya Manual

Asumsi Distribusi Beban Berdasarkan Metode Amplop Atau Garis Leleh (Gideon, 1993)



Gambar 4.33. Sistem Tumpuan Pelat Prategang dan Distribusi Beban

Keterangan :

Dimana tumpuan sendi dan rol diartikan pelat prategang hanya menumpu sederhana ke balok tepi, Sehingga pelat prategang merupakan elemen struktur yang tidak monolit dengan struktur gedung secara keutuhan dan analisis dilakukan terpisah.

$$\text{Rasio dimensi pelat} = \frac{L_x}{L_y} = 1,054$$

Maka nilai koefesienya adalah :

$$ML_x = 44,51$$

$$ML_y = 39,38$$

Menentukan besaran momen pelat lantai:

$$\begin{aligned} ML_x &= 0,001 W_u L_x^2 K \\ &= 0,001 \times 12,23 \text{ kN/m}^2 \times 15,7 \text{ m} \times 44,51 \\ &= 182.04 \text{ kN-m (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} ML_y &= 0,001 W_u L_y^2 K \\ &= 0,001 \times 12,23 \text{ kN/m}^2 \times 14,9 \times 39,38 \\ &= 145.06 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{tx} &= 1/2 ML_x \\ &= 1/2 \times 182.04 \text{ kN-m} \\ &= 91.018 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{ty} &= 1/2 ML_y \\ &= 1/2 \times 145.06 \text{ kN-m} \\ &= 72.53 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

2. Analisa Menggunakan Aplikasi SAP 2000

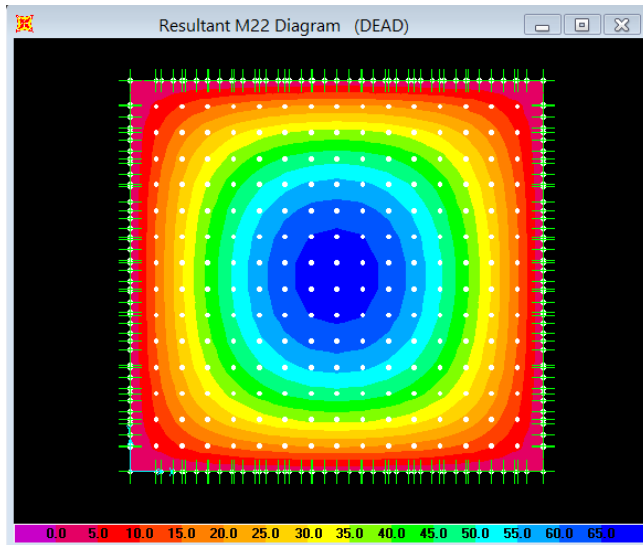
a. Analisa Gaya-Gaya Dalam Kombinasi Beban = 1.0D

Analisa Pembebanan

Beban Mati (qd)

1. Berat Sendiri Pelat Beton Prategang

$$q_d = 0,25 \text{ m} \times 2400 \text{ Kg/m}^3 = 600 \text{ Kg/m}^2$$



Gambar 4.34. Output Momen Pelat Prategang Akibat Beban Mati pada program SAP 2000

Hasil Analisa SAP 2000 Didapatkan Momen Maksimum dari Kombinasi 1.0 D adalah $M_d = 65 \text{ kN-m}$

- b. Analisa Gaya-Gaya Dalam Kombinasi Beban 1.0D+1.0LL

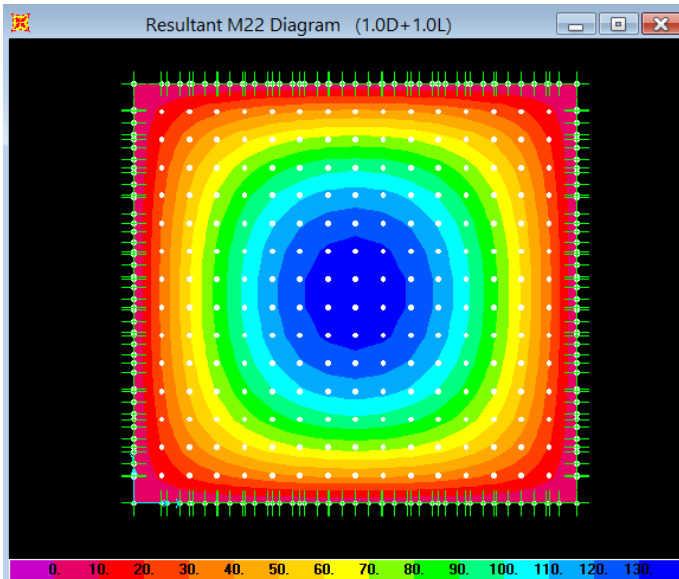
Analisa Pembebanan

1. Berat Sendiri Pelat Beton Prategang

$$q_d = 0,25 \text{ m} \times 2400 \text{ Kg/m}^3 = 600 \text{ Kg/m}^2$$
2. Beban Mati Tambahan (q_{d+})
 - a. Spesi/Mortar = 38 Kg/m^2
 - b. Keramik = 21 Kg/m^2

- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| c. Karpet | = 10 Kg/m ² |
| d. Plafond | = 9 Kg/m ² |
| e. Pengantung Plafond | = 8 Kg/m ² |
| f. Mekanikal & Elektrikal | = 58 Kg/m ² + |
| Total | = 144 Kg/m² |

3. Beban Hidup (ql) (SNI 1727:2013 Tabel 4.1)
 - a. Fungsi Lantai Ballroom/Aula = 479 Kg/m²
 - b. Faktor Reduksi Beban Hidup = 0
 - c. Beban Hidup Tak Tereduksi = 479 Kg/m²



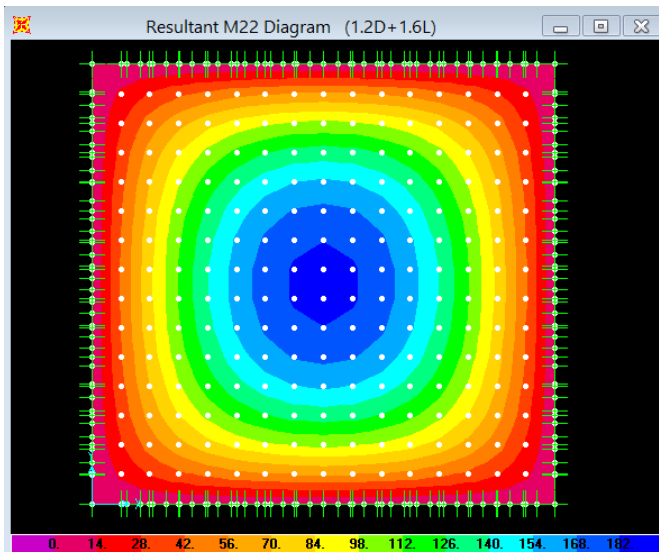
Gambar 4.35. Output Momen Pelat Prategang Akibat Beban Layan pada program SAP 2000

Hasil Analisa SAP 2000 Didapatkan Momen Maksimum dari Kombinasi 1.0 D + 1.0 LL adalah $M_u = 130 \text{ kN-m}$

- c. Analisa Gaya-Gaya Dalam Kombinasi Beban =
 1.2D+1.6LL
Analisa Pembebanan

Beban Total Pelat Lantai (Qu) Beban Ultimite

- | | |
|------------------------|---------------------------------|
| a. Beban berat sendiri | = 1.2 x 600 Kg/m ² |
| b. Beban Mati Tambahan | = 1.2 x 144 Kg/m ² |
| c. Beban Hidup | = 1.6 x 479 Kg/m ² + |
| Total | = 1659 Kg/m² |
| | = 16,59 KN/m² |



Gambar 4.36. Output Momen Pelat Prategang Akibat Beban Ultimite pada program SAP 2000

Hasil Analisa SAP 2000 Didapatkan Momen Maksimum dari Kombinasi 1.2 D + 1.6LL adalah $M_u = 182 \text{ kN-m}$

Menentukan Gaya Prategang Dalam 1 m Lebar Pelat

$$\begin{aligned}\text{Luas (A)} &= 1000 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} \\ &= 250000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Cgc} = 125 \text{ mm}$$

$$e = \text{Cgc} - 70 = 55 \text{ mm}$$

$$\text{Ya} = 125 \text{ mm}$$

$$\text{Yb} = 125 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{I} &= 1/12 \times 1 \text{ m} \times (0,25\text{m})^3 \\ &= 13,021 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3\end{aligned}$$

Gaya Prategang Efektif

$$F = \frac{P}{A} + \frac{P \times e \times y}{I} - \frac{M \times Y}{I}$$

$$0 = \frac{P}{0,25} + \frac{P \times 0,055 \times 0,125}{13,021 \cdot 10^{-4}} - \frac{182 \times 0,125}{13,021 \cdot 10^{-4}}$$

$$0 = \frac{P}{0,25} + \frac{P \times 0,0069}{13,021 \cdot 10^{-4}} - 17472$$

$$0 = 4P + 5,80P - 17472$$

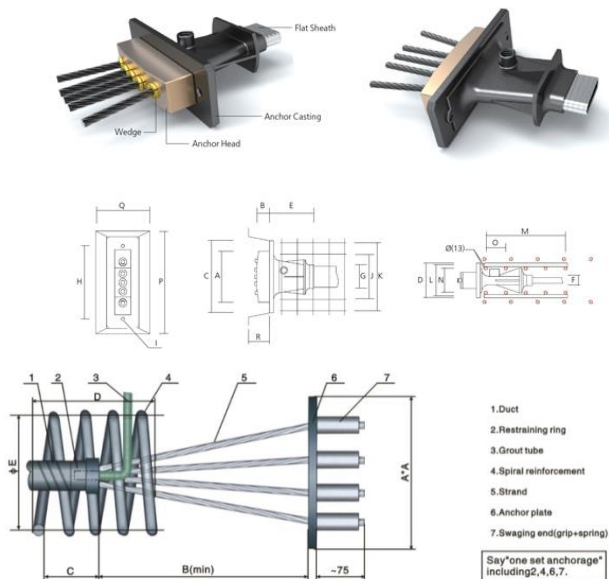
$$9,28P = 17472$$

$$P = \frac{17472}{9,28} = 1882,76 \text{ KN}$$

Menentukan Jumlah Tendon

Table 4.25 Type dan Jenis Strand

STANDARD	GRADE	SIZE	NOM. DIA. mm.	NOM. SECTION mm. ²	NOM. WEIGHT Kg/m	SPECIFIED BREAKING LOAD		SPECIFIED LOAD AT 1% ELONGATION	
						kN	kips	kN	kips
Euronorm 138-6/79 Standard	1770 MPa	½" - T13	12.50	93.00	0.730	164	36.9	139	31.3
	1860 MPa	½" - T13	12.50	93.00	0.730	173	38.9	147	33.1
	1670 MPa	0.6" - T15	15.20	139.0	1.090	232	52.2	197	44.3
	1770 MPa	0.6" - T15	15.20	139.0	1.090	246	55.3	209	47.0
Euronorm 138-6/79 Super	1860 MPa	½" - T13	12.90	100.0	0.785	186	41.8	158	35.5
	1770 MPa	5/8" - T13	15.70	150.0	1.180	265	59.6	225	50.6
A.S.T.M. A 416/80	250 kpsi	½" - T13	12.70	93.00	0.730	160.1	36.0	144.2	32.1
	270 kpsi	½" - T13	12.70	98.71	0.775	183.7	41.3	165.4	37.2
	250 kpsi	0.6" - T15	15.24	139.35	1.094	240.2	54.0	216.3	48.6
	250 kpsi	0.6" - T15	15.24	140.00	1.102	260.7	58.6	234.7	52.8



Gambar 4. 37. Angkur Aktif dan Angkur Pasif

Direncanakan menggunakan tendon 5 strand dengan type strand – 7 ply dan jenis strand A.S.T.M. A 416/80 Grade 270 Kpsi 12,7 mm.

- a. Nominal Diameter Strand : 12,7 mm
- b. Luas Nominal Area Strand : 98,71 mm²
- c. Minimal Breaking Load : 183,7 KN
: 183700 N

- d. Tegangan Baja Ultimit (*f_{pu}*) : $\frac{\text{Breaking Load}}{AS}$
: $\frac{183700 \text{ N}}{98,71 \text{ mm}^2}$
: 1862 Mpa

Dipakai tendon dengan breaking load : 5 strand x 183,7 KN
: 918.5 KN



Gambar 4.38. Separangkat Angkur Aktif Post Tension Slab

Berdasarkan SNI 7833: 2012 pasal 6.13.2 untuk desain zona pengangkuruan pasca-tarik, faktor beban 1,2 terhadap gaya jacking baja prategang maksimum.

Maka Gaya Prategang Terfaktor = $1,2 \times 918,5 \text{ KN} = 1102,2 \text{ KN}$
 Jumlah Tendon 1 Meter Lebar Pelat :

$$N = \frac{1882,8 \text{ KN}}{918,5 \text{ KN}} = 2 \text{ Bh Tendon (@ 5 Strand)}$$

Maka Jumlah Tendon yang dibutuhkan pada elemen pelat lantai prategang adalah :

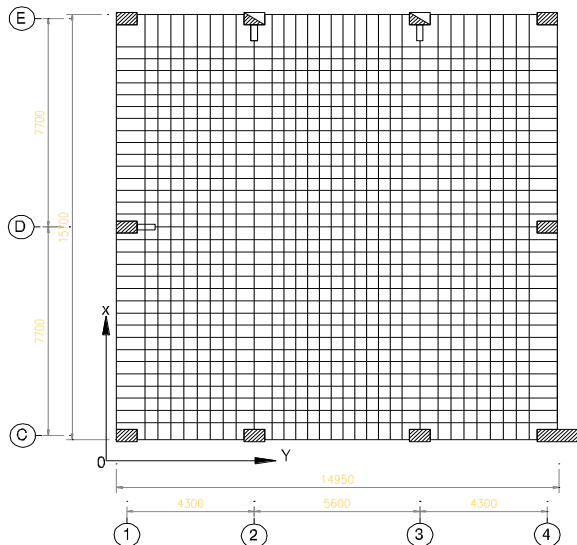
Arah Panjang (L_x) = $15,7 \text{ m} \times 2 \text{ bh Tendon} = 32 \text{ Bh Tendon}$

Arah Pendek (L_y) = $14,9 \text{ m} \times 2 \text{ bh Tendon} = 30 \text{ Bh Tendon}$

Maka,

Jarak Antar Tendon Arah Panjang (L_x) = $15700/33 = 478 \text{ mm}$

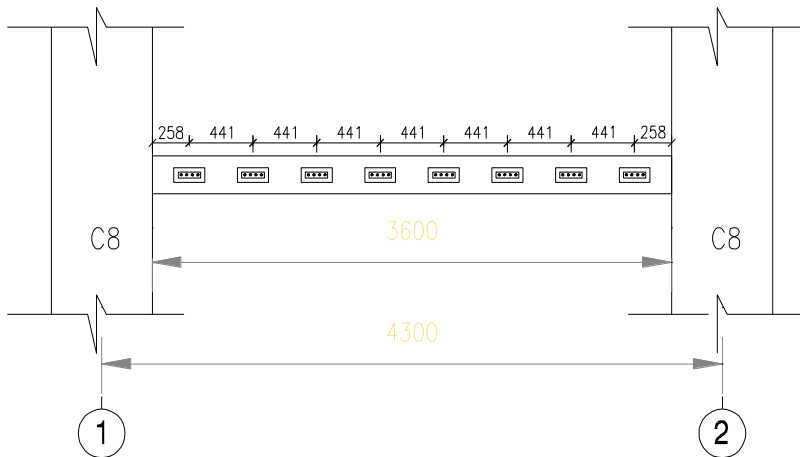
Jarak Antar Tendon Arah Lebar (L_y) = $14900/31 = 481 \text{ mm}$



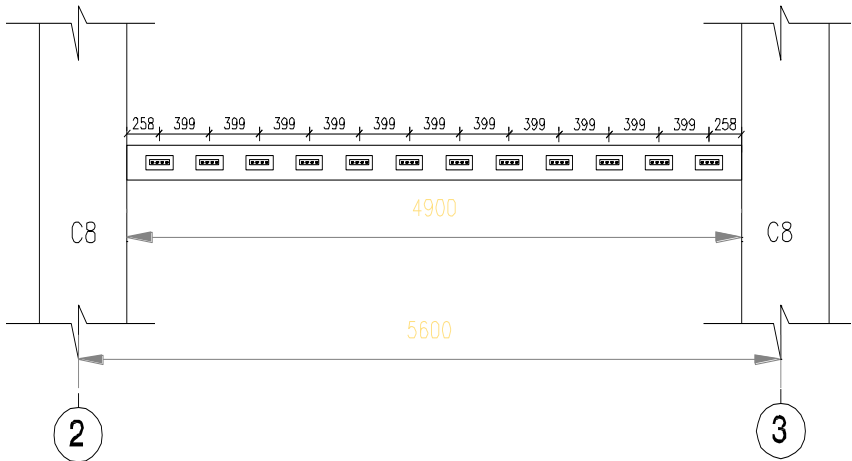
Gambar 4.39. Denah Pemasangan Tendon

Table 4.26. Elevasi Pemasangan Tendon

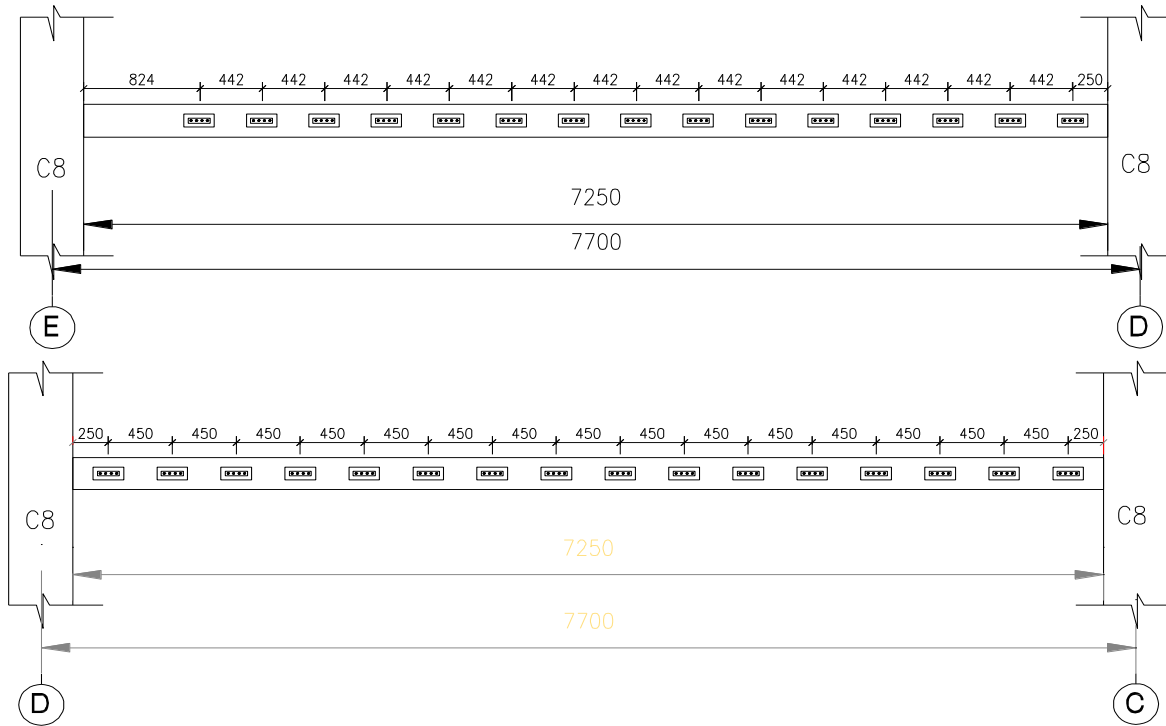
ELEVASI PEMASANGAN TENDON			
ARAH X		ARAH Y	
L (M)	Z (MM)	L (M)	Z (MM)
0.00	-125.00	0.00	-125.00
1.00	-133.61	1.00	-137.84
2.00	-141.04	2.00	-149.07
3.00	-147.28	3.00	-158.69
4.00	-152.33	4.00	-166.69
5.00	-156.19	5.00	-172.53
6.00	-158.64	6.00	-176.57
7.00	-159.65	7.00	-179.01
7.45	-160.00	7.85	-180.00
8.00	-159.57	8.00	-179.83
9.00	-158.33	9.00	-178.66
10.00	-155.86	10.00	-175.53
11.00	-151.94	11.00	-170.78
12.00	-146.73	12.00	-164.41
13.00	-140.34	13.00	-156.24
14.00	-132.75	14.00	-145.93
14.90	-125.00	15.00	-133.99
		15.70	-125.00



Gambar 4.40. Tata Letak Angkur Aktif Pada Tendon Arah X As 1-2

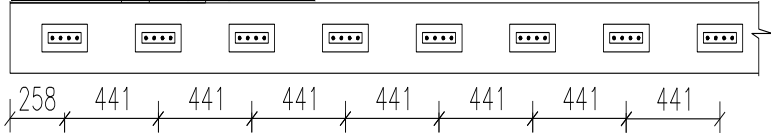


Gambar 4.41. Tata Letak Angkur Aktif pada Tendon Arah X As 2-3



Gambar 4.42. Tata Letak Angkur Aktif Pada Tendon Arah Y

TENDON Y	X	0
5S ASTM A 416	Z	125



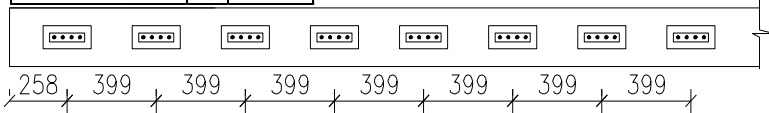
Gambar 4.43. Kordinat Tendon Y As 1-2 Pada Daerah Tumpuan

TENDON Y	X	7850
5S ASTM A 416	Z	180



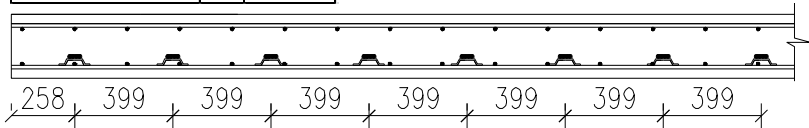
Gambar 4.44. Kordinat Tendon Y 1-2 Pada Daerah Lapangan

TENDON Y	X	0
5S ASTM A 416	Z	125

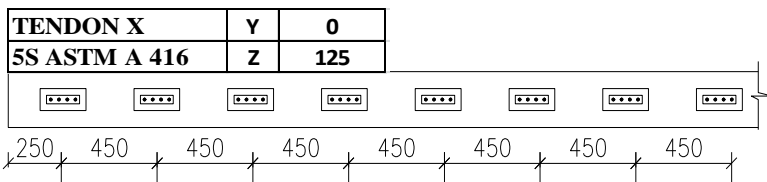


Gambar 4.45. Kordinat Tendon Y As 3-4 Pada Daerah Tumpuan

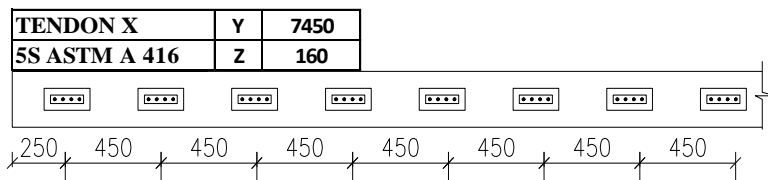
TENDON Y	X	7850
5S ASTM A 416	Z	180



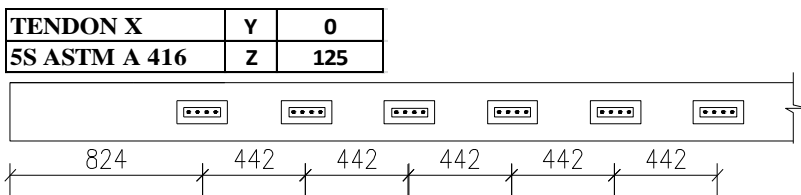
Gambar 4. 46. Kordinat Tendon Y As 3-4 Pada Daerah Lapangan



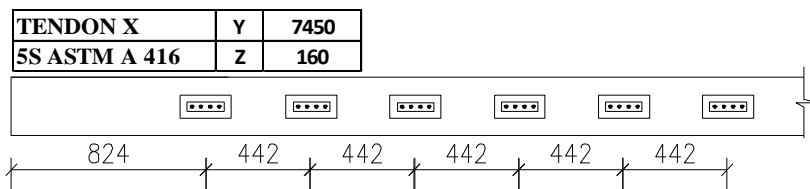
Gambar 4.47. Kordinat Tendon X As C-D Pada Daerah Tumpuan



Gambar 4.48. Kordinat Tendon X As C-D Pada Daerah Lapangan



Gambar 4.49. Kordinat Tendon X As D-E Pada Daerah Tumpuan



Gambar 4.50. Kordinat Tendon X As D-E Pada Daerah Lapangan

Perhitungan Tegangan Pada Beton

1. Kombinasi Beban = 1.0 D
(Pemberian Gaya Prategang 30%)

Data Analisa :

- a. Tebal Pelat (h) = 250 mm
- b. Modulus Elastisitas Beton (E_c) = 30277.63 Mpa
- c. Modulus Elastisitas Baja (E_s) = 200000 Mpa
- d. Eksentrisitas Tendon X (e_x) = $250/2 - 70 = 55$ mm
- e. Eksentrisitas Tendon Y (e_y) = $55 - 20 = 35$ mm
- f. Momen Berat Sendiri (M_d) = 65 kN-m
- g. Gaya Prategang Efektif (P) = 1882.76 kN (100%)
- h. Gaya Prategang Efektif (P) = 564.83 kN (30 %)
- i. Beban Mati (qd) = 6 kN/m²
- j. Mutu Beton (f'_c) = 41.5 Mpa
- k. Mutu Beton 14 Hari (f'_{ci}) = 36.52 Mpa
- l. $h_x = 55/2 + 55 = 82.5$ mm
- m. $h_y = (55 + 55)/2 + 35 = 90$ mm

Gaya Angkat Tendon Arah X dan Arah Y

$$W_{bx} = \frac{8 \times H_x \times P_x}{L^2}$$
$$= \frac{8 \times 82.5 \text{ mm} \times 564.83 \text{ kN}}{15.7 \text{ m}^2}$$
$$= 1.51 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{by} = \frac{8 \times H_y \times P_y}{L^2}$$
$$= \frac{8 \times 90 \text{ mm} \times 564.83 \text{ kN}}{14.5 \text{ m}^2}$$
$$= 1.83 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned}
 W &= W_{bx} + W_{by} \\
 &= 1.51 \text{ kN/m}^2 + 1.83 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 3.34 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_u &= Q_{\text{total}} - W \\
 &= 6 \text{ kN/m}^2 - 3.34 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 2.66 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Luas Penampang beton yang ditinjau (A) :

$$A = 1000 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} = 250000 \text{ mm}^2$$

Momen Tahanan (W)

$$W = 1/6 \times 1000 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}^2 = 10416667 \text{ mm}^3$$

Momen Inersia(I)

$$I = 1/12 \times 1000 \times 250 \text{ mm}^3 = 1.3 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Tegangan Pada Serat Beton

a. Penarikan Pada Saat Tranfer (Initial) dengan nilai gaya prategang 30%

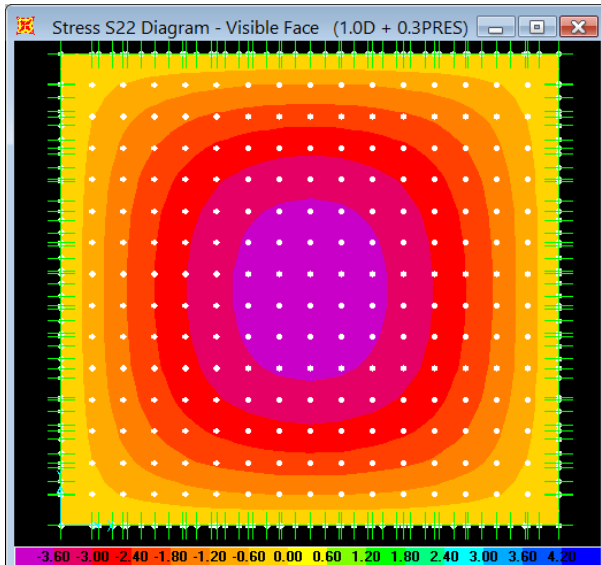
1. Tegangan Serat Atas (Fa)

$$\begin{aligned}
 F_a &= - \frac{P}{A} + \frac{p \times e}{W} - \frac{M}{W} \\
 &= - \frac{564.83}{0.25} + \frac{564.83 \times 0.055}{0.0104167} - \frac{65}{0.0104167}
 \end{aligned}$$

$$= - 5.517 \text{ Mpa (Tekan)}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 F_a &= 0.25 \sqrt{f_{ci}} \\
 &= 1.51 \text{ Mpa (Tarik)}
 \end{aligned}$$



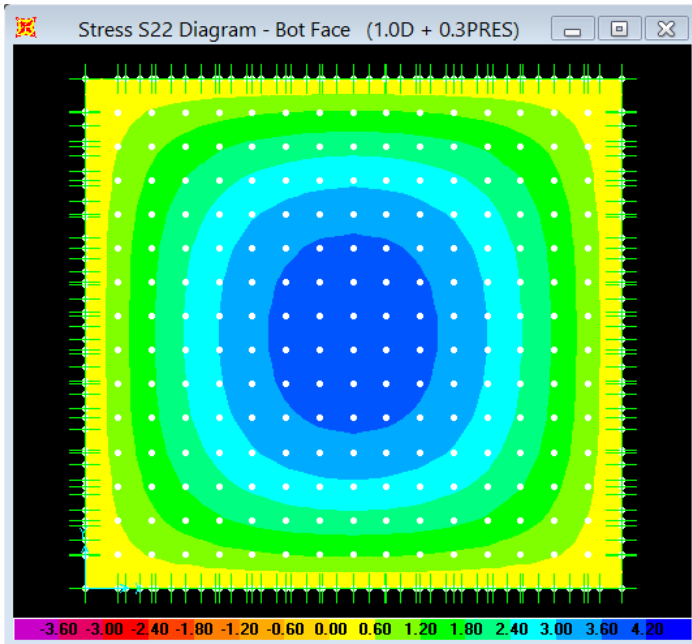
Gambar 4.51. Diagram Tegangan Beton Serat Atas Kombinasi (1.0D+0.3PRES) Output SAP 2000

2. Tegangan Serat Bawah (Fb)

$$\begin{aligned}
 F_a &= -\frac{P}{A} - \frac{p \cdot x \cdot e}{W} + \frac{M}{W} \\
 &= -\frac{564.83}{0.25} - \frac{564.83 \cdot x \cdot 0.055}{0.0104167} + \frac{65}{0.0104167} \\
 &= 1.00 \text{ Mpa (Tarik)}
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 F_a &= 0.6 f_{ci} \\
 &= 21.912 \text{ Mpa (Tekan)}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.52. Diagram Tegangan Beton Serat Bawah Kombinasi (1.0D+0.3PRES) Output SAP 2000

Lendutan :

Maka Beban Layan Tak Seimbang :

$$W_u = 2.656 \text{ kN/m}^2$$

$$= 0.00266 \text{ N/mm}^2$$

Persamaan Lendutan :

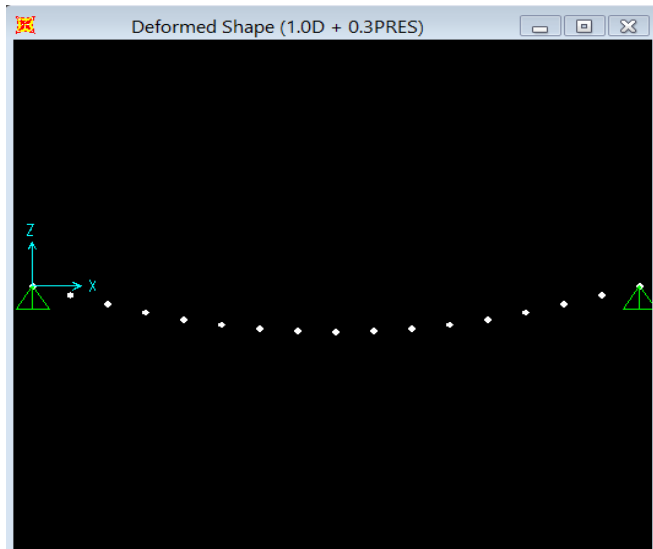
$$\delta = \frac{5 W_u L^4}{384 EI}$$

$$= \frac{5 \cdot 0.00266 \text{ N/mm}^2 \cdot 14.9 \text{ mm}^4}{384 \times 30277.632 \text{ Mpa} \times 0.0104167 \text{ mm}^4} = 17 \text{ mm}$$

Lendutan Ijin :

Lendutan yang diijinkan berdasarkan SNI 7833:2012 Pasal 5.2 Tabel 3

$$\text{Batas Lendutan : } \delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{240} = \frac{14900}{240} = 62.08 \text{ mm}$$



Gambar 4.53. Diagram Deformasi Pelat Prategang Output SAP 2000 Kombinasi (1.0D+0.3PRES)

2. Kombinasi Beban = 1.0 D
(Pemberian Gaya Prategang 100%)

Data Analisa :

- a. Tebal Pelat (h) = 250 mm
- b. Modulus Elastisitas Beton (E_c) = 30277.63 Mpa
- c. Modulus Elastisitas Baja (E_s) = 200000 Mpa
- d. Eksentrisitas Tendon X (e_x) = $250/2 - 70 = 55$ mm
- e. Eksentrisitas Tendon Y (e_y) = $55 - 20 = 35$ mm
- f. Momen Berat Sendiri (M_d) = 65 kN-m
- g. Gaya Prategang Efektif (P) = 1882.76 kN (100%)

- h. Beban Mati (qd) = 6.0 kN/m²
- i. Mutu Beton (f_c') = 41.5 Mpa
- j. $h_x = 55/2+55$ = 82.5 mm
- k. $h_y = (55+55)/2+35$ = 90 mm

Gaya Angkat Tendon Arah X dan Arah Y

$$\begin{aligned}
 W_{bx} &= \frac{8 \times H_x \times P_x}{L^2} \\
 &= \frac{8 \times 82.5 \text{ mm} \times 1882.76 \text{ kN}}{15.7 \text{ m}^2} \\
 &= 5.041 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{by} &= \frac{8 \times H_y \times P_y}{L^2} \\
 &= \frac{8 \times 90 \text{ mm} \times 1882.76 \text{ kN}}{14.5 \text{ m}^2} \\
 &= 6.106 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W &= W_{bx} + W_{by} \\
 &= 5.041 \text{ kN/m}^2 + 6.106 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 11.147 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_u &= Q_{\text{total}} - W \\
 &= 7.44 \text{ kN/m}^2 - 11.147 \text{ kN/m}^2 \\
 &= -3.71 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Luas Penampang beton yang ditinjau (A) :

$$A = 1000 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} = 250000 \text{ mm}^2$$

Momen Tahanan (W)

$$W = 1/6 \times 1000 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}^2 = 10416667 \text{ mm}^3$$

Momen Inersia(I)

$$I = 1/12 \times 1000 \times 250 \text{ mm}^3 = 1.3 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Tegangan Pada Serat Beton

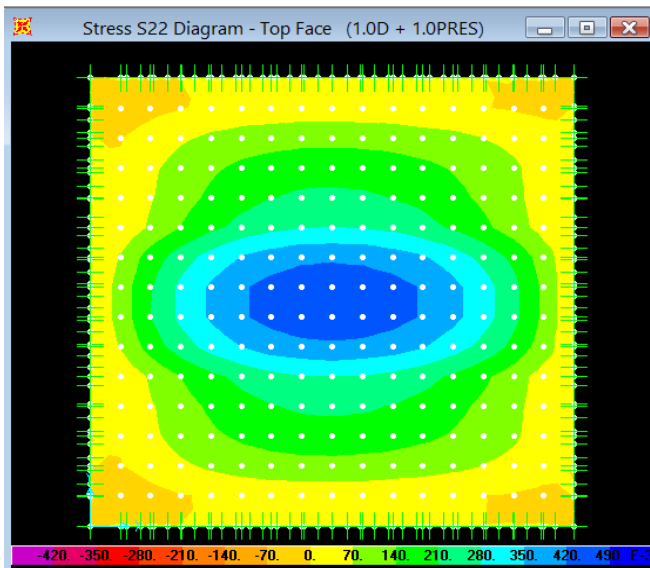
a. Penarikan Pada Saat Tranfer (Initial) dengan nilai gaya prategang 100%

1. Tegangan Serat Atas (F_a)

$$\begin{aligned} F_a &= -\frac{P}{A} + \frac{p \times e}{W} - \frac{M}{W} \\ &= -\frac{1882.8}{0.25} + \frac{1882.8 \times 0.055}{0.0104167} - \frac{65}{0.0104167} \\ &= -3.83 \text{ Mpa (Tekan)} \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} F_a &= 0.25 \sqrt{f_c} \\ &= 1.61 \text{ Mpa (Tarik)} \end{aligned}$$



Gambar 4.54. Diagram Tegangan Beton Serat Atas Kombinasi (1.0D+1.0PRES) Output SAP 2000

2. Tegangan Serat Bawah (Fb)

$$F_a = -\frac{P}{A} - \frac{p \times e}{W} + \frac{M}{W}$$

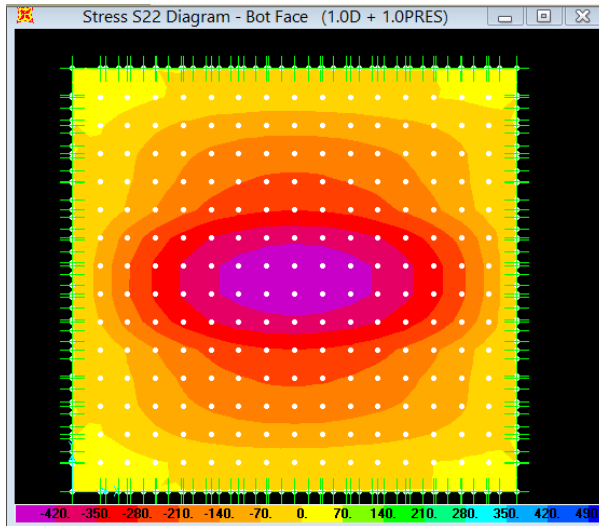
$$= -\frac{1882.8}{0.25} - \frac{1882.8 \times 0.055}{0.0104167} + \frac{65}{0.0104167}$$

$$= -1.23 \text{ Mpa (Tarik)}$$

Kontrol:

$$F_a = 0.6 f_c$$

$$= 24.9 \text{ Mpa (Tekan)}$$



Gambar 4.55. Diagram Tegangan Beton Serat Bawah Kombinasi (1.0D+1.0PRES) Output SAP 2000

Lendutan :

Maka Beban Layan Tak Seimbang :

$$W_u = -3.707 \text{ kN/m}^2$$

$$= -0.00371 \text{ N/mm}^2$$

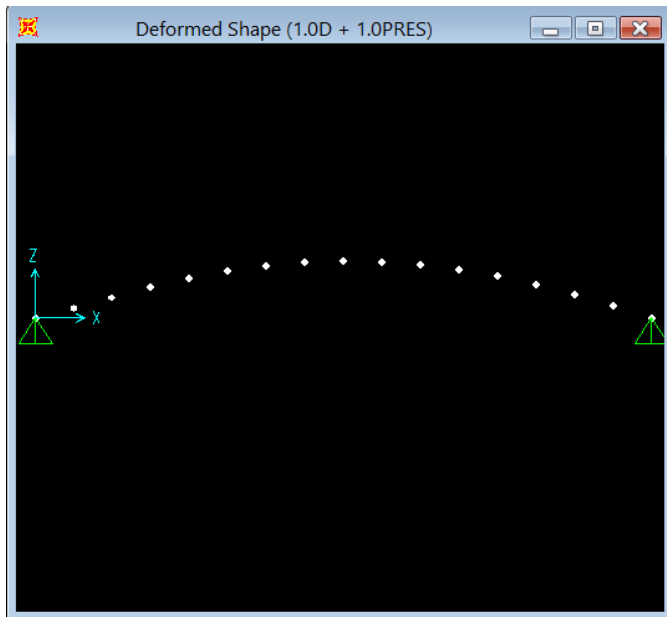
Persamaan Lendutan :

$$\delta = \frac{5 W_U L^4}{384 EI}$$
$$= \frac{5 \cdot 0.00371 \text{ N/mm}^2 \cdot 14.9 \text{ mm}^4}{384 \times 30277.632 \text{ Mpa} \times 0.0104167 \text{ mm}^4} = -24 \text{ mm}$$

Lendutan Ijin :

Lendutan yang diijinkan berdasarkan SNI 7833:2012 Pasal 5.2 Tabel 3

$$\text{Batas Lendutan : } \delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{240} = \frac{14900}{240} = 62.08 \text{ mm}$$



Gambar 4.56. Diagram Deformasi Pelat Prategang Output SAP 2000 Kombinasi (1.0D+1.0PRES)

3. Kombinasi Beban = 1.2D+1.6L

Data Analisa :

- a. Tebal Pelat (h) = 250 mm
- b. Modulus Elastisitas Beton (E_c) = 30277.63 Mpa
- c. Modulus Elastisitas Baja (E_s) = 200000 Mpa
- d. Eksentrisitas Tendon X (e_x) = 250/2-70 = 55 mm
- e. Eksentrisitas Tendon Y (e_y) = 55-20 = 35 mm
- f. Momen Berat Sendiri (Md) = 182 kN-m
- g. Gaya Prategang Efektif (P) = 1882.76 kN
- h. Beban Mati (qd) = 16.59 kN/m²
- i. Mutu Beton (f_c') = 41.5 Mpa
- j. $h_x = 55/2+55$ = 82.5 mm
- k. $h_y = (55+55)/2+35$ = 90 mm

Gaya Angkat Tendon Arah X dan Arah Y

$$\begin{aligned} W_{bx} &= \frac{8 \times H_x \times P_x}{L^2} \\ &= \frac{8 \times 82.5 \text{ mm} \times 1882.76 \text{ kN}}{15.7 \text{ m}^2} \\ &= 5.041 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{by} &= \frac{8 \times H_y \times P_y}{L^2} \\ &= \frac{8 \times 90 \text{ mm} \times 1882.76 \text{ kN}}{14.5 \text{ m}^2} \\ &= 6.106 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= W_{bx} + W_{by} \\ &= 5.041 \text{ kN/m}^2 + 6.106 \text{ kN/m}^2 \\ &= 11.147 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_u &= Q_{\text{total}} - W \\
 &= 16.59 \text{ kN/m}^2 - 11.147 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 5.44 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

Luas Penampang beton yang ditinjau (A) :

$$A = 1000 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} = 250000 \text{ mm}^2$$

Momen Tahanan (W)

$$W = 1/6 \times 1000 \text{ mm} \times 250 \text{ mm}^2 = 10416667 \text{ mm}^3$$

Momen Inersia(I)

$$I = 1/12 \times 1000 \times 250 \text{ mm}^3 = 1.3 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

Tegangan Pada Serat Beton

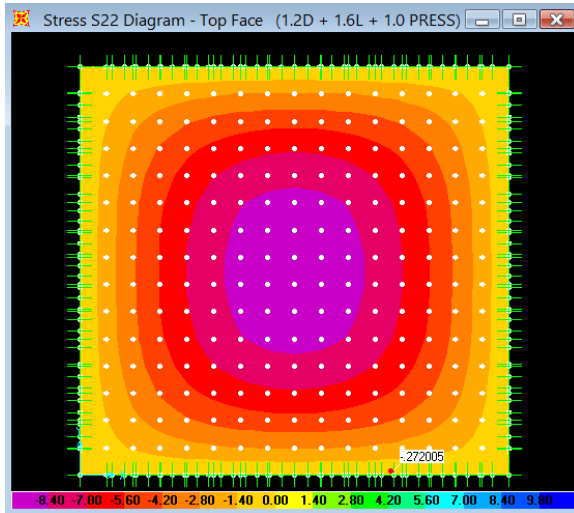
a. Penarikan Pada Saat Tranfer (Initial) dengan nilai gaya prategang 100%

1. Tegangan Serat Atas (Fa)

$$\begin{aligned}
 F_a &= - \frac{P}{A} + \frac{p \times e}{W} - \frac{M}{W} \\
 &= - \frac{1882.8}{0.25} + \frac{1882.8 \times 0.055}{0.0104167} - \frac{182}{0.0104167} \\
 &= - 15.062 \text{ Mpa (Tekan)}
 \end{aligned}$$

Kontrol:

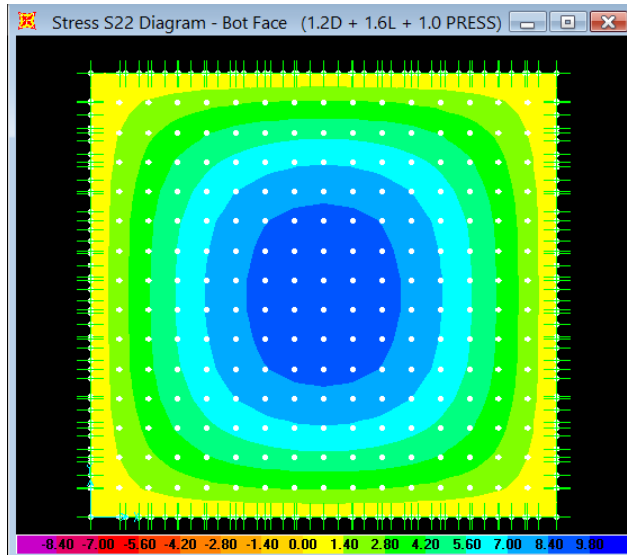
$$\begin{aligned}
 F_a &= 0.45 f_c' \\
 &= -18.675 \text{ Mpa (Tekan)}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.57. Diagram Tegangan Beton Serat Atas Kombinasi (1.2D+1.6L) Output SAP 2000

2. Tegangan Serat Bawah (Fb)

$$\begin{aligned}
 F_a &= -\frac{P}{A} - \frac{p \cdot x \cdot e}{W} + \frac{M}{W} \\
 &= -\frac{1882.8}{0.25} - \frac{1882.8 \times 0.055}{0.0104167} + \frac{182}{0.0104167} \\
 &= 0.00 \text{ Mpa (Tarik)} \\
 \text{Kontrol:} \\
 F_a &= 0.5\sqrt{f_c} \\
 &= 3.22 \text{ Mpa (Tekan)}
 \end{aligned}$$



Gambar 4.58. Diagram Tegangan Beton Serat Bawah Kombinasi (1.2D+1.6L) Output SAP 2000

Lendutan :

Maka Beban Layan Tak Seimbang :

$$W_u = -3.707 \text{ kN/m}^2$$

$$= -0.00371 \text{ N/mm}^2$$

Persamaan Lendutan :

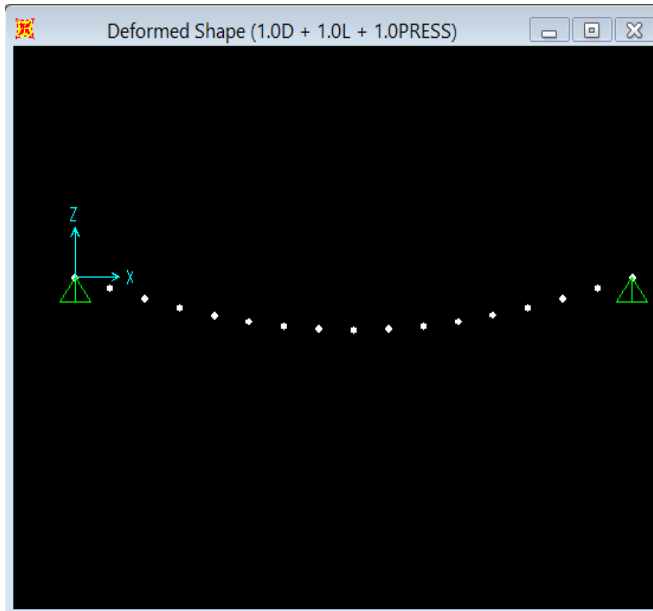
$$\delta = \frac{5 W_U L^4}{384 EI}$$

$$= \frac{5 \cdot 0.00371 \text{ N/mm}^2 \cdot 14.9 \text{ mm}^4}{384 \times 30277.632 \text{ Mpa} \times 0.0104167 \text{ mm}^4} = -24 \text{ mm}$$

Lendutan Ijin :

Lendutan yang diijinkan berdasarkan SNI 7833:2012 Pasal 5.2 Tabel 3

$$\text{Batas Lendutan : } \delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{240} = \frac{14900}{240} = 62.08 \text{ mm}$$



Gambar 4.59. Diagram Deformasi Pelat Prategang Output SAP 2000 Kombinasi (1.2D+1.6L)

4.3.2. Kehilangan Gaya Prategang Pasca Tarik

A. Kehilangan Seketika

1. Kehilangan Akibat Perpendekan Elastis Beton (ES)

Data Analisa Perhitungan :

P : 1369,9kN

fpu : 1862 Mpa

Es : 200000 Mpa

$$\begin{aligned}
E_c &: 30277,632 \text{ Mpa} \\
A_{ps} &: 98,71 \text{ mm} \\
e &: 55 \text{ mm} \\
A_c &: 1000 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} = 250000 \text{ mm}^2 \\
I &: 1/12 \times 1000 \text{ mm} \times (250\text{mm})^3 \\
&: 1302083333,33 \text{ mm}^4
\end{aligned}$$

$$\text{Rasio Modulus } (n) = \frac{E_s}{E_c} = \frac{200000 \text{ Mpa}}{30277,632 \text{ Mpa}} = 6,606$$

$$\begin{aligned}
\text{Tegangan Pada Baja} &= \frac{P}{8 \times A_{ps}} \\
&= \frac{1369895,46 \text{ N}}{789,68 \text{ mm}^2} = 1734,748 \text{ Mpa}
\end{aligned}$$

Tegangan Pada Beton (f_c):

$$\begin{aligned}
&= \frac{P}{A_c} + \frac{P+e^2}{I} \\
&= \frac{1369895,46 \text{ N}}{250000} + \frac{1369895,46 \text{ N} + (55\text{mm})^2}{1302083333,33 \text{ mm}^4} \\
&= 8,662 \text{ Mpa}
\end{aligned}$$

Kehilangan Gaya Prategang Akibat perpendekan Elastis Beton :

$$\begin{aligned}
E_s &= 0,5 \times n \times f_c \\
&= 0,5 \times 6,606 \times 8,662 \text{ Mpa} \\
&= 28,609 \text{ Mpa}
\end{aligned}$$

Persentasi Kehilangan Gaya Prategang = 1,54 %

2. Kehilangan Yang Diakibatkan Oleh Friksi (F) :

$$\text{Kemiringan Pada Ujung} = \frac{8e}{Lx} \quad (\text{Nawy, 2001})$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{8 \times 55 \text{ mm}}{15700 \text{ mm}} = 0,028
\end{aligned}$$

Dimana :

$$\alpha : 2 \times 0,028 = 0,0561$$

$$k : 0,004 \text{ (koefisien Woble)} \quad (\text{Budiadi, 2008})$$

$$\mu : 0,2 \text{ (Koefisien Friksi)} \quad (\text{Budiadi, 2008})$$

$$f_{pu} : 1862 \text{ Mpa}$$

$$f : 1396,5 \text{ Mpa}$$

$$F = f \times (\mu\alpha + kl)$$

$$= 1302,7 \text{ Mpa} (0,2 \times 0,051 + 0,004 \times 15,7)$$

$$= 96,413 \text{ Mpa}$$

Persentasi Kehilangan Gaya Prategang = 5,18 %

3. Kehilangan Akibat Dudukan Angkur (A)

$$E_{ps} : 195000 \text{ Mpa}$$

$$L : 15700 \text{ mm}$$

$$\Delta A : 6,35 \text{ mm} \quad (\text{Nawy, 2001})$$

Maka :

$$A = \frac{\Delta A}{L} \times E_{ps}$$

$$= \frac{6,35 \text{ mm}}{15700 \text{ mm}} \times 195000 \text{ Mpa}$$

$$= 78,869 \text{ Mpa}$$

Persentasi Kehilangan Gaya Prategang = 4,546 %

Dari hasil analisa perhitungan kehilangan gaya prategang, maka total kehilangan gaya prategang seketika adalah :

a. Kehilangan Akibat Perpendekan Elastis Beton (ES) : 1,54%

b. Kehilangan yang diakibatkan oleh Friksi (F) : 5,18 %

c. Kehilangan Dudukan Angkur (A) : 4,55% +

Total Kehilangan Seketika : 11,26%

B. Kehilangan Gaya Prategang Akibat Pengaruh Waktu

1. Kehilangan Gaya Prategang Akibat Rangkak (CR)

$$A = 1000 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} = 250000 \text{ mm}^2$$

$$I = \frac{1}{12} \times 1000 \text{ mm} \times (250 \text{ mm})^3 \\ = 1302083333,33 \text{ mm}^4$$

$$e = 55 \text{ mm}$$

$$y = 125 \text{ mm}$$

$$k_{cr} = 1,6 \text{ Pasca Tarik}$$

$$K = 0,9$$

$$E_s = 200000 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 30277,632 \text{ Mpa}$$

$$f_{pu} = 1861 \text{ Mpa}$$

$$f_{si} = 1302,7 \text{ Mpa}$$

$$M_g = 0,001 W_u L x^2 X \\ = 0,001 \times 600 \text{ kg/m}^2 \times 15,7 \text{ m} \times 44,51 \\ = 65,828 \text{ kN-m}$$

$$M_s = 0,001 W_u L x^2 X \\ = 0,001 \times 728 \text{ kg/m}^2 \times 15,7 \text{ m} \times 44,51 \\ = 79,871 \text{ kN-m}$$

$$f_{ci} = k \cdot f_{cp} - f_g$$

$$= 0,9 \times \left(\frac{1369,9 \times 10^3 \text{ N}}{25 \times 10^4 \text{ mm}} + \frac{1369,9 \times 10^3 \text{ N} \times 55 \text{ mm} \times 125 \text{ mm}}{1,30 \times 10^9} \right) - \\ \left(\frac{65,828 \times 10^6 \text{ Nmm} \times 55 \text{ mm}}{1,30 \times 10^9} \right)$$

$$= 8,661 \text{ Mpa}$$

$$f_{cd} = \frac{M_s \times e}{I}$$

$$= \frac{79,871 \times 10^6 \times 55 \text{ mm}}{1,30 \times 10^9 \text{ mm}^4} = 3,374 \text{ Mpa}$$

$$\text{CR} = K_{cr} \times \frac{E_s}{E_c} \times (f_{ci} - f_{cd}) = 55,878 \text{ Mpa}$$

Persentasi Kehilangan Gaya Prategang = 3,003 %

2. Kehilangan Yang Diakibatkan Oleh Susut (SH)

Kelembaban Udara Relatif (RH) = 70%

Volume Beton (V) = 58,483 m³

Luas Permukaan Struktur (S) = 233,93 m²

$$\frac{V}{S} = 0,25$$

Susut Efektif (ESH) :

$$\text{ESH} = 8,20 \times 10^{-6} \left(1 - 0,06 \frac{V}{S}\right) (100 - \text{RH})$$

$$= 0,0002$$

$$\text{SH} = \text{ESH} \times K_{sh} \times E_s$$

$$= 29,853 \text{ Mpa}$$

Persentasi Kehilangan Gaya Prategang = 1,60 %

3. Relaksasi Tegangan Baja (R)

Faktor Relaksasi (C) = 1,45

Koefisien Relaksasi (Kre) = 41

Faktor Waktu (J) = 0,15

Akibat Susut (SH) = 29,853 Mpa

Akibat Rangkak (CR) = 55,878 Mpa

Akibat Perpendekan Elastis Beton (ES) = 28,609 Mpa

$$\text{RE} = C [k_{re} - J (\text{SH} + \text{CR} + \text{ES})$$

$$= 34,581 \text{ Mpa}$$

Persentasi Kehilangan Gaya Prategang = 1,86 %

Dari hasil analisa perhitungan kehilangan gaya prategang, maka total kehilangan gaya prategang Akibat Waktu adalah :

d. Kehilangan Akibat Oleh Rangkak (CR)	: 3,003%
e. Kehilangan yang diakibatkan oleh Susut (SH)	: 1,60%
f. Kehilangan Akibat Relaksasi (R)	: <u>1,86% +</u>
Total Kehilangan Akibat Waktu	: 6,46%
Total Kehilangan Gaya Prategang	: 17,7%

4.3.3. Kontrol Lendutan

Data Analisa :

h : 250 mm

Ec : 30277.632 Mpa

Es : 200000 Mpa

ex : $h/2 - (\text{selimut} + 2\emptyset) = 250/2 - 70 = 55 \text{ mm}$

ey : $ex - (\text{tendon}) = 55 - 20 \text{ m} = 35 \text{ mm}$

M : 132.423 kN-m

P : 1369, 895 KN

fc' : 41,5 Mpa

hx : $ex/2 + ex = 55/2 + 55 = 82,5 \text{ mm}$

hy : $(ex+ex)/2 + ey = (55+55)/2 + 35 = 90 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} W_{bx} &= \frac{8 x h_x x P_x}{L^2} \\ &= \frac{8 x 0,0825 \text{ m} x 1369.895 \text{ KN}}{15,7^2} = 3,668 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{by} &= \frac{8 x h_y x P_y}{L^2} \\ &= \frac{8 x 0,09 \text{ m} x 1369.895 \text{ KN}}{14,9^2} = 4,443 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W &= W_{bx} + W_{by} \\ &= 3,668 \text{ kN/m}^2 + 4,443 \text{ kN/m}^2 = 8,111 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$W_u = Q_{\text{total}} - W$$

$$= 12,07 \text{ KN/m}^2 - 8,111 \text{ KN/m}^2 = 3,959 \text{ KN/m}^2$$

$$A = 1000 \text{ mm} \times 250 \text{ mm} = 250000 \text{ mm}^2$$

$$W = 1/6 \times 1000 \text{ mm} \times (250 \text{ mm})^2$$

$$= 10416666,7 \text{ mm}^3$$

Tegangan serat Beton :

Tegangan Serat Atas

$$F_a = - \frac{P}{A} + \frac{P \times e}{W} - \frac{M}{W}$$

$$= - \frac{1369,895 \text{ .KN}}{0,25 \text{ m}^2} + \frac{1369,895 \text{ KN} \times 0,055 \text{ m}}{0,010417 \text{ m}^3} - \frac{132,432 \text{ KN-m}}{0,10417 \text{ m}}$$

$$= -10,959 \text{ Mpa (Tekan)}$$

Tegangan Serat Bawah

$$F_a = - \frac{P}{A} - \frac{P \times e}{W} + \frac{M}{W}$$

$$= - \frac{1369,895 \text{ .KN}}{0,25 \text{ m}^2} - \frac{1369,895 \text{ KN} \times 0,055 \text{ m}}{0,010417 \text{ m}^3} + \frac{132,432 \text{ KN-m}}{0,10417 \text{ m}}$$

$$= 0,00 \text{ Mpa (Tarik)}$$

Kontrol Tegangan Beton

$$\sigma_s = 0,45 f_c'$$

$$= 0,45 \times 41,5 \text{ Mpa} = - 18,675 \text{ Mpa (Tekan)}$$

$$\Sigma ts = 0,5 \sqrt{fc'}$$

$$= 0,5 \sqrt{41,5 \text{ mpa}} = 3,221 \text{ Mpa (Tarik)}$$

Karena $Fa \leq \sigma cs$ dan $Fb \leq \sigma ts$ maka tidak ada kemungkinan terjadinya retak pada pelat

$$h : 250 \text{ mm}$$

$$Ly : 14,9 \text{ m}$$

$$Lx : 15,7 \text{ m}$$

$$Ec : 4700 \sqrt{41,5 \text{ mpa}} = 30277,632 \text{ Mpa}$$

$$Wu : 3,959 \text{ KN/m}^2$$

$$I = 1/12 \times 1000 \text{ mm} \times (250 \text{ mm})^3$$

$$= 1302083333,33 \text{ mm}^4$$

$$W_{ux} = \frac{L_y^4}{\alpha L_x^4 + L_y^4} W_u$$

Dimana: $\alpha = 1$ (Untuk 4 sisi pelat tidak menerus)

$$\text{Maka: } W_{ux} = \frac{14,9 \text{ m}^4}{1 \times 15,7 \text{ m}^4 + 14,9 \text{ m}^4} \times 3,959 \text{ KN/m}^2$$

$$= 2,186 \text{ KN/m}^2$$

$$= 2,186 \text{ N/mm}^2$$

Lendutan Jangka Pendek :

$$\delta = \frac{2 \times W_{ux} \times L_x^4}{384 E_c I_g}$$

$$= \frac{2 \times 2,186 \text{ N/mm}^2 \times 15700 \text{ mm}^4}{384 \times 30277,632 \text{ Mpa} \times 1302083333,33 \text{ mm}^4}$$

$$= 17,546 \text{ mm}$$

Jika regangan susut akhir adalah $\epsilon_{sh} = 0,0005$. Maka :

$$K_{sh} = \frac{0,3 \times \epsilon_{sh}}{h}$$

$$= \frac{0,3 \times 0,0005}{250} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ mm}$$

$$\beta = 0,09$$

$$\delta_{sh} = \beta \cdot K_{sh} \cdot L^2$$

$$= 0,009 \times 6 \cdot 10^{-7} \text{ mm} \times 15700 \text{ mm}$$

$$= 13,31 \text{ mm}$$

Maka Lendutan Total :

$$\delta_{\text{Total}} = \delta + \delta_{sh}$$

$$= 17,546 \text{ mm} + 13,31 \text{ mm} = 30,856 \text{ mm}$$

Lendutan yang diijinkan berdasarkan SNI 7833:2012 pasal 5.2 tabel 3 :

$$\text{Batas Lendutan} : \frac{L}{240} = \frac{15700}{240} = 65,417 \text{ mm}$$

Maka Lendutan Pelat yang terjadi lebih kecil dari lendutan ijin yaitu : $30,856 \text{ mm} \leq 65,417 \text{ mm}$, maka pelat lantai dalam kondisi aman

Jika dihitung tebal pelat yang cukup untuk menahan lendutan sebesar 30,856 mm maka :

$$W_{us} = qd + 1 = 8,28 \text{ kN/m}^2$$

$$\frac{Le}{h} \leq K \sqrt[3]{\left[\left(\frac{\delta}{Le} \right) \frac{1000 Ec}{Wu + 3W_{us}} \right]}$$

$$\frac{15700}{h} \leq 4 \sqrt[3]{\left[\left(\frac{23,996}{15700} \right) \frac{1000 \times 30277,632}{3,959 + 3 \times 8,28} \right]}$$

$$\frac{15700}{h} \leq 72$$

$$h \geq 219,16$$

Hasil Asumsi tebal pelat mendekati tebal pelat dalam hasil perhitungan semula sebesar 250 mm

4.3.4. Desain Tulangan Angkur

Data Analisa :

Dari desain tendon 4 strand dengan type strand – 7 ply dan jenis strand A.S.T.M. A416/80 grade 270 Kpsi 12,7 mm

Diameter strand : 12,7 mm²

Diameter Tendon : 4 x 12,7 mm²

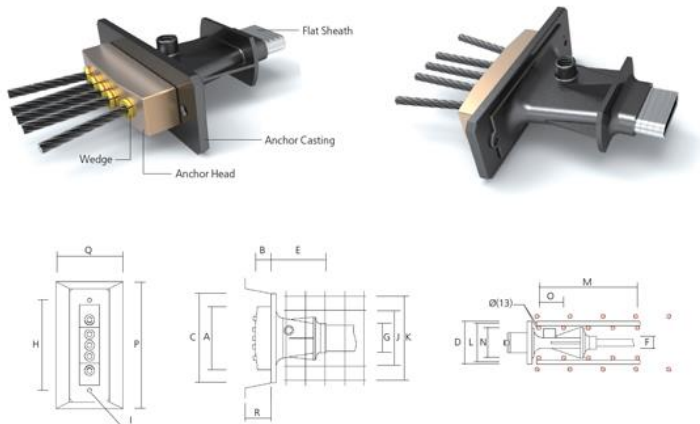
Gaya Prategang : 734,8 KN

Tebal Pelat (H) : 250 mm

Mutu Baja f_y : 420 Mpa

Jenis Angkur Aktif : Flat Slab Anchorages

Tinggi Angkur (h) : 98 mm



Gambar 4.60. Angkur Aktif Flat Slab

Table 4.27. Spesifikasi Angkur Aktif Flat Slab

UNIT TYPE	TENDON FORCE	A	B	C	D	E	F	DUCT SIZE G X H (INNER)
	kN	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm. X mm.
2 S 13	367.40	145	78	80	165	95	90	40 X 20
3 S 13	551.10	165	88	82	185	100	95	60 X 20
4 S 13	734.80	192	96	88	215	105	98	70 X 20
5 S 13	918.50	220	110	88	240	110	110	90 X 20
2 S 15	521.40	160	85	82	180	100	95	45 X 25
3 S 15	782.10	192	96	85	215	120	100	70 X 25
4 S 15	1042.80	230	110	100	250	120	110	90 X 25
5 S 15	1303.50	280	170	100	300	125	110	100 X 25

Assumptions:

- Nominal Breaking Strength: for \varnothing 12.7mm. Strand - 183.7 kN.
for \varnothing 15.2mm. Strand - 260.7 kN.
- All Dimensions shown here are in millimeters

Suatu metode untuk menganalisis zona pengangkutan dari struktur pasca-tarik. Penampang menggunakan angkur flat slab multi strand yang diletakkan pada garis cgc pada penampang pelat beton prategang.

Besaran gaya tarik keluar (Tb) adalah :

$$T_b = \frac{P}{4} \times \left(1 - \frac{h}{H} \right)$$

Dimana :

P : Gaya Prategang (N)

H : Tinggi Penampang (mm)

h : Tinggi Angkur (mm)

Maka :

$$\begin{aligned} T_b &= \frac{1101 \times 10^3 \text{ N}}{4} \times \left(1 - \frac{98 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \right) \\ &= 2677632 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas Tulangan Untuk Menahan Tegangan Tarik melintang yang disebabkan oleh gaya tarik keluar (Tb)

$$A_{sb} = \frac{T_b}{f_y}$$

Dimana :

T_b : Gaya Tarik Keluar (N)

F_y : Mutu Baja Tulangan (Mpa)

Maka :

$$A_{sb} = \frac{2677632 \text{ N}}{420 \text{ N/mm}^2} = 669 \text{ mm}^2$$

Jenis	Dimensi		Jumlah	Av (mm2)
	Ø	Diameter (mm)		
13	13	132.665	4	530.66

Jumlah Angkur (N) adalah :

$$N = \frac{A_{sb}}{A_s} = \frac{279,22 \text{ mm}^2}{265,33 \text{ mm}^2} = 1,05 \text{ Maka Dipakai} = 2 \text{ Buah}$$

Jarak Angkur (S)

Berdasarkan SNI 7833:2012 pasal 6.14.2 tulangan – tulangan perangkat angkur dengan jarak $1/2H$ didepan perangkat angkur yang lain.

$$\text{Maka : } S = 1/2H = 1/2 \times 250 \text{ mm} = 125 \text{ mm}$$

4.3.5. Desain Tulangan Pasak

Data Analisis :

Mutu Beton f_c' : 41,5 Mpa

Mutu Tulangan : 420 Mpa

Gaya Geser Ultimate (V_u) : 31,38 KN (Analisis SAP)

V_u Terfaktor (V_{nh}) : $\frac{31,38 \text{ KN}}{0,85} = 603,71 \text{ mm}$

Berdasarkan SNI 2847: 2013 pasal 11.4.5.1. spasi tulangan geser / pasak komponen prategang 600

Maka digunakan angkur pada tumpuan pelat prategang terhadap balok dipasang angkur D16 – 600

4.3.6. Desain Tulangan Non Prategang

Data Analisis :

Panjang Pelat Lantai Prategang (L_x) : 15700 mm

Lebar Pelat Lantai Prategang (L_y) : 14900 mm

Tebal Pelat Lantai (H) : 250 mm

Diameter Tulangan (D) : 10 mm

Mutu Tulangan (f_y) : 420 Mpa

Mutu Beton (f_c') : 41,5 Mpa

Berdasarkan SNI 7833:2012 Pasal 6.9 Pada semua komponen struktur lentur dengan tendon tanpa lekatan, harus dipasang tulangan non prategang. Pada elemen struktur pelat prategang dua arah menggunakan rasio sebagai berikut

Rasio Tulangan Non Prategang $\rho = 0,00075$

Luas Tulangan Perlu (A_s)

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00075 \times 1000 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} \\ &= 150 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan (N)

$$N = \frac{A_s}{A_s} = \frac{150 \text{ mm}^2}{78 \text{ mm}^2} = 2 \text{ Buah}$$

Jarak Tulangan (S)

$$S = \frac{1000 \text{ mm}}{N-1} = 1000 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 7833:2013 Pasal 6.9.3.3 Spasi tulangan non prategang kecil dari 300 mm

Maka digunakan spasi tulangan non prategang D13-250

4.3.7. Desain Bearing Ped (Rubber Sheet)

Data Perencanaan :

- Dimensi Perletakan Pelat Prategang
 - Panjang = 62 m
 - Lebar = 0.4 m
- Jenis Bearing Ped = Rubber Sheet
- Dimensi Bearing Ped
 - Lebar = 40 mm
 - Panjang = 10 mm
 - Tebal = 5 mm
 - Warna = Hitam
 - Nama Produk = NR/SBR Rubber Sheet Smooth on both Side
 - Kode Produk = RS-NR- SBR 650305

a Beban Mati Struktur (Dead)											
Pelat Prategang	=	0.25	x	233.9	x	2400		=	140358	Kg	
Tendon Y	=	0.00039	x	7850	x	454.45		=	1408.57	Kg	
Tendon X	=	0.00039	x	7850	x	462.03		=	1432.06	Kg	
BERAT BEBAN MATI (DEAD)									=	143199	Kg

b Beban Mati Tambahan (Dead++)											
keramik	=	234	x	21				=	4912.53	Kg	
plafon+penggantung	=	234	x	17				=	3976.81	Kg	
spesi	=	234	x	38				=	8889.34	Kg	
MEP	=	234	x	72				=	16843	Kg	
bata ringan + plester Aci	=	53	x	109	x	4		=	23108	Kg	
BERAT BEBAN MATI TAMBAHAN (DEAD++)									=	57729.6	Kg

c Beban Hidup (Live)											
Fungsi lantai Ballroom/Aula	=	479	kg/m ²								
Reduksi Beban Hidup	=	0									
Beban Hidup lantai dasar	=	479	x	234				=	112052	Kg	
BEBAN HIDUP (LIVE)									=	112052	Kg


Tegangan Yang Terjadi ada Bearing Ped

Total Beban (P) = 3129.81 KN = 3129810 N

Luas (A) = 62000 mm x 40 mm = 2480000 mm²

Tegangan = P/A = 1.26 Mpa

Table 4. 28. Pemilihan Produk Rubber Sheet

 PT Basis Pancakarya Jl. Raya Sumber Jaya No. 61, Tambun 17510, Bekasi, Jawa Barat, Indonesia Telp: 021-2216-2514 Email : cs@basisrubber.com Http://www.basisrubber.com												
DAFTAR HARGA RUBBER SHEET												
No	Nama Produk	Kode Produk	Warna	Hardness	TS	Density	Tebal	Lebar	Panjang	Berat / m ² kg	Harga/1 m ² (Rp.)	Harga/Rol (Rp.)
				Sh A	mpa	Gr/cm ³	mm	m	m			
1	NR/SBR Rubber Sheet smooth on both side	RS-NR SBR 650302	Hitam	65	≥ 3	1,50	2	1,20	10	3,00	100.000	810.324
2		RS-NR SBR 650303	Hitam				3			4,50	140.000	1.205.604
3		RS-NR SBR 650305	Hitam				5			7,50	220.000	2.009.340
4	NR/SBR Rubber Sheet smooth on both side with fabric reinforcement	RS-NR SBR 658302	Hitam	65	≥ 3	1,50	2	1,20	10	3,00	160.000	1.462.536
5		RS-NR SBR 658303	Hitam				3			4,50	200.000	1.858.804
6	NR/SBR Rubber Sheet smooth on both side	RS-NR SBR 700802	Hitam	70	≥ 8	1,30	2	1,20	10	2,60	180.000	1.668.082
7		RS-NR SBR 700803	Hitam				3			3,90	260.000	2.497.181
8		RS-NR SBR 700805	Hitam				5			6,50	430.000	4.161.969
9	NBR Rubber Sheet smooth on both side	RS-NBR 700502	Hitam	70	≥ 5	1,40	2	1,20	10	2,80	180.000	1.648.647
10		RS-NBR 700503	Hitam				3			4,20	260.000	2.469.841
11		RS-NBR 700505	Hitam				5			7,00	430.000	4.116.182
12		RS-NBR 700508	Hitam				8			11,20	670.000	6.586.024
13	NBR Rubber Sheet smooth on both side with fabric reinforcement	RS-NBR 708502	Hitam	70	≥ 5	1,40	2	1,20	10	2,80	250.000	2.299.871
14		RS-NBR 708503	Hitam				3			4,20	330.000	3.123.371
15	NBR Rubber Sheet smooth on both side	RS-NBR 701002	Hitam	70	≥ 10	1,25	2	1,20	10	2,50	270.000	2.450.407
16		RS-NBR 701003	Hitam				3			3,75	380.000	3.675.445
17		RS-NBR 701005	Hitam				5			6,25	630.000	6.125.522
18		RS-NBR 701008	Hitam				8			10,00	1.000.000	9.800.638
19	EPDM Rubber Sheet smooth on both side	RS-EPDM 700501	Hitam	70	≥ 5	1,35	1	1,20	10	1,35	100.000	837.994
20		RS-EPDM 700502	Hitam				2			2,70	190.000	1.675.987
21		RS-EPDM 700503	Hitam				3			4,05	270.000	2.513.981
22		RS-EPDM 700505	Hitam				5			6,75	430.000	4.189.968

4.3.8. Kontrol Perletakan

Data Perencanaan :

- Dimensi Perletakan Pelat Prategang
 - Panjang = 62 m
 - Lebar = 0.4 m
- Balok Penumpu Pelat Prategang
 - Lebar = 40 mm
 - Tinggi = 70 mm
 - Mutu Beton(f_c')= 25 Mpa

a Beban Mati Struktur (Dead)											
Pelat Prategang	=	0.25	x	233.9	x	2400		=	140358	Kg	
Tendon Y	=	0.00039	x	7850	x	454.45		=	1408.57	Kg	
Tendon X	=	0.00039	x	7850	x	462.03		=	1432.06	Kg	
BERAT BEBAN MATI (DEAD)									=	143199	Kg

b Beban Mati Tambahan (Dead++)											
keramik	=	234	x	21		=	4912.53		Kg		
plafon+penggantung	=	234	x	17		=	3976.81		Kg		
spesi	=	234	x	38		=	8889.34		Kg		
MEP	=	234	x	72		=	16843		Kg		
bata ringan + plester Aci	=	53	x	109	x	4	=	23108	Kg		
BERAT BEBAN MATI TAMBAHAN (DEAD++)									=	57729.6	Kg

c Beban Hidup (Live)											
Fungsi lantai Ballroom/Aula	=	479		kg/m ²							
Reduksi Beban Hidup	=	0									
Beban Hidup lantai dasar	=	479	x	234	=	112052		Kg			
BEBAN HIDUP (LIVE)									=	112052	Kg

Tegangan Yang Terjadi

Total Beban (P) = 3129.81 KN = 3129810 N

Luas (A) = 62000 mm x 40 mm = 2480000 mm²

Tegangan = P/A = 1.26 Mpa

Tegangan Yang Ijin

$$\begin{aligned}\sigma_{ijin} &= \phi 0.85 f_c' \\ &= 0.9 \times 0.85 \times 25 \text{ Mpa} \\ &= 19.13 \text{ Mpa}\end{aligned}$$

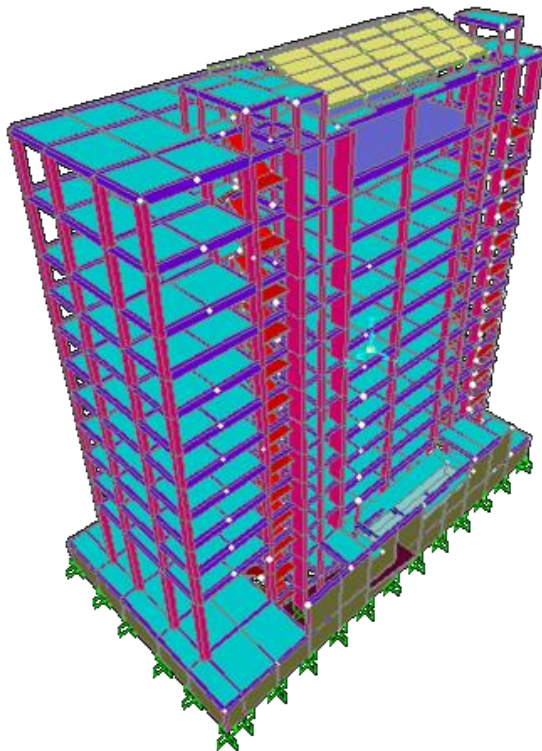
Karena yang terjadi lebih kecil dari tegangan ijin maka syarat perletakan tumpuan memenuhi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

4.4. Pemodelan dan Analisa Struktur

4.4.1. Pemodelan Struktur Dengan Aplikasi SAP 2000

Urutan dan tahapan permodelan struktur dimasukkan sesuai gambar rencana dan parameter-parameter material dan pembebanan dimasukkan sesuai dengan spesifikasi dari material yang digunakan. Analisa struktur terhadap struktur bangunan ini menggunakan asumsi bahwa system struktur merupakan model space frame (3D frame system).



Gambar 4.61. Pemodelan Struktur 3D

4.4.1.1. Data Masukan Material

Data masukan material dalam permodelan SAP 2000 merupakan data meterval elemen struktur beton bertulang, profil baja dan beton prategang.

The image shows two side-by-side screenshots of the 'Material Property Data' dialog box in SAP 2000. The left window is for 'CONCRETE 25 Mpa' and the right is for 'REBAR FLEXURE'. Both windows show fields for General Data, Weight and Mass, Isotropic Property Data, and Other Properties.

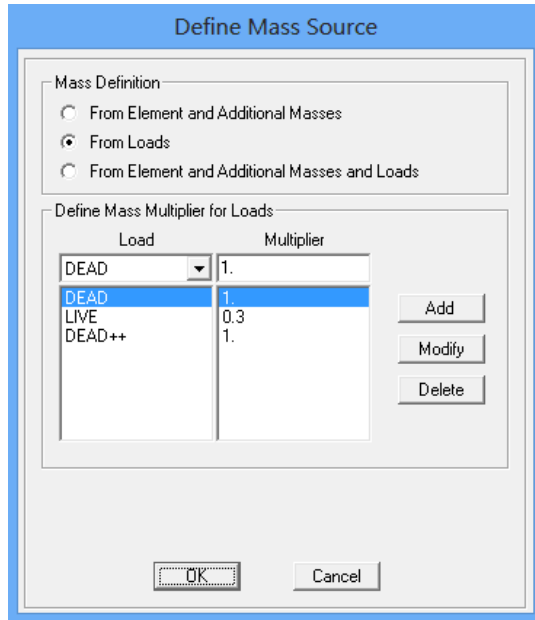
Property	Concrete 25 Mpa	Rebar Flexure
Material Name and Display Color	CONCRETE 25 Mpa	REBAR FLEXURE
Material Type	Concrete	Rebar
Weight per Unit Volume	2.354E-05	7.698E-05
Mass per Unit Volume	2.400E-09	7.650E-09
Modulus of Elasticity, E	23500	200000
Poisson's Ratio, U	0.3	0.3
Coefficient of Thermal Expansion, A	1.170E-05	1.170E-05
Shear Modulus, G	9038.4615	76923.08
Specified Concrete Compressive Strength, Fc	25	
Minimum Yield Stress, Fy		400
Minimum Tensile Stress, Fu		500
Expected Yield Stress, Fye		400
Expected Tensile Stress, Fue		500

Gambar 4.62. Material Property Data

4.4.1.2. Besaran Massa

Besaran massa elemen struktur (mass Soure) adalah massa struktur pada SAP 2000 yang digunakan pada perhitungan massa untuk analisa modal dimana berat sendiri akan dihitung oleh struktur sedangkan beban-beban tambahan ditambahkan dengan pembesaran yang sesuai dengan jenis bebannya. Massa beban yang dimasukkan adalah sebagai berikut :

- Beban Mati (Dead Load) : Multiplier 1,0
- Beban Hidup (Dead Load) : Multiplier 0,3
- Beban Mati Tambahan(Dead+) : Multiplier 1,0



Gambar 4.63. Define Mass Source

4.4.1.3. Pembebanan Gempa

Pembebanan respons spektrum pada SAP 2000 dengan menggunakan zona wilayah gempa, sedangkan untuk faktor pembesaran bebannya diambil dari formulasi perumusan sebagai berikut :

$$\text{Load Faktor} = \frac{I}{R} g = \frac{1}{8} (9,8) = 1,225$$

Load factor tersebut adalah untuk arah gempa yang ditinjau sedangkan arah yang tegak lurus dari peninjauan gempa tersebut akan dikenakan gempa sebesar 30% dari arah gempa yang ditinjau sehingga faktor pembesaran beban pada arah tegak lurus gempa yang ditinjau adalah $0,3 \times 1,225 = 0,367$

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name DUAKE X Set Def Name		Notes Modify/Show...		Load Case Type Response Spectrum Design...																			
Modal Combination <input checked="" type="radio"/> CDC GMC r1: 1. <input type="radio"/> SRSS GMC r2: 0. <input type="radio"/> Absolute <input type="radio"/> GMC Periodic + Rigid Type: SRSS <input type="radio"/> NRC 10 Percent <input type="radio"/> Double Sum			Directional Combination <input checked="" type="radio"/> SRSS <input type="radio"/> Absolute Scale Factor:																				
Modal Load Case Use Modes from this Modal Load Case: MODAL																							
Loads Applied <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>Load Type</th> <th>Load Name</th> <th>Function</th> <th>Scale Factor</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Accel</td> <td>U1</td> <td>RESPONS S</td> <td>1.225</td> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;"> <input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Modify"/> <input type="button" value="Delete"/> </td> </tr> <tr style="background-color: #e0e0e0;"> <td>Accel</td> <td>U1</td> <td>RESPONS SPE</td> <td>1.225</td> </tr> <tr> <td>Accel</td> <td>U2</td> <td>RESPONS SPE</td> <td>0.3675</td> </tr> </tbody> </table> <input type="checkbox"/> Show Advanced Load Parameters						Load Type	Load Name	Function	Scale Factor		Accel	U1	RESPONS S	1.225	<input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Modify"/> <input type="button" value="Delete"/>	Accel	U1	RESPONS SPE	1.225	Accel	U2	RESPONS SPE	0.3675
Load Type	Load Name	Function	Scale Factor																				
Accel	U1	RESPONS S	1.225	<input type="button" value="Add"/> <input type="button" value="Modify"/> <input type="button" value="Delete"/>																			
Accel	U1	RESPONS SPE	1.225																				
Accel	U2	RESPONS SPE	0.3675																				
Other Parameters Modal Damping: Constant at 0.05 Modify/Show...																							
<input type="button" value="OK"/>					<input type="button" value="Cancel"/>																		

Gambar 4.64. Load Case Data-Respons Spektrum

4.4.1.4. Pemodelan Pelat Prategang

A. Data Tendon

Baja prategang menggunakan strand 270 kpsi dengan 7 wire diameter 12.7 mm. Dalam satu tendon menggunakan 5 strand.

The screenshot shows the 'Tendon Section Data' dialog box with the following settings:

- Tendon Section Name:** TENDON X
- Section Notes:** Modify/Show...
- Tendon Modeling Options For Analysis Model:**
 - Model Tendon as Loads
 - Model Tendon as Elements
- Tendon Parameters:**
 - Prestress Type:** Prestress
 - Material Property:** + Strand 270 kps
- Tendon Properties:**
 - Specify Tendon Diameter: 633.06
 - Specify Tendon Area: 314760.07
 - Torsional Constant:** 1.577E+10
 - Moment of Inertia:** 7.884E+09
 - Shear Area:** 283284.06
- Units:** N, mm, C
- Display Color:** Yellow

Buttons: OK, Cancel

Gambar 4.65. Tendon Section Data

B. Instalasi Tendon

Tendon dipasang arah x dan arah y dengan nilai eksentresitas 55 mm.

Tendon Data For Line Object 23

Point ID	Segment Type From Point (n - 1) to Point(n)	1 Coord mm	2 Coord mm	3 Coord mm
2	Parabola Intermediate Point	3925.	-41.25	0.
1	Start of Tendon	0.	0.	0.
2	Parabola Intermediate Point	3925.	-41.25	0.
3	Parabola End Point	7850.	-55.	0.
4	Parabola Intermediate Point	11775.	-41.25	0.
5	Parabola End Point	15700.	0.	0.

Notes: 1. Parabola and circular "intermediate point" segments use points (n-1), (n) and (n+1).
2. Parabola and circular "end point" segments use points (n-2), (n-1) and (n).

Tendon Layout Display

Tendon Layout Display Options

- Show 1-2 Axes
- Show 1-3 Axes
- Show 2-3 Axes

Snap Option

- No Snap
- Snap To Tendon

Units

N, mm, C

Move

Move Tendon...

Tendon End Point Objects

I-End: 45
E-End: 46

Tendon Section

TENDON X

Tendon Loads

Yes, 1

Tendon Local Axes Angle

0

Max. Tendon Discretization

Length: 1524

Group Loaded By Tendon

ALL

Coordinate System

Local
Object Type: Current Tendon

OK Cancel

Gambar 4.66 Data Layout Tendon

C. Pemberian Gaya Prategang

Gaya prategang diberikan satu arah karena penarikan tendon dilakukan satu arah.

Tendon Load Assignment Data For Line Object 19

Tabular Data	
Load Pattern	PRESTRESS
Load Type	Force
Jack From This Location	I-End (Start)
Tendon End Force (N)	1129700.
Tendon End Stress (N/mm ²)	
Curvature Coefficient (Unitless)	0.
Wobble Coefficient (1/mm)	0.
Anchorage Set Slip (mm)	0.
Loss - Elastic Shortening Stress (N/mm ²)	0.
Loss - Creep Stress (N/mm ²)	0.
Loss - Shrinkage Stress (N/mm ²)	0.
Loss - Steel Relaxation Stress (N/mm ²)	0.

Units
N, mm, C

Done

Gambar 4.67. Gaya Prategang efektif

4.4.2. Kontrol Analisa Beban (ΣV)

4.4.2.1. Kontrol Berat Bangunan

Table 4.29. Rekapitulasi Hasil Hitungan Beban Bangunan Manual

REKAPITULASI BEBAN BANGUNAN		
1. Beban Mati (Dead)		
Lantai Basemen	1410524.40	Kg
Lantai Ground	794215.20	Kg
Kolam Renang	126730.80	Kg
Lantai 1	312655.20	Kg
Lantai 2-9	3070368.00	Kg
Lantai 10	405429.60	Kg
Lantai 11	452261.62	Kg
Lantai Atap	231551.01	Kg
Total Beban Mati (Dead)	6803735.84	Kg
2. Beban Mati Tambahan (Dead ++)		
Lantai Ground	206216.00	Kg
Kolam Renang	66456.57	Kg
Lantai 1	133835.20	Kg
Lantai 2-9	1417919.68	Kg
Lantai 10	182841.60	Kg
Lantai 11	166012.00	Kg
Lantai Atap	30684.80	Kg
Beban Lift	46455.00	Kg
Tangga	76583.83	Kg
Total Beban Mati (Dead)	2,327,004.68	Kg
3. Beban Hidup (Live)		
Lantai Basmen	425543.60	Kg
Lantai Ground	433016.00	Kg
Kolam Renang	29725.20	Kg
Lantai 1	190163.00	Kg
Lantai 2-9	1273624.00	Kg
Lantai 10	242374.00	Kg
Lantai 11	242374.00	Kg
Lantai Atap	24823.66	Kg
Tangga	3325.00	Kg
Atap Baja	772.80	Kg
Total Beban Hidup (Live)	2865741.26	Kg
Total Beban Gedung	11996481.77	Kg

Table 4.30. Output Beban Struktur Hasil Analisa Struktur SAP 2000

	OutputCase Text	CaseType Text	GlobalFX Kgf	GlobalFY Kgf	GlobalFZ Kgf
▶	DEAD	LinStatic	0.00000008788	0.00000009499	6803813.97
	LIVE	LinStatic	0.00000004736	0.00000008238	2865945.89
	DEAD++	LinStatic	0.00000004133	0.00000005574	2327084.6
	1.0D + 1.0L	Combination	0.0000001766	0.0000000233	11996844.46

4.4.2.2. Kontrol Beban Aksial Kolom

Table 4.31. Output Aksial Kolom Hasil Analisa Struktur SAP 2000

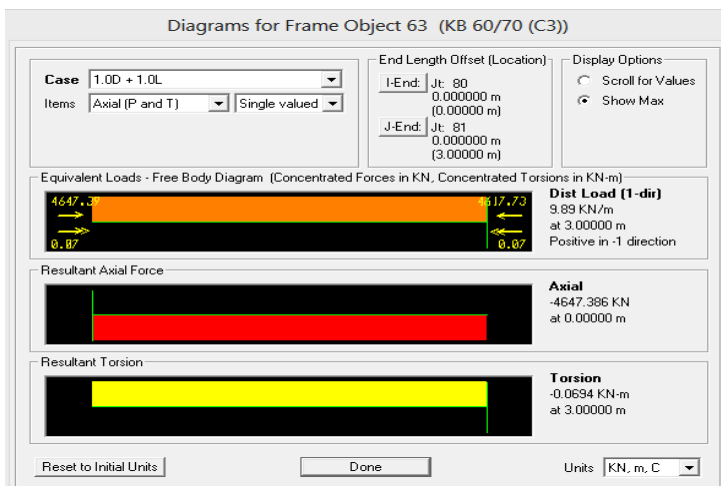
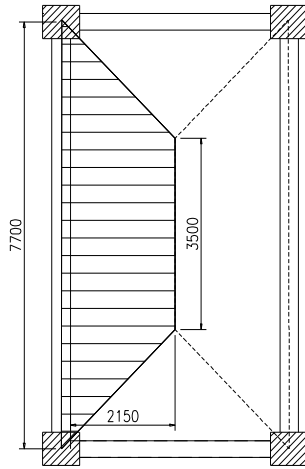


Table 4.32. Rekapitulasi Hasil Hitungan Beban Aksial Kolom Manual

REKAPITULASI BEBAN BANGUNAN		
1. Beban Mati (Dead)		
Lantai Basemen	3024.00	Kg
Lantai Ground	22719.60	Kg
Lantai 1	11203.20	Kg
Lantai 2-9	147052.80	Kg
Lantai 10	19288.80	Kg
Lantai 11	19288.80	Kg
Lantai Atap	16059.60	Kg
Total Beban Mati (Dead)	238636.80	Kg
2. Beban Mati Tambahan (Dead ++)		
Lantai Ground	12778.48	Kg
Lantai 1	5427.86	Kg
Lantai 2-9	85592.32	Kg
Lantai 10	13534.40	Kg
Lantai 11	13534.40	Kg
Lantai Atap	2892.50	Kg
Total Beban Mati (Dead)	133,759.96	Kg
3. Beban Hidup (Live)		
Lantai Ground	15280.10	Kg
Lantai 1	7640.05	Kg
Lantai 2-9	36748.80	Kg
Lantai 10	15280.10	Kg
Lantai 11	15280.10	Kg
Lantai Atap	2340.00	Kg
Total Beban Hidup (Live)	92569.15	Kg
Total Beban Gedung	464965.91	Kg
	4649.66	KN

4.4.2.3. Kontrol Gaya Dalam Balok Tepi LT 1:



Gambar 4.68. Tinjauan Distribusi Beban Terhadap Balok Struktur

Dimensi Balok $B = 0.40 \text{ m}$

$H = 0.60 \text{ m}$

$P = 7.7 \text{ m}$

Trapesium $L1 = 7.7 \text{ m}$

$L2 = 3.5 \text{ m}$

$T = 2.15$

$$A = \frac{(L1+L2)}{2} \times T$$

$$= 12.06 \text{ m}^2$$

Beban

Beban Hidup = 479 Kg/m²

Beban Mati++ = 134 Kg/m²

Beban Dinding = 306 Kg/m

Pembebanan :

$$\text{Pelat Lantai} = (0.12 \times 12.06 \times 2400) = 3473.97 \text{ Kg}$$

$$\text{Balok B24A} = (0.25 \times 0.40 \times 2.15 \times 2400) = 516.96 \text{ Kg}$$

$$\text{Balok B46} = (0.40 \times 0.60 \times 7.7 \times 2400) = 4435.2 \text{ Kg}$$

$$\text{Beban Dinding} = (306 \text{ kg/m}) \times (7.7 + 2.15) = 3015.32 \text{ Kg}$$

$$\text{Beban Hidup} = (12.06 \text{ m}^2 \times 479 \text{ Kg/m}^2) = 5777.89 \text{ Kg}$$

$$\text{Beban Mati++} = (134 \text{ Kg/m}^2 \times 12.06 \text{ m}^2) = 1616.36 \text{ Kg} +$$

$$\text{Beban Total (Qtot)} = 2446.2 \text{ Kg}$$

Menentukan Gaya – Gaya Dalam

Berdasarkan Buku Geodeon Seri 4 dan PBI 1971 Pasal 13.2

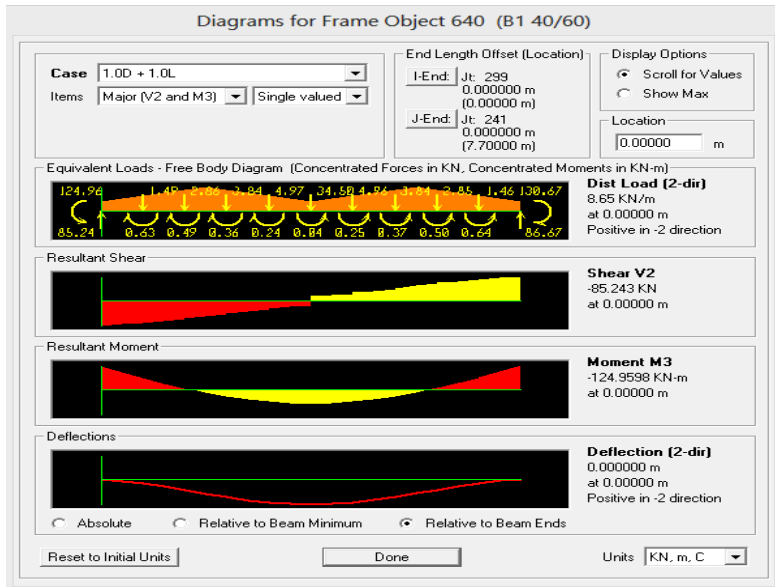
rumus pendekatan:

$$\begin{aligned} \text{Momen Tumpuan} &= 1/12 \times Q_t \times L^2 \\ &= 1/12 \times 2446.2 \text{ Kg} \times (7.7 \text{ m})^2 \\ &= 124.07 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Lapangan} &= 1/16 \times Q_t \times L^2 \\ &= 1/16 \times 2446.2 \text{ Kg} \times (7.7 \text{ m})^2 \\ &= 90.65 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Geser} &= 1/2 \times Q_t \times L \\ &= 1/2 \times 2446.2 \text{ Kg} \times 7.7 \text{ m} \\ &= 89.69 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

Table 4.33. Output Gaya dalam Hasil Analisa SAP 2000



4.4.3. Kontrol Dinamis

Kontrol hasil analisis struktur harus dikontrol melalui suatu batasan tertentu. Hal tersebut untuk meninjau kelayakan struktur dalam memikul beban-beban yang bekerja. Kontrol Terhadap sistem struktur yang digunakan dalam desain dapat dilihat dari analisa berikut ini :

- Kontrol waktu getar alamiah struktur (Priode struktur)
- Kontrol akhir base reaction
- Kontrol jumlah respon ragam (Partisipasi Massa)
- Kontrol Simpangan (Drift)

4.4.3.1. Kontrol Waktu Getar Alamiah Struktur (Priode Struktur)

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.2 perioda fundamental struktur (T) tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan atas pada perioda yang dihitung.

1. Penentuan Perioda

Perioda fundamental pendekatan (T_a) dalam detik harus ditentukan dalam persamaan berikut:

$$T_a = C_t \cdot h_n^x$$

Dimana :

h_n = Tinggi Struktur dalam (m), diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur.

C_t dan x ditentukan dari tabel 15 pada SNI 1726:2012 pasal 7.8.2

Table 4.34. Nilai Parameter Perioda Pendekatan C_t dan X

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 persen gaya gempa yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya gempa:		
Rangka baja pemikul momen	0,0724 ^a	0,8
Rangka beton pemikul momen	0,0466 ^a	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731 ^a	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731 ^a	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488 ^a	0,75

Diketahui :

$$h_n = 46,20 \text{ m}$$

$$C_t = 0,0466$$

$$x = 0,9$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } T_a \text{ min} &= C_t \cdot h_n^x \\ &= 0,0466 \times 46,20^{0,9} = 1,4675 \text{ detik} \end{aligned}$$

Table 4.35. Koefisien Untuk Batas Atas pada Perioda yang dihitung

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{D1}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Diketahui :

$$S_{D1} = 0,472 \text{ g}$$

$$C_u = 1,4$$

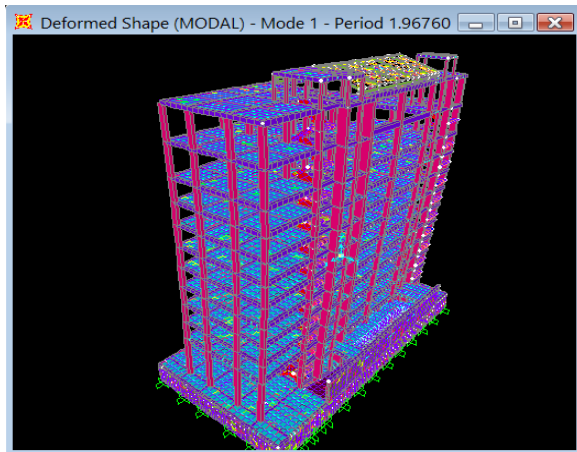
$$T_{a \text{ Min}} = 1,4675 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned} \text{Maka : } T_{a \text{ maks}} &= T_a \cdot C_u \\ &= 1,4675 \times 1,4 = 2,0545 \text{ detik} \end{aligned}$$

Kontrol

$$T_{a \text{ Min}} < T < T_{a \text{ Maks}}$$

$$1,4675 < 1,968 < 2,0545 \text{ oke}$$



Gambar 4.69. Permodelan Periode Struktur Mode 1

4.4.3.2. Kontrol Gaya Geser Dasar Gempa

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8 gaya geser gempa (V) dalam arah yang ditetapkan harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$V = C_s \cdot W_t$$

Dimana :

C_s : Koefisien Respons Seismik

W_t : Berat Seismik Efektif

1. Menentukan Nilai C_s

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.1.1 koefisien respons seismik ditentukan dalam persamaan sebagai berikut :

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

Dimana :

C_s : Koefisien Respons Seismik

S_{DS} : parameter percepatan spektrum respons desain dalam rentang perioda pendek

R : Faktor Modifikasi Respons

I_e : Faktor keutamaan gempa

Syarat Nilai C_s

- a. Nilai C_s Tidak Perlu melebihi persamaan berikut :

$$C_s = \frac{S_{D1}}{\left(\frac{T I_e^R}{1}\right)}$$

- b. Nilai C_s harus tidak kurang dari

$$C_s = 0,044 S_{DS} I_e \geq 0,01$$

Diketahui $SDS = 0,432 \text{ g}$
 $SD1 = 0,297 \text{ g}$

$$\begin{aligned}
 I_e &= 1 \\
 R &= 8 \\
 T &= 1,967 \text{ det}
 \end{aligned}$$

Maka Nilai Cs :

$$Cs = \frac{0,432}{\left(\frac{8}{1}\right)} = 0,054$$

Syarat Nilai Cs

- a. Nilai Cs Tidak Perlu melebihi persamaan berikut :

$$Cs = \frac{0,297}{(1,967^{\frac{8}{1}})} = 0,019$$

- b. Nilai Cs harus tidak kurang dari

$$\begin{aligned}
 Cs &= 0,044S_{DS} I_e \geq 0,01 \\
 &= 0,044 \cdot 0,432 \cdot 1 \geq 0,01 \\
 &= 0,019 \geq 0,01
 \end{aligned}$$

Maka Nilai Cs : **0,019**

Wt : 11996481.77 Kg (Output SAP 2000)

Gaya Geser Dasar Gempa adalah sebagai Berikut :

$$\begin{aligned}
 V &= Cs \cdot Wt \\
 &= 0,019 \times 11996481.77 \text{ Kg} \\
 &= \mathbf{2280.29 \text{ Kg}}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.4.1 kombinasi respons untuk geser dasar ragam (Vt) lebih kecil 85% dari geser dasar yang dihitung.

$$V_{\text{baseshear}} > 0,85V$$

Nilai gaya geser dasar didapat dari hasil analisa dinamis gaya geser gempa dari SAP 2000 sebagai berikut:

Table 4. 36. Nilai Base Reaksi

	FX (KN)	FY (KN)
Gempa X	1117.25	
Gempa Y		1201.79

	Tc (Detik)	V (KN)	0,85 V (KN)
Sumbu X	1.967	2280.291	1938.248
Sumbu Y	1.967	2280.291	1938.248

	FX	FY	Kontrol Akhir	
			FX	FY
V Dinamis	1117.25		Not Oke	
0.85 V Statik	1938.248			
V Dinamis		1201.79		Not Oke
0.85 V Statik		1938.248		

	FX	FY	Faktor Skala	
			FX	FY
V Dinamis	1117.25		1.880	
0.85 V Statik	1938.248			
V Dinamis		1201.79		1.850
0.85 V Statik		1938.248		

	FX	FY	Kontrol Akhir	
			FX	FY
V Dinamis	1993.45		Oke	
0.85 V Statik	1938.248			
V Dinamis		2022.87		Oke
0.85 V Statik		1938.248		

4.4.3.3. Kontrol Jumlah Respon Ragam (Partisipasi Massa)

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.9.1 analisa harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisa harus menyertakan ragam analisa yang cukup untuk mendapatkan partisipasi ragam terkombinasi paling sedikit 90% dari massa aktual.

Table 4.37. Partisipasi Massa Input Analisa SAP 2000

The screenshot shows the 'Load Case Data - Modal' dialog box in SAP 2000. The 'Load Case Name' is 'MODAL'. The 'Load Case Type' is 'Modal'. Under 'Stiffness to Use', 'Zero Initial Conditions - Unstressed State' is selected. The 'Number of Modes' section shows 'Maximum Number of Modes' as 12 and 'Minimum Number of Modes' as 1. The 'Loads Applied' table is as follows:

Load Type	Load Name	Target Mass Participation Ratios (%)	Static Correction
Accel	UX	99	No
Accel	UY	99	No
Accel	UZ	99	No

Other parameters include 'Frequency Shift (Center)' at 0, 'Cutoff Frequency (Radius)' at 0, and 'Convergence Tolerance' at 1.000E-09. The 'Allow Automatic Frequency Shifting' checkbox is checked.

Table 4. 38. Partisipasi Massa Output Analisa SAP 2000

TABLE: Modal Load Participation Ratios				
OutputCase	ItemType	Item	Static	Dynamic
Text	Text	Text	Percent	Percent
MODAL	Acceleration	UX	100	93.0974
MODAL	Acceleration	UY	100	93.9338
MODAL	Acceleration	UZ	2.8506	1.2873

4.4.3.4. Kontrol Simpangan (Drift)

Berdasarkan SNI 1726:2012 pasal 7.8.6 penentuan simpangan antar lantai tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa ditingkat teratas dan terbawah yang ditinjau.

Defleksi pusat massa ditingkat (δ_x) (mm) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e}$$

Dimana

C_d : faktor amplifikasi defleksi dalam tabel 9 SNI 1726:2012

δ_{xe} : defleksi pada lokasi yang disyaratkan

I_e : factor keutamaan gempa

Untuk analisa disajikan dalam bentuka tabel:

Table 4.39. Kontrol Simpangan Arah X

Lantai	Elevasi (M)	Tinggi Antar Tingkat (M)	δ_e (mm)	δ_{xe} (mm)	δ_x (mm)	δ_a (mm)	KET
Lantai Atap	46.20	0.00	35.98	1.34	7.37	90	Oke
Lantai 11	41.70	4.50	34.64	2.37	13.04	90	Oke
Lantai 10	37.20	4.50	32.27	1.83	10.07	66	Oke
Lantai 9	33.90	3.30	30.44	2.19	12.05	66	Oke
Lantai 8	30.60	3.30	28.25	2.55	14.03	66	Oke
Lantai 7	27.30	3.30	25.70	2.89	15.90	66	Oke
Lantai 6	24.00	3.30	22.81	3.20	17.60	66	Oke
Lantai 5	20.70	3.30	19.61	3.51	19.31	66	Oke
Lantai 4	17.40	3.30	16.10	3.80	20.90	66	Oke
Lantai 3	14.10	3.30	12.30	4.05	22.28	66	Oke
Lantai 2	10.80	3.30	8.25	4.16	22.88	66	Oke
Lantai 1	7.50	3.30	4.09	2.94	16.17	90	Oke
Ground	3.00	4.50	1.15	1.15	6.33	60	Oke
Basemen	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0	oke

Table 4. 40. Kontrol Simpangan Antar Lantai Arah Y

Lantai	Elevasi (M)	Tinggi Antar Tingkat (M)	δe (mm)	δx_e (mm)	δx (mm)	δa (mm)	KET
Lantai Atap	46.20	0.00	38.77	2.05	11.28	90	Oke
Lantai 11	41.70	4.50	36.72	2.61	14.36	90	Oke
Lantai 10	37.20	4.50	34.11	2.27	12.49	66	Oke
Lantai 9	33.90	3.30	31.84	2.62	14.41	66	Oke
Lantai 8	30.60	3.30	29.22	2.96	16.28	66	Oke
Lantai 7	27.30	3.30	26.26	2.99	16.45	66	Oke
Lantai 6	24.00	3.30	23.27	3.27	17.99	66	Oke
Lantai 5	20.70	3.30	20.00	3.49	19.20	66	Oke
Lantai 4	17.40	3.30	16.51	3.70	20.35	66	Oke
Lantai 3	14.10	3.30	12.81	3.90	21.45	66	Oke
Lantai 2	10.80	3.30	8.91	4.27	23.49	66	Oke
Lantai 1	7.50	3.30	4.64	3.44	18.92	90	Oke
Ground	3.00	4.50	1.20	1.20	6.60	60	Oke
Basemen	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0	oke

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

4.5. Perhitungan Elemen Struktur Sekunder

4.5.1. Perhitungan Struktur Tangga

Desain Struktur Tangga Beton Bertulang

1. Struktur Tangga Lt 1-9

Data Desain

- a. Tinggi Antar Lantai = 3300 mm
- b. Lebar Antrede (i) = 300 mm
- c. Tinggi Optrede (t) = 175 mm
- d. Tebal Pelat Tangga = 150 mm
- e. Tebal Pelat Bordes = 150 mm
- f. Lebar Bordes = 1300 mm
- g. Lebar Tangga = 1450 mm
- h. Jumlah Optrede (nt) dan Antrede (ni) :
Optrede (nt) = $\frac{3300 \text{ mm}}{175 \text{ mm}} = 19$ Buah
Antrede (nt-1) = $19 - 1 = 18$ Buah

Syarat Desain Tangga :

$$60 < 2t + i \leq 65$$

$$60 < 2t + i \leq 65$$

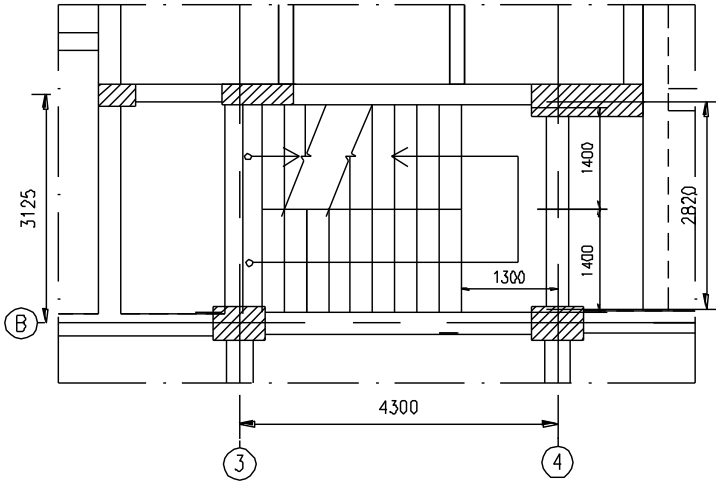
$$60 < (2(175)+300) \leq 65$$

$$60 < 65 \leq 65$$

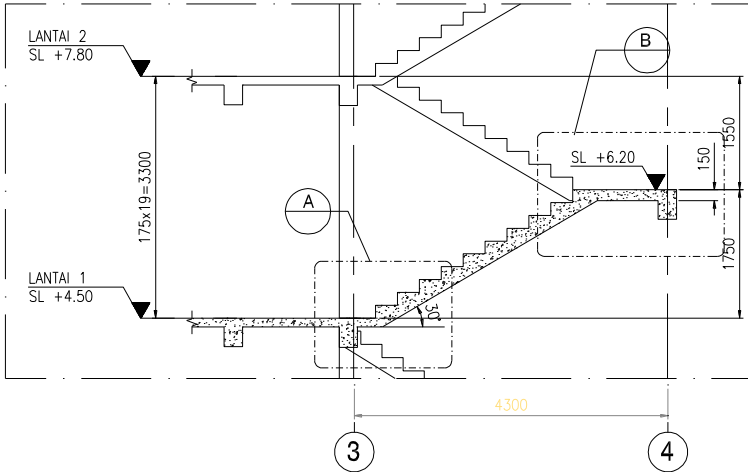
Maka Syarat Memenuhi

Kemiringan Tangga

$$\text{Tan-1} = \frac{175 \text{ mm}}{300 \text{ mm}} = 30^\circ$$



Gambar 4.70. Denah Tangga LT 1-9



Gambar 4.71. Potongan Tangga LT. 1 - 9

Pembebanan Struktur Tangga **Pembebanan Anak Tangga**

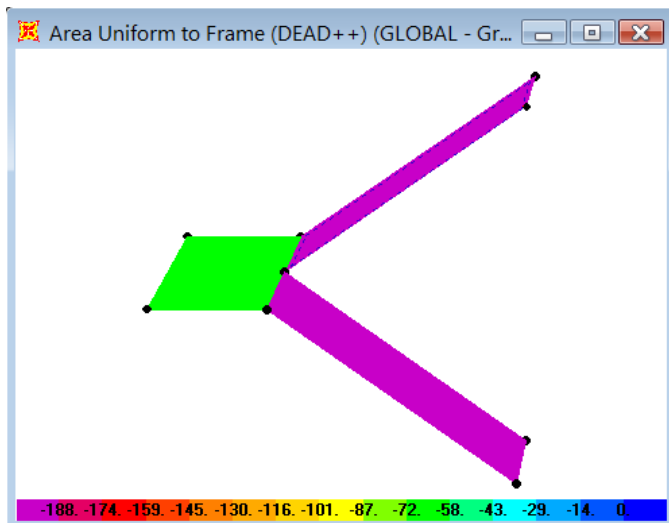
1. Beban Mati (qD)

Berat Sendiri	= 94 Kg/m ²
Railing Tangga	= 35 Kg/m ²
Keramik	= 21 Kg/m ²
Spesi	= 38 Kg/m ² +
<hr/>	
Total	= 188 Kg/m ²

Pembebanan Bordes

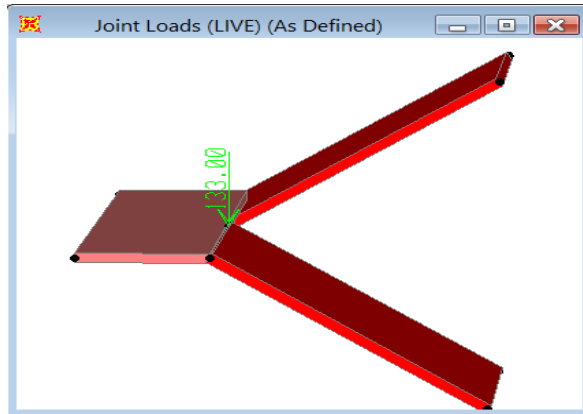
2. Beban Mati (qD)

Keramik	= 21 Kg/m ²
Spesi	= 38 Kg/m ² +
<hr/>	
Total	= 59 Kg/m ²



Gambar 4.72. Input Beban Mati Tambahan Pada SAP 2000

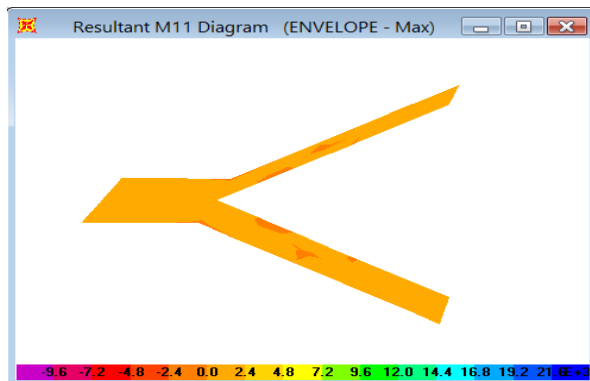
3. Beban Hidup (LL)
Beban Hidup Tangga Struktur = 133 Kg



Gambar 4.73. Input Beban Hidup Pada SAP 2000

Analisa Struktur

Analisa Struktur Tangga Menggunakan SAP 2000 V.14



Gambar 4.74. Output Diagram Momen Pada SAP 2000

Penulangan Struktur Pelat Tangga dan Bordes

Momen Maksimum (M11) = 2292,9 kg-m = 22,9 kN-m

Momen Maksimum (M22) = 2316,7 kg-m = 23,2 kN-m

Spesifikasi Bahan

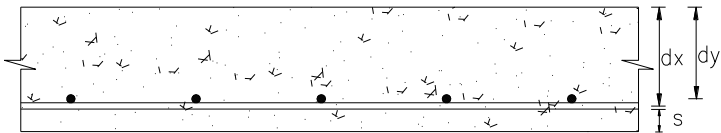
Mutu Beton (f_c') = 25 Mpa

Selimut Beton = 40 mm

Diameter Tulangan (D) = 13 mm

Mutu Baja (f_y) = 400 Mpa

Tinggi Efektif



Gambar 4.75. Tinggi Efektif Pada Struktur Pelat

$$d = T. \text{ Pelat} - (\text{Selimut} + \text{Dia. Tul.} + 1/2\text{Dia})$$

$$= 150 \text{ mm} - (40 \text{ mm} + 13 \text{ mm} + 6,5 \text{ mm})$$

$$= 91 \text{ mm.}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa}} = 18,8$$

$$\beta_1 = (0,85 - 0,005((f_c' - 28)/7))$$

$$= (0,85 - 0,005((25 \text{ Mpa} - 28)/7)) = 0,8521$$

Rasio Tulangan

$$\rho\text{-min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400 \text{ Mpa}} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
\rho\text{-balance} &= \beta_1 \times \left(\frac{0,85 \times f_{c'}}{f_y} \right) \left(\frac{600}{600+f_y} \right) \\
&= 0,8521 \times \left(\frac{0,85 \times 25 \text{ Mpa}}{400 \text{ mpa}} \right) \left(\frac{600}{600+400} \right) \\
&= 0,0272
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\rho\text{-max} &= 0,75 \rho\text{-balance} \\
&= 0,75 \times 0,0271 = 0,0204
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
R_n &= \frac{M_u \times 10^4}{\phi \times b \times d^2} \\
&= \frac{22,929 \times 10^6}{\phi \times 1000 \times 91^2} = 3,05 \text{ Mpa}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\rho &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right) \\
&= \frac{1}{18,8} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,8 \times 3,05}{400}} \right) \\
&= 0,0083
\end{aligned}$$

Kontrol Rasio Tulangan (ρ)

$$\rho\text{-min} < \rho < \rho\text{-maks}$$

$$0,0035 < 0,0083 < 0,0204 \quad \text{Maka } \rho\text{-pakai} = 0,0083$$

Luas Tulangan Perlu

$$\begin{aligned} A_s &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0083 \times 1000 \text{ mm} \times 91 \text{ mm} \\ &= 800,94 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Antar Tulangan

$$\text{Dia. Tulangan (D)} = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Tulangan (A}_s) = 133 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Tulangan (N)} &= \frac{A_s \text{ Perlu}}{A_s \text{ Tul}} \\ &= \frac{800,94 \text{ mm}^2}{133 \text{ mm}^2} = 7 \text{ Buah} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak Antar Tulangan (S)} = \frac{1000}{7-1} = 167 \text{ mm}$$

Maka Tulangan Dipasang D13-150

Jarak Tulangan Bagi D13-200

Kontrol Spasi Tulangan :

$$S_{\max} < 2h$$

200 < 300 , Oke, Maka Syarat Memenuhi

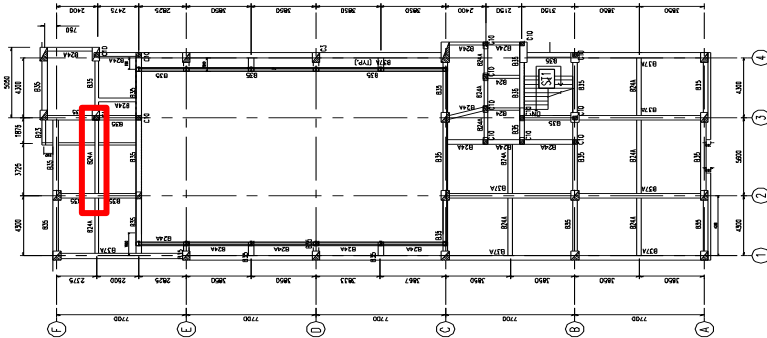
Table 4.41. Hasil Perhitungan Penulangan Tangga

No	Lantai	Elemen Struktur	Dimensi (mm)			Anak Tangga (mm)		Sudut miring	Momen(kN-m)		Tulangan	
			Tinggi	Lebar	Tebal	Optrede	Antrede		Momen X	Momen Y	Pokok	Bagi
1	Basemen	Tangga LT. Base	3000	1400	150	290	175	30	22.9	23.2	D13-150	D13-175
2	Ground	Tangga LT. Grou	4500	1400	150	300	180	32	22.8	21.1	D13-150	D13-175
3	LT 1 - LT 9	Tangga LT. 1-9	3300	1400	150	300	175	30	22.9	23.2	D13-150	D13-175
4	LT 10 - Lt 11	Tangga LT. 10-11	4500	1400	150	300	180	32	22.8	21.1	D13-150	D13-175

4.5.2. Perhitungan Struktur Balok Anak B24A

A. Data-data perencanaan:

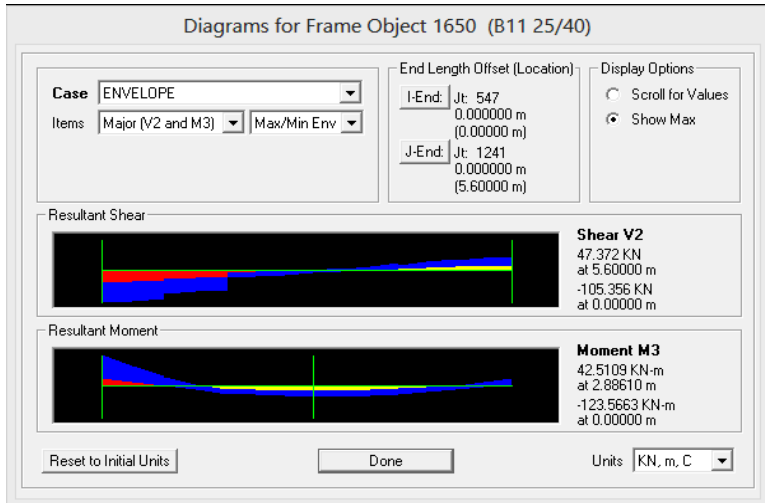
- Tipe balok : B24A
- Objek frame : 634 As 2 (D-E) LT Atap



Gambar 4.76. Denah LT Atap

- Bentang balok (L balok) : 5600 mm
- Dimensi balok (b balok) : 250 mm
- Dimensi balok (h balok) : 400 mm
- Mutu beton (f_c') : 25 Mpa
- Mutu tulangan (f_y) : 400 Mpa
- Diameter tulangan lentur (D) : 19 mm
- Diameter tulangan geser (\emptyset) : 13 mm
- Diameter tulangan puntir (D) : 13 mm
- Jarak spasi tulangan (S) : 25 mm
- Tebal selimut beton (t decking) : 40 mm
- Faktor β_1 : 0.85
- Faktor reduksi lentur (ϕ) : 0.9
- Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ) : 0.75
- Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ) : 0.75

B. Output Gaya-Gaya Dalam SAP 2000



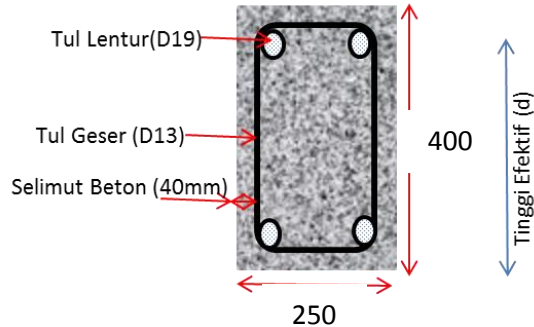
Gambar 4.77. Diagram Gaya Dalam Output SAP 2000

Table 4.42. Tabel Output Gaya –Gaya Dalam

Hasil Output SAP				
1	Momen Torsi	:	21.960	kN-m
2	Momen Tumpuan Kanan	:	82.350	kN-m
3	Momen Tumpuan Kiri	:	123.570	kN-m
4	Momen Lapangan	:	65.090	kN-m
5	Gaya Geser Tumpuan	:	105.35	kN
6	Gaya Geser Lapangan	:	72.01	kN

C. Perhitungan Penulangan Balok Struktur

1. Tinggi Efektif Balok Asumsi (d)



$$d = 400 \text{ mm} - (40 + 13 + 19/2)$$
$$= 337.5 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$
$$= 400 \text{ mm} - 337.5 \text{ mm} = 62.5 \text{ mm}$$

2. Perhitungan Tulangan Puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$
$$= 250 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$$
$$= 100000 \text{ mm}^2$$

Parimeter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$
$$= 2 \times (250 \text{ mm} + 400 \text{ mm})$$
$$= 1300 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2 \cdot t_{dekcing} - \varnothing_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{dekcing} - \varnothing_{geser})$$
$$= (250 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) \times (400 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm})$$
$$= 48199 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_h &= 2 \times \{ (b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{deking}} - \emptyset_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{deking}} - \emptyset_{\text{geser}}) \} \\
 &= 2 \times \{ (250 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) + (400 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) \} \\
 &= 928 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil out put diagram torsi yang diperoleh dari analisa SAP adalah :

Momen Puntir Ultimate

$$Tu = 21960000 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$\begin{aligned}
 T_n &= \frac{Tu}{\emptyset} \\
 T_n &= \frac{21960000 \text{ Nmm}}{0,75} \\
 T_n &= 29280000 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Periksa kebutuhan tulangan puntir

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada :

$$T_u \text{ min} = \emptyset 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u \text{ min} = 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{25} \left(\frac{100000^2}{1300} \right)$$

$$T_u \text{ min} = 2394230.8 \text{ Nmm}$$

SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1.(a)

$$T_u \text{ max} = \emptyset 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u \text{ max} = 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{25} \left(\frac{100000^2}{1300} \right)$$

$$T_u \text{ max} = 9519230.8 \text{ Nmm}$$

SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.2.2.(a)

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:

$T_{min} > T_u \rightarrow$ tidak memerlukan tulangan puntir

$T_{min} < T_u \rightarrow$ memerlukan tulangan puntir

$T_{min} < T_u$

2394230.8 Nmm < 21960000 Nmm

$T_u > T_{u_{min}}$ maka Memerlukan Tulangan Puntir

Tulangan puntir untuk lentur

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \theta$$

Dengan $\frac{A_t}{s}$ dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013

Pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah:

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot \theta$$

Dimana:

- Untuk beton non prategang $\theta = 45^\circ$

$$\begin{aligned} A_o &= 0,85 \times A_{Oh} \\ &= 0,85 \times 48199 \text{ mm}^2 \\ &= 41451.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \theta}$$

$$\frac{A_t}{s} = \frac{29280000 \text{ Nmm}}{2 \times 41451.14 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \cot 45}$$

$$\frac{A_t}{s} = 1.42 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\frac{At}{s} > \frac{0,175 b}{fyt}$$

$$1.42 > \frac{0,175 \times 250 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$1.42 > 0,11 \quad \text{(memenuhi)}$$

SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6

Maka tulangan puntir untuk lentur:

$$Al = \frac{At}{s} Ph \left(\frac{Fyt}{Fy} \right) \cot^2 \theta$$

$$Al = 1.42 \text{ mm} \times 928 \text{ mm} \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \cot^2 45$$

$$Al = 508.02 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan persyaratan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan:

$$Al = \frac{0,42 \times \sqrt{f'c} \times Acp}{fy} - \frac{At}{s} Ph \left(\frac{Fyt}{Fy} \right)$$

$$Al = \frac{0,42 \times \sqrt{25} \times 100000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}}$$

$$- 1.42 \text{ mm} \times 928 \text{ mm} \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right)$$

$$Al = -796.60 \text{ mm}^2$$

Periksa:

$$Al_{\text{perlu}} \leq Al_{\text{min}} \text{ maka gunakan } Al_{\text{min}}$$

$$Al_{\text{perlu}} \geq Al_{\text{min}} \text{ maka gunakan } Al_{\text{perlu}}$$

$$508.02 \text{ mm}^2 \leq -796.60 \text{ mm}^2$$

$Al_{\text{perlu}} \leq Al_{\text{min}}$, Maka dipakai tulangan puntir perlu sebesar 508.02 mm^2

Luasan tulangan puntir

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok

$$\frac{Al}{4} = \frac{508.02 \text{ mm}^2}{4} = 127.01 \text{ mm}$$

Pemasangan penulangan torsi pada tulangan memanjang:

Pada sisi atas = Ditambahkan pada tulangan Lentur balok bagian atas.

Pada sisi Bawah = Ditambahkan pada tulangan Lentur balok bagian bawah

Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir yaitu sebesar:

$$As = 2 \times 127.02 = 254.01 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$n = \frac{1/2Al}{\text{Luasan } D \text{ puntir}}$$

$$n = \frac{254.01 \text{ mm}^2}{132.79 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,91 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Maka dipasang tulangan **2 D 13**

3. Perhitungan Tulangan Lentur

A. Daerah Tumpuan Kanan

Garis netral dalam kondisi balance

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + Fy} \right) x d$$

$$Xb = \left(\frac{600 M}{600 + 400 Mpa} \right) x 337.5 mm$$

$$Xb = 202.5 mm$$

Garis netral maksimum

$$Xmax = 0,75 x Xb$$

$$Xmax = 0,75 x 202.5 mm$$

$$Xmax = 151.875 mm$$

Garis netral minimum

$$Xmin = d'$$

$$Xmin = 62.5 mm$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$Xrencana = 85 mm$$

Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 x fc' x bx \beta 1 x Xrencana$$

$$Cc' = 0,85 x 25 Mpa x 400 x 0,85 x 85 mm$$

$$Cc' = 383828.125 N$$

Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{Fy}$$

$$Asc = \frac{383828.125 N}{400 Mpa}$$

$$Asc = 959.57 mm^2$$

Gaya momen nominal tulangan

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times F_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 959.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times$$

$$\left(337.5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 85 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 115676201.17 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$M_{u_{\text{lapangan}}} = 82350000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{ux}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{82350000 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 91500000 \text{ Nmm}$$

Periksa momen nominal tulangan lentur rangkap dengan persyaratan berikut :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= (91500000 - 115676201.17) \text{ Nmm}$$

$$= -24176201.17 \text{ Nmm}$$

$M_{ns} < 0$, maka tidak perlu tulangan tekan. Analisis perhitungan tulangan balok selanjutnya digunakan perhitungan tulangan tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

Seperti yang telah ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal. 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari yang dibawah ini:

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{f'c'}}{fy} bw x d$$

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{25 Mpa}}{400 Mpa} x 250 mm x 337.5 mm$$

$$A_{vmin} = 263.67 mm^2$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 x bw x d}{fy}$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 x 250 mm x 337.5 mm}{400 Mpa}$$

$$A_{vmin} = 295.31 mm^2$$

Luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 Lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari yang dibawah ini :

$$\rho_b = 0,75 x \rho_b$$

$$\rho_b = 0,75 x \frac{0,85x\beta x f'c'}{fy} x \left(\frac{600}{600+fy} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85x0,85x25 Mpa}{400Mpa} x \left(\frac{600}{600+400Mpa} \right)$$

$$\rho_b = 0.0271$$

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

$$\rho_{max} = 0,75 x 0.0271$$

$$\rho_{max} = 0.0203$$

$$A_{max} = \rho_{max} x bw x dy$$

$$A_{max} = 0.0203 \times 250\text{mm} \times 237.5 \text{ mm}$$

$$A_{max} = 1205.31 \text{ mm}^2$$

Perhitungan luasan perlu untuk penulangan balok adalah sebagai berikut :

$$\text{Momen lapangan} = 82350000 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Ml}{\phi}$$

$$Mn = \frac{82350000 \text{ Nmm}}{0,9} = 91500000 \text{ Nmm}$$

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

$$m = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa}} = 18.82$$

$$Rn = \frac{Mn}{bw \cdot d^2}$$

$$Rn = \frac{91500000 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \cdot (337.5 \text{ mm})^2} = 3.21$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{Fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18.82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18.82 \times 3.21}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0.0088$$

Luasan perlu (as perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_{perlu} = \rho \times bw \times d$$

$$A_{perlu} = 0.0088 \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$A_{perlu} = 738.64 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol : } A_{vmin} < A_{perlu} < A_{max}$$

$$263.67 \text{ mm}^2 < 738.64 \text{ mm}^2 < 1205.31 \text{ mm}^2$$

(Syarat memenuhi)

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar, yaitu :

Luasan tulangan perlu Tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= A_s + A_t \\ &= 738.64 \text{ mm}^2 + 257.01 \text{ mm}^2 \\ &= 992.65 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tul.Lentur}}$$

$$n = \frac{1249.92 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2}$$

$$n = 4.5 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ \text{As pasang} &= 5 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ \text{As pasang} &= 1418.21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Kontrol : } \text{As pasang} > \text{As perlu}$$

$$1418.21 \text{ mm}^2 > 992.65 \text{ (memenuhi)}$$

Luasan tulangan perlu Tekan

$$\begin{aligned} \text{As' perlu} &= 1/2 A_s + A_t \\ \text{As' perlu} &= 354.55 \text{ mm}^2 + 254.01 \text{ mm}^2 \\ \text{As' perlu} &= 608.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{A_s' \text{ perlu}}{\text{Luas Tul.Lentur}}$$

$$n = \frac{608.57 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2}$$

$$n = 2.15 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$As' \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur}$$

$$As' \text{ pasang} = 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2$$

$$As' \text{ pasang} = 850.93 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$As' \text{ pasang} > As' \text{ perlu}$$

$$850.93 \text{ mm}^2 > 608.57 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Jarak tulangan tarik:

$$S = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{250 \text{ mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 13\text{mm} - 3 \times 19\text{mm}}{3 - 1}$$

$$S = 43.5 \text{ mm}$$

Kontrol: $S_{maks} \geq S_{syarat}$

$$43.5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Jarak tulangan tekan

$$S = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{250 \text{ mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 13\text{mm} - 3 \times 19\text{mm}}{3 - 1}$$

$$S = 43.5 \text{ mm}$$

Cek persyaratan SRPMK untuk kekuatan lentur pada balok. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.5.2.2)

1. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari 1/2 kekuatan momen negatif.

2. Kekuatan momen negative pada daerah lapangan harus tidak kurang dari 1/4 kekuatan momen negatif.

Maka berdasarkan peraturan perlu dilakukan control pada tulangan yang dipasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 5 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1418.21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 850.93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol momen:

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/2 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$\text{Luas Tulangan Tekan} \geq 1/2 \text{ Luas Tul. Tarik}$$

$$850.93 \text{ mm}^2 \geq 1/4 1418.21 \text{ mm}^2$$

$$850.93 \text{ mm}^2 \geq 709.11 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol Kemampuan Penampang:

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 5 \text{ D19} = 1418.21 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} = 3 \text{ D19} = 850.93 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tulangan tarik} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = \frac{1418.21 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 106.78 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Pasang} = \text{As tul. Tarik} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ Pasang} &= 1418.21 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \\ &\quad \left(337.5 \text{ mm} - \frac{106.78 \text{ mm}}{2}\right) \end{aligned}$$

$$= 161170638.54 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ perlu} = M_n = 823500000 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

Mn pasang > Mn perlu

161170638.54 Nmm > 82350000 Nmm

(Syarat memenuhi)

Mn Tulangan Tekan Terpasang

$$a = \frac{As \text{ tulangan tekan} \times fy}{0,85 f'c' b}$$

$$a = \frac{850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 64.07 \text{ mm}$$

$$Mn \text{ Pasang} = As \text{ tul. Tekan} \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\begin{aligned} Mn \text{ Pasang} &= 850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \\ &\quad \left(337.5 \text{ mm} - \frac{64.07 \text{ mm}}{2}\right) \\ &= 103971572.73 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok B24A (25/40) untuk daerah Tumpuan Kanan:

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis :

Lapis 1 = 3 D19

Lapis 2 = 2 D19

- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Lapis 1 = 3 D19

B. Daerah Tumpuan Kiri

Garis netral dalam kondisi balance

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + Fy}\right) \times d$$

$$Xb = \left(\frac{600 \text{ M}}{600 + 400 \text{ Mpa}}\right) \times 337.5 \text{ mm}$$

$$Xb = 202.5 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$X_{max} = 0,75 \times X_b$$

$$X_{max} = 0,75 \times 202,5 \text{ mm}$$

$$X_{max} = 151,875 \text{ mm}$$

Garis netral minimum

$$X_{min} = d'$$

$$X_{min} = 62,5 \text{ mm}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 85 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$C_c' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$C_c' = 0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 400 \times 0,85 \times 85 \text{ mm}$$

$$C_c' = 383828,125 \text{ N}$$

Luas tulangan Tarik

$$A_{sc} = \frac{C_c'}{F_y}$$

$$A_{sc} = \frac{383828,125 \text{ N}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{sc} = 959,57 \text{ mm}^2$$

Gaya momen nominal tulangan

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times F_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 959,57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times$$

$$\left(337,5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 85 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 115676201,17 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$Mu_{\text{lapangan}} = 123570000 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mux}{\phi}$$

$$Mn = \frac{123570000 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$Mn = 137300000 \text{ Nmm}$$

Periksa momen nominal tulangan lentur rangkap dengan persyaratan berikut :

$Mns > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= (137300000 - 115676201.17) \text{ Nmm}$$

$$= 21623798.83 \text{ Nmm}$$

$Mns > 0$, maka perlu tulangan tekan. Analisis perhitungan tulangan balok selanjutnya digunakan perhitungan tulangan rangkap

Perhitungan Tulangan Lentur Rangkap

Menghitung Cs'

$$Cs' = T_2 = \frac{Mn - Mnc}{d - d'}$$

$$= \frac{137300000 \text{ Nmm} - 115676201.17 \text{ Nmm}}{337.5 \text{ mm} - 62.5 \text{ mm}}$$

$$= 778631.99 \text{ N}$$

Kontrol Tulangan tekan Leleh/tidak leleh

$$fs' = \left(1 - \frac{d'}{X_{renc}}\right) \times 600$$

$$fs' = \left(1 - \frac{62.5 \text{ mm}}{85 \text{ mm}}\right) \times 600$$

$$fs' = 159 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Syarat: } f_s' &\geq f_y \text{ (leleh)} && : f_s' = f_y \\ f_s' &\leq f_y \text{ (tidak leleh)} && : f_s' = f_s' \\ 159 \text{ Mpa} &\leq 400 \text{ Mpa (tidak leleh)} \end{aligned}$$

Menentukan Luas Tulangan

$$\begin{aligned} A_s' &= \frac{C s'}{f_s' - 0,85 \times f_c'} \\ A_s' &= \frac{78631.99 \text{ N}}{159 \text{ Mpa} - 0,85 \times 25 \text{ Mpa}} \\ A_s' &= 571.56 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{ss} &= \frac{T_2}{f_y} \\ A_{ss} &= \frac{78631.99 \text{ N}}{400 \text{ Mpa}} \\ A_{ss} &= 196.58 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan tulangan lentur

Tulangan perlu

$$\begin{aligned} A_s &= A_{sc} + A_{ss} \\ &= 959.57 \text{ mm}^2 + 196.58 \text{ mm}^2 \\ &= 1156.15 \text{ mm}^2 \\ A_s' &= A_s' \\ &= 571.56 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar, yaitu :

Luasan tulangan perlu Tarik

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + A_t \\ &= 1156.15 \text{ mm}^2 + 254.01 \text{ mm}^2 \\ &= 1410.16 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luas \text{ Tul.Lentur}}$$

$$n = \frac{1410.16 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2}$$

$$n = 4.972 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

As pasang = n pasang x luasan D lentur

$$As \text{ pasang} = 5 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2$$

$$As \text{ pasang} = 1418.21 \text{ mm}^2$$

Kontrol : As pasang > As perlu

$$1418.21 \text{ mm}^2 > 1410.16 \text{ (memenuhi)}$$

Luasan tulangan perlu Tekan

$$As' \text{ perlu} = As' + At$$

$$As' \text{ perlu} = 571.56 \text{ mm}^2 + 254.01 \text{ mm}^2$$

$$As' \text{ perlu} = 825.58 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{As' \text{ perlu}}{Luas \text{ Tul.Lentur}}$$

$$n = \frac{825.58 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2}$$

$$n = 2.9 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

As' pasang = n pasang x luasan D lentur

$$As' \text{ pasang} = 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2$$

$$As' \text{ pasang} = 850.93 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &> \text{As' perlu} \\ 850.93 \text{ mm}^2 &> 825.58 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol S tulangan tarik:

$$S = \frac{b-2t_{selimut}-2\emptyset-n\emptyset \text{ lentur}}{n-1}$$
$$S = \frac{250 \text{ mm}-2x40\text{mm}-2x13\text{mm}-3x19\text{mm}}{3-1}$$

$$S = 43.5 \text{ mm}$$

Kontrol: $S_{maks} \geq S_{syarat}$

$$43.5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

Kontrol S tulangan tekan

$$S = \frac{b-2t_{selimut}-2\emptyset-n\emptyset \text{ lentur}}{n-1}$$
$$S = \frac{250 \text{ mm}-2x40\text{mm}-2x13\text{mm}-3x19\text{mm}}{3-1}$$

$$S = 43.5 \text{ mm}$$

Kontrol: $S_{maks} \geq S_{syarat}$ agregat

$$43.5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

Cek persyaratan SRPMK untuk kekuatan lentur pada balok. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.5.2.2)

1. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari 1/2 kekuatan momen negatif.
2. Kekuatan momen negative pada daerah lapangan harus tidak kurang dari 1/4 kekuatan momen negatif.

Maka berdasarkan peraturan perlu dilakukan control pada tulangan yang dipasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 5 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1418.21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 850.93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol momen:

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/2 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$\text{Luas Tulangan Tekan} \geq 1/2 \text{ Luas Tul. Tarik}$$

$$850.93 \text{ mm}^2 \geq 1/2 \times 1418.21 \text{ mm}^2$$

$$850.93 \text{ mm}^2 \geq 472.74 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang:

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 5 \text{ D19} = 1418.21 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} = 3 \text{ D19} = 850.93 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tulangan tarik} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = \frac{1418.21 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 106.78 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Pasang} = \text{As tul. Tarik} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ Pasang} &= 1418.21 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \\ &\quad \left(337.5 \text{ mm} - \frac{106.78 \text{ mm}}{2} \right) \end{aligned}$$

$$= 161170638.54 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ perlu} = M_n = 137300000 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$$

$$161170638.54 \text{ Nmm} > 137300000 \text{ Nmm}$$

(Syarat memenuhi)

Mn Tulangan Tekan Terpasang

$$a = \frac{As \text{ tulangan tekan} \times fy}{0,85 f'c' b}$$

$$a = \frac{850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 64.07 \text{ mm}$$

$$\text{Mn Pasang} = As \text{ tul. Tekan} \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\begin{aligned} \text{Mn Pasang} &= 850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \\ &\quad \left(337.5 \text{ mm} - \frac{64.07 \text{ mm}}{2}\right) \\ &= 10391572.73 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok B24A (25/40) untuk daerah tumpuan kiri:

- Tulangan lentur tarik susun 2 lapis :
Lapis 1 = 3 D19
Lapis 2 = 2 D 19
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
Lapis 1 = 3 D19

C. Daerah Lapangan

Garis netral dalam kondisi balance

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + Fy}\right) \times d$$

$$Xb = \left(\frac{600 \text{ M}}{600 + 400 \text{ Mpa}}\right) \times 337.5 \text{ mm}$$

$$Xb = 202.5 \text{ mm}$$

Garis netral maksimum

$$Xmax = 0,75 \times Xb$$

$$Xmax = 0,75 \times 202.5 \text{ mm}$$

$$Xmax = 151.875 \text{ mm}$$

Garis netral minimum

$$X_{min} = d'$$

$$X_{min} = 62.5 \text{ mm}$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X_{rencana} = 85 \text{ mm}$$

Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 \times f_c' \times b \times \beta_1 \times X_{rencana}$$

$$Cc' = 0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 400 \times 0,85 \times 85 \text{ mm}$$

$$Cc' = 383828.125 \text{ N}$$

Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{F_y}$$

$$Asc = \frac{383828.125 \text{ N}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$Asc = 959.57 \text{ mm}^2$$

Gaya momen nominal tulangan

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = Asc \times F_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 959.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(337.5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 85 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 115676201.17 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$Mu_{lapangan} = 65090000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{Mu_x}{\phi}$$

$$M_n = \frac{65090000 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 72322222.22 \text{ Nmm}$$

Periksa momen nominal tulangan lentur rangkap dengan persyaratan berikut :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= (72322222.22 - 115676201.17) \text{ Nmm}$$

$$= -4335397895 \text{ Nmm}$$

$M_{ns} < 0$, maka tidak perlu tulangan tekan. Analisis perhitungan tulangan balok selanjutnya digunakan perhitungan tulangan tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

Seperti yang telah ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal. 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari yang dibawah ini:

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{f_c'}}{f_y} b_w x d$$

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{25 \text{ Mpa}}}{400 \text{ Mpa}} x 250 \text{ mm} x 337.5 \text{ mm}$$

$$A_{vmin} = 263.67 \text{ mm}^2$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 x b_w x d}{f_y}$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 x 250 \text{ mm} x 337.5 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{vmin} = 295.31 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 Lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari yang dibawah ini :

$$\rho_b = 0,75 \times \rho_b$$

$$\rho_b = 0,75 \times \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \times \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times 0,85 \times 25 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \times \left(\frac{600}{600 + 400 \text{ Mpa}} \right)$$

$$\rho_b = 0.0271$$

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

$$\rho_{max} = 0,75 \times 0.0271$$

$$\rho_{max} = 0.0203$$

$$A_{max} = \rho_{max} \times b_w \times d_y$$

$$A_{max} = 0.0203 \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$A_{max} = 1205.31 \text{ mm}^2$$

Perhitungan luasan perlu untuk penulangan balok adalah sebagai berikut :

$$\text{Momen lapangan} = 65090000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_l}{\phi}$$

$$M_n = \frac{65090000 \text{ Nmm}}{0,9} = 72322222.22 \text{ Nmm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$m = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa}} = 18.82$$

$$Rn = \frac{Mn}{bw \cdot d^2}$$

$$Rn = \frac{72322222.22 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \cdot (337.5 \text{ mm})^2} = 2.54$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \cdot Rn}{Fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18.82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18.82 \cdot 2.54}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0.0068$$

Luasan perlu (as perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_{perlu} = \rho \cdot bw \cdot d$$

$$A_{perlu} = 0.0068 \cdot 250 \text{ mm} \cdot 337.5 \text{ mm}$$

$$A_{perlu} = 572.25 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol : } A_{vmin} < A_{perlu} < A_{max}$$

$$263.67 \text{ mm}^2 < 572.25 \text{ mm}^2 < 1205.31 \text{ mm}^2$$

(Syarat memenuhi)

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar, yaitu :

Luasan tulangan perlu Tarik

$$As \text{ perlu} = As + At$$

$$= 572.25 \text{ mm}^2 + 254.01 \text{ mm}^2$$

$$= 826.26 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{\text{Luas Tul.Lentur}}$$

$$n = \frac{826.26 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2}$$

$$n = 3.913 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

As pasang = n pasang x luasan D lentur

$$\text{As pasang} = 4 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2$$

$$\text{As pasang} = 1134.57 \text{ mm}^2$$

Kontrol : As pasang > As perlu

$$1134.57 \text{ mm}^2 > 826.26 \text{ (memenuhi)}$$

Luasan tulangan perlu Tekan

$$\text{As' perlu} = 1/2\text{As} + \text{At}$$

$$\text{As' perlu} = 283.64 \text{ mm}^2 + 254.01 \text{ mm}^2$$

$$\text{As' perlu} = 537.65 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{\text{As' perlu}}{\text{Luas Tul.Lentur}}$$

$$n = \frac{537.65 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2}$$

$$n = 2.90 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

As' pasang = n pasang x luasan D lentur

$$\text{As' pasang} = 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2$$

$$\text{As' pasang} = 850.93 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$\text{As' pasang} > \text{As' perlu}$$

$$850.93 \text{ mm}^2 > 608.57 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol S tulangan tarik:

$$S = \frac{b-2t_{selimut}-2\emptyset-n\emptyset \text{ lentur}}{n-1}$$
$$S = \frac{250 \text{ mm}-2x40\text{mm}-2x13\text{mm}-3x19\text{mm}}{3-1}$$

$$S = 43.5 \text{ mm}$$

Kontrol: $S_{maks} \geq S_{syarat}$

$$43.5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

Kontrol S tulangan tekan

$$S = \frac{b-2t_{selimut}-2\emptyset-n\emptyset \text{ lentur}}{n-1}$$
$$S = \frac{250 \text{ mm}-2x40\text{mm}-2x13\text{mm}-3x19\text{mm}}{3-1}$$

$$S = 43.5 \text{ mm}$$

Kontrol: $S_{maks} \geq S_{syarat}$ agregat

$$43.5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

Cek persyaratan SRPMK untuk kekuatan lentur pada balok. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.5.2.2)

1. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari 1/2 kekuatan momen negatif.
2. Kekuatan momen negative pada daerah lapangan harus tidak kurang dari 1/4 kekuatan momen negatif.

Maka berdasarkan peraturan perlu dilakukan control pada tulangan yang dipasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 4 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1134.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s' \text{ pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\
 &= 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\
 &= 850.93 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol momen:

$$\begin{aligned}
 M \text{ lentur tumpuan (+)} &\geq 1/2 M \text{ lentur tumpuan (-)} \\
 \text{Luas Tulangan Tekan} &\geq 1/2 \text{ Luas Tul. Tarik} \\
 850.93 \text{ mm}^2 &\geq 1/4 \cdot 1134.57 \text{ mm}^2 \\
 850.93 \text{ mm}^2 &\geq 283.64 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})
 \end{aligned}$$

Kontrol Kemampuan Penampang:

$$A_s \text{ pakai tulangan tarik} = 4 \text{ D19} = 1134.57 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ pakai tulangan tekan} = 3 \text{ D19} = 850.93 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{A_s \text{ tulangan tarik} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = \frac{1134.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 85.43 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Pasang} = A_s \text{ tul. Tarik} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n \text{ Pasang} = 1134.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(337.5 \text{ mm} - \frac{85.43 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 133782637.23 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ perlu} = M_n = 72322222.22 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$$

$$133782637.23 \text{ Nmm} > 72322222.22 \text{ Nmm}$$

(Syarat memenuhi)

Mn Tulangan Tekan Terpasang

$$a = \frac{A_s \text{ tulangan tekan} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = \frac{850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 64.07 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Pasang} = A_s \text{ tul. Tekan} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ Pasang} &= 850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \\ &\quad \left(337.5 \text{ mm} - \frac{64.07 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 103971572.73 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok B24A (25/40) untuk daerah Lapangan:

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis :
Lapis 1 = 3 D19
Lapis 2 = 1 D19
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
Lapis 1 = 3 D19

4. Perhitungan Tulangan Geser

Chek Semua Kondisi Sebelum Melakukan Perhitungan Tulangan Geser

1. Kondisi 1

Tegangan Geser Beton (V_c)

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b_w d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{25} \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$= 70.3 \text{ kN}$$

Kontrol Syarat :

$$V_u \leq 0.5 \times \phi \times V_c$$

$$105.35 \leq 0.5 \times 0.75 \times 70.3 \text{ kN}$$

$$105.35 \leq 26.367 \text{ kN} \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Maka, pada kondisi 1 membutuhkan tulangan sengkang

2. Kondisi 2

Kontrol Syarat :

$$0.5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$0.5 \times 0.75 \times 70.3 \leq 105.35 \leq 0.75 \times 70.3$$

$$26.4 \leq 105.35 \leq 52.7 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Maka pada kondisi 2 membutuhkan tulangan sengkang

3. Kondisi 3

$$V_s \text{ min} = 1/3 \times b_w \times d$$

$$= 1/3 \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$= 28.1 \text{ mm}^2$$

Kontrol Syarat :

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_s\text{-min})$$

$$0.75 \times 70.3 \leq 105.35 \leq 0.75 (70.3+28.1)$$

$$52.7 \leq 105.35 \leq 73.8 \text{ kN (Tidak Memenuhi)}$$

Maka pada kondisi 3 membutuhkan tulangan geser

4. Kondisi 4

Kontrol Syarat :

$$\phi (V_c + V_s\text{-min}) \leq V_u \leq \phi (V_c + 1/3 \sqrt{f'c'} b d)$$

$$0.75 \times (70.3 + 28.1) \leq 105.35 \leq 0.75 \times (70.3 + 1/3 \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 337.5)$$

$$73.83 \leq 105.35 \leq 158.2 \text{ (memenuhi)}$$

Maka pada kondisi 4 tidak membutuhkan tulangan geser

5. Kondisi 5

$$V_c = 2/3 \times \sqrt{f'c'} \times b \times d$$

$$= 2/3 \times \sqrt{25} \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$= 281 \text{ kN}$$

Kontrol Syarat :

$$\phi(V_c + 1/3x\sqrt{25}x b x d) \leq V_u \leq \phi(V_c + 2/3\sqrt{25} x b x d)$$

$$158.2 \leq 105.35 \leq 263.67 \text{ (memenuhi)}$$

Maka pada kondisi 5 tidak membutuhkan tulangan geser

6. Kondisi 6

Kontrol Syarat:

$$V_u \leq \phi (V_c + 2/3\sqrt{f_c'} x b x d)$$

$$105.35 \text{ kN} \leq 70.3 + 2/3\sqrt{25} x 250 \text{ mm} x 337.5 \text{ mm}$$

$$105.35 \text{ kN} \leq 263.67 \text{ kN (memenuhi)}$$

Maka pada kondisi 6 tidak membutuhkan tulangan geser

Tulangan Geser Lapangan

$$V_{s-\min} = 1/3 x b x d$$

$$= 1/3 x 250 \text{ mm} x 337.5 \text{ mm}$$

$$= 28.1 \text{ kN}$$

$$\text{Diameter Tul Sengkang (D)} : 13 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Tulangan (A}_v\text{)} : 133 \text{ mm}^2$$

Digunakan sengkang 2 kaki Diameter 13 Jarak = 150 mm

Maka :

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

$$= \frac{133 \text{ mm}^2 x 400 \text{ mpa} x 337.5 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}$$

$$= 119 \text{ mm}$$

Kontrol :

1. $V_s > V_{s-\min}$

$$119 \text{ mm} > 28.1 \text{ kN (Syarat Memenuhi)}$$

2. $S < d/2$

150 mm < 169 (Syarat Memenuhi)
Maka spasi tulangan pakai = 150 mm
2 kaki D13-150

Tulangan Geser Tumpuan

$$V_u = 105.35 \text{ kN}$$

$$V_1 = 26.4 \text{ kN}$$

$$\phi = 0.75$$

$$D_{ia} = 13 \text{ mm}$$

$$A_v = 133 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} V_{s\text{-perlu}} &= \frac{V_u - \phi V_c}{\phi} \\ &= \frac{105.35 - 0.75 \times 26.4}{0.75} \\ &= 114.1 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \times f_y \times d}{V_{s\text{-perlu}}} \\ &= \frac{133 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ mpa} \times 337.5 \text{ mm}}{114.1 \text{ kN}} \\ &= 156.97 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$S \text{ pakai} = 125 \text{ mm}$$

Kontrol:

SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5 Spasi Maksimum $d/2$ atau 600 mm

$$\text{Maka : } d/2 = 169 \text{ mm}$$

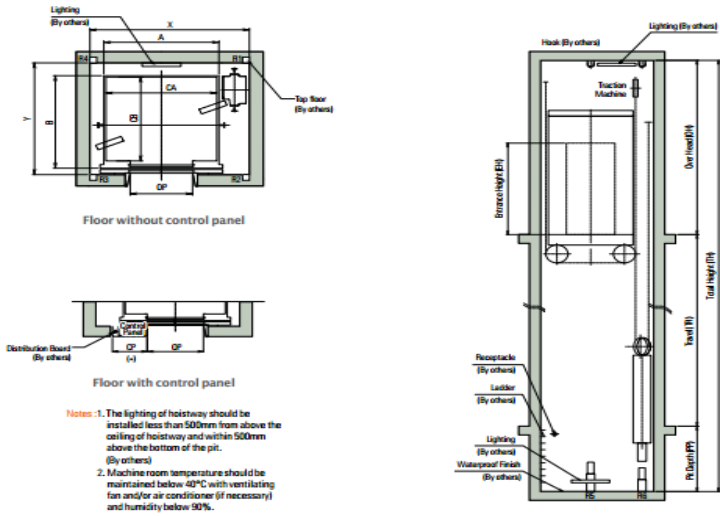
Maka Spasi Tulangan Pakai = 125 mm

2 Kaki D13-125

4.5.3. Perhitungan Struktur Balok Lift BL24A

Data Perencanaan:

Dimensi Balok	b	= 250 mm
	h	= 400 mm
Panjang Balok		= 2.2 m
Mutu Beton (f_c') Balok		= 25 Mpa
Selimit Beton		= 30 mm
Diameter Tulangan Utama (D)		= 16 mm
		= 16 mm
Diameter Tulangan Hook Lift		= 28 mm
Mutu Baja (f_y) Tulangan Utama D		= 400 Mpa
Diameter Tulangan Sengkang (D)		= 13 mm
Diameter Tulangan Confinement (D)		= 13 mm
Mutu Baja (f_y) Tulangan Sengkang D13		= 400 Mpa
Spesifikasi Lift :		
Merk		= Hyundai Elevator
Kapasitas		= 11 Orang (600)
Kecepatan		= 2 m/sec
Lebar Pintu (OP)		= 800
Hoistway	X	= 2050
	Y	= 1850
Dimensi Ruang Lift = (CAR)	A	= 1360
	B	= 1555
M/C Room Reaksi (Kg)	R1	= 4800 Kg
	R2	= 2300 Kg
	R3	= 1750 Kg
	R4	= 700 Kg
Pit Reaksi (Kg)	R5	= 8100 Kg
	R6	= 1700 Kg

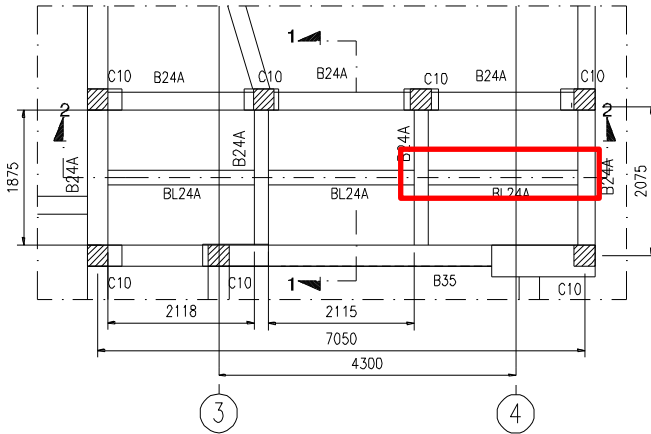


Gambar 4. 78. Model dan Jenis Lift

Table 4.43. Tabel Kapasitas Lift

Speed (m/sec)	Capacity		Clear Opening		Car		Hoistway		Motor (kW)	M/C Room Reaction (kg)				Pit Reaction (kg)	
	Persons	kg	OP	CA x CB	A x B	X	Y	R1		R2	R3	R4	R5	R6	
1									3.4						
1.5	8	550	800	1300 x 1100	1360 x 1255	2050	1700		5.1	4000	2100	1500	600	7000	1600
1.75									5.9						
1	9	600	800	1300 x 1190	1360 x 1345	2050	1800		3.7	4100	2300	1600	600	7300	1600
1.5									5.6						
1.75									6.5						
1	10	700	800	1300 x 1300	1360 x 1455	2050	1800		4.3	4500	2300	1700	650	7800	1600
1.5									6.5						
1.75									7.5						
1	11	750	800	1300 x 1400	1360 x 1555	2050	1850		4.6	4800	2300	1750	700	8100	1700
1.5									6.9						
1.75									8.1						
1	13	900 930 (HC)	900	1500 x 1400 1600 x 1350	1560 x 1555 1660 x 1505	2200 2300	1850		5.7	5100	2500	1800	750	9200	1900
1.5									8.6						
1.75									10						
2									11.5						
2.5									14.5						
					1400 x 1570 1700 x 1520	2400 2500	2100 2250		5900	3700	1800	900	11200	2300	

Perencanaan Balok Lift



Gambar 4.79. Denah Balok Lift

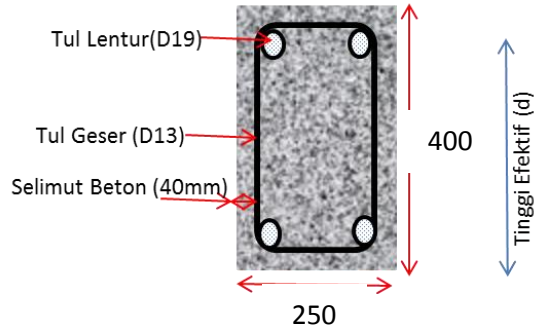
Output Gaya-Gaya Dalam Hasil Analisa SAP 2000

Table 4.44. Hasil Output Gaya-Gaya Dalam

Hasil Output SAP				
1	Momen Torsi	:	13.280	kN-m
2	Momen Tumpuan Kanan	:	20.700	kN-m
3	Momen Tumpuan Kiri	:	18.330	kN-m
4	Momen Lapangan	:	61.440	kN-m
5	Gaya Geser Tumpuan	:	59.84	kN
6	Gaya Geser Lapangan	:	52.35	kN

D. Perhitungan Penulangan Balok Struktur

5. Tinggi Efektif Balok Asumsi (d)



$$d = 400 \text{ mm} - (40 + 13 + 19/2)$$
$$= 337.5 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$
$$= 400 \text{ mm} - 337.5 \text{ mm} = 62.5 \text{ mm}$$

6. Perhitungan Tulangan Puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$
$$= 250 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$$
$$= 100000 \text{ mm}^2$$

Parimeter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$
$$= 2 \times (250 \text{ mm} + 400 \text{ mm})$$
$$= 1300 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2 \cdot t_{dekcing} - \varnothing_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{dekcing} - \varnothing_{geser})$$
$$= (250 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) \times (400 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm})$$
$$= 48199 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}P_h &= 2 \times \{(b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{dekning}} - \emptyset_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{dekning}} - \emptyset_{\text{geser}})\} \\ &= 2 \times \{(250 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) + (400 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm})\} \\ &= 928 \text{ mm}\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil out put diagram torsi yang diperoleh dari analisa SAP adalah :

Momen Puntir Ultimate

$$T_u = 13280000 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$\begin{aligned}T_n &= \frac{T_u}{\emptyset} \\ T_n &= \frac{13280000 \text{ Nmm}}{0,75} \\ T_n &= 17706667 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Periksa kebutuhan tulangan puntir

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada :

$$\begin{aligned}T_u \text{ min} &= \emptyset 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right) \\ T_u \text{ min} &= 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{25} \left(\frac{100000^2}{1300} \right) \\ T_u \text{ min} &= 2394230.8 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1.(a)

$$T_u \max = \phi 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u \max = 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{25} \left(\frac{100000^2}{1300} \right)$$

$$T_u \max = 9519230,8 \text{ Nmm}$$

SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.2.2.(a)

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:

$T_{u\min} > T_u \rightarrow$ tidak memerlukan tulangan puntir

$T_{u\min} < T_u \rightarrow$ memerlukan tulangan puntir

$T_{u\min} < T_u$

$$2394230,8 \text{ Nmm} < 13280000 \text{ Nmm}$$

$T_u > T_{u\min}$ maka Memerlukan Tulangan Puntir

Tulangan puntir untuk lentur

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \theta$$

Dengan $\frac{A_t}{s}$ dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah:

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot \theta$$

Dimana:

- Untuk beton non prategang $\theta = 45^\circ$

$$\begin{aligned} A_o &= 0,85 \times A_{Oh} \\ &= 0,85 \times 48199 \text{ mm}^2 \\ &= 41451,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\frac{At}{s} = \frac{Tn}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \theta}$$
$$\frac{At}{s} = \frac{17706667 \text{ Nmm}}{2 \times 41451.14 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \cot 45}$$
$$\frac{At}{s} = 0.86 \text{ mm}$$

Syarat:

$$\frac{At}{s} > \frac{0,175 b}{f_{yt}}$$
$$0.86 > \frac{0,175 \times 250 \text{ mm}}{400 \text{ MPa}}$$
$$0.86 > 0,11 \quad \text{(memenuhi)}$$

SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6

Maka tulangan puntir untuk lentur:

$$Al = \frac{At}{s} Ph \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \theta$$
$$Al = 0.86 \text{ mm} \times 928 \text{ mm} \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \cot^2 45$$
$$Al = 307.22 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan persyaratan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan:

$$Al = \frac{0,42 \times \sqrt{f'c} \times A_{cp}}{f_y} - \frac{At}{s} Ph \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right)$$
$$Al = \frac{0,42 \times \sqrt{25} \times 100000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}}$$
$$- 0.86 \text{ mm} \times 928 \text{ mm} \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right)$$
$$Al = -274.22 \text{ mm}^2$$

Periksa:

$Al_{\text{perlu}} \leq Al_{\text{min}}$ maka gunakan Al_{min}

$Al_{\text{perlu}} \geq Al_{\text{min}}$ maka gunakan Al_{perlu}

$$307.22 \text{ mm}^2 \leq -274.22 \text{ mm}^2$$

$Al_{\text{perlu}} \leq Al_{\text{min}}$, Maka dipakai tulangan puntir perlu sebesar 307.22 mm^2

Luasan tulangan puntir

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok

$$\frac{Al}{4} = \frac{307.22 \text{ mm}^2}{4} = 76.81 \text{ mm}$$

Pemasangan penulangan torsi pada tulangan memanjang:

Pada sisi atas = Ditambahkan pada tulangan Lentur balok bagian atas.

Pada sisi Bawah = Ditambahkan pada tulangan Lentur balok bagian bawah

Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir yaitu sebesar:

$$As = 2 \times 76.81 = 153.61 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$n = \frac{1/2 Al}{\text{Luasan } D \text{ puntir}}$$

$$n = \frac{153.61 \text{ mm}^2}{132.79 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,156 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Maka dipasang tulangan 2 D 13

7. Perhitungan Tulangan Lentur

D. Daerah Tumpuan Kanan

Garis netral dalam kondisi balance

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + Fy} \right) x d$$

$$Xb = \left(\frac{600 M}{600 + 400 Mpa} \right) x 337.5 mm$$

$$Xb = 202.5 mm$$

Garis netral maksimum

$$Xmax = 0,75 x Xb$$

$$Xmax = 0,75 x 202.5 mm$$

$$Xmax = 151.875 mm$$

Garis netral minimum

$$Xmin = d'$$

$$Xmin = 62.5 mm$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$X rencana = 85 mm$$

Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 x fc' x bx \beta 1 x Xrencana$$

$$Cc' = 0,85 x 25 Mpa x 400 x 0,85 x 85 mm$$

$$Cc' = 383828.125 N$$

Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{Fy}$$

$$Asc = \frac{383828.125 N}{400 Mpa}$$

$$Asc = 959.57 mm^2$$

Gaya momen nominal tulangan

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times F_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 959.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(337.5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 85 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 115676201.17 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$M_{u_{\text{lapangan}}} = 20700000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_{ux}}{\phi}$$

$$M_n = \frac{20700000 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 23000000 \text{ Nmm}$$

Periksa momen nominal tulangan lentur rangkap dengan persyaratan berikut :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= (23000000 - 115676201.17) \text{ Nmm}$$

$$= -92676201.17 \text{ Nmm}$$

$M_{ns} < 0$, maka tidak perlu tulangan tekan. Analisis perhitungan tulangan balok selanjutnya digunakan perhitungan tulangan tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

Seperti yang telah ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal. 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari yang dibawah ini:

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{fc'}}{fy} bw x d$$

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{25 Mpa}}{400 Mpa} x 250 mm x 337.5 mm$$

$$A_{vmin} = 263.67 mm^2$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 x bw x d}{fy}$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 x 250 mm x 337.5 mm}{400 Mpa}$$

$$A_{vmin} = 295.31 mm^2$$

Luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 Lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari yang dibawah ini :

$$\rho_b = 0,75 x \rho_b$$

$$\rho_b = 0,75 x \frac{0,85x\beta xfc'}{fy} x \left(\frac{600}{600+fy} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85x0,85x25 Mpa}{400Mpa} x \left(\frac{600}{600+400Mpa} \right)$$

$$\rho_b = 0.0271$$

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

$$\rho_{max} = 0,75 x 0.0271$$

$$\rho_{max} = 0.0203$$

$$A_{max} = \rho_{max} x bw x dy$$

$$A_{max} = 0.0203 x 250mm x 237.5 mm$$

$$A_{max} = 1205.31 mm^2$$

Perhitungan luasan perlu untuk penulangan balok adalah sebagai berikut :

Momen lapangan = 20700000 Nmm

$$Mn = \frac{Ml}{\phi}$$

$$Mn = \frac{20700000 \text{ Nmm}}{0,9} = 23000000 \text{ Nmm}$$

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

$$m = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa}} = 18.82$$

$$Rn = \frac{Mn}{bw \cdot d^2}$$

$$Rn = \frac{23000000 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \cdot (337.5 \text{ mm})^2} = 0.808$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{Fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18.82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18.82 \times 0.808}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0.0021$$

Syarat :

$$\rho \text{ min} < \rho < \rho \text{ max}$$

$$0.0035 < 0.0021 < 0.0203$$

Syarat Tidak memenuhi Maka Digunakan $\rho \text{ min}$

Luasan perlu (as perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_{perlu} = \rho \times bw \times d$$

$$A_{perlu} = 0.0035 \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$A_{perlu} = 295.31 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar, yaitu :

Luasan tulangan perlu Tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \text{At} \\ &= 295.31 \text{ mm}^2 + 153.61 \text{ mm}^2 \\ &= 448.92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas Tul.Lentur}} \\ n &= \frac{448.2 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2} \\ n &= 2.58 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ \text{As pasang} &= 4 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ \text{As pasang} &= 1134.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol : As pasang} &> \text{As perlu} \\ 1134.57 \text{ mm}^2 &> 448.92 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu Tekan

$$\begin{aligned} \text{As' perlu} &= 1/2\text{As} + \text{At} \\ \text{As' perlu} &= 283.64 \text{ mm}^2 + 153.61 \text{ mm}^2 \\ \text{As' perlu} &= 437.25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{\text{As' perlu}}{\text{Luas Tul.Lentur}}$$

$$n = \frac{437.25 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2}$$

$$n = 1.54 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$As' \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur}$$

$$As' \text{ pasang} = 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2$$

$$As' \text{ pasang} = 850.93 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$As' \text{ pasang} > As' \text{ perlu}$$

$$850.93 \text{ mm}^2 > 283.64 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Jarak tulangan tarik:

$$S = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{250 \text{ mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 13\text{mm} - 4 \times 19\text{mm}}{4 - 1}$$

$$S = 43.5 \text{ mm}$$

Kontrol: $S_{maks} \geq S_{syarat}$

$$43.5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Jarak tulangan tekan

$$S = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{250 \text{ mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 13\text{mm} - 3 \times 19\text{mm}}{3 - 1}$$

$$S = 43.5 \text{ mm}$$

Cek persyaratan SRPMK untuk kekuatan lentur pada balok. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.5.2.2)

3. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari 1/2 kekuatan momen negatif.
4. Kekuatan momen negative pada daerah lapangan harus tidak kurang dari 1/4 kekuatan momen negatif.

Maka berdasarkan peraturan perlu dilakukan control pada tulangan yang dipasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 4 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1134.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 850.93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol momen:

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/2 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$\text{Luas Tulangan Tekan} \geq 1/2 \text{ Luas Tul. Tarik}$$

$$850.93 \text{ mm}^2 \geq 1/2 \ 1134.57 \text{ mm}^2$$

$$850.93 \text{ mm}^2 \geq 567.29 \text{ mm}^2 (\text{memenuhi})$$

Kontrol Kemampuan Penampang:

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 4 \text{ D19} = 1134.57 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} = 3 \text{ D19} = 850.93 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tulangan tarik} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = \frac{1134.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 85.43 \text{ mm}$$

$$Mn \text{ Pasang} = A_s \text{ tul. Tarik} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn \text{ Pasang} = 1134.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(337.5 \text{ mm} - \frac{85.43 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 133782637.23 \text{ Nmm}$$

$$Mn \text{ perlu} = Mn = 20700000 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$Mn \text{ pasang} > Mn \text{ perlu}$$

$$133782637.23 \text{ Nmm} > 20700000 \text{ Nmm}$$

(Syarat memenuhi)

Mn Tulangan Tekan Terpasang

$$a = \frac{A_s \text{ tulangan tekan} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = \frac{850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 64.07 \text{ mm}$$

$$Mn \text{ Pasang} = A_s \text{ tul. Tekan} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn \text{ Pasang} = 850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(337.5 \text{ mm} - \frac{64.07 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 103971572.73 \text{ Nmm}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok B24A (25/40) untuk daerah Tumpuan Kanan:

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis :
 - Lapis 1 = 3 D19
 - Lapis 2 = 1 D19
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
 - Lapis 1 = 3 D19

E. Daerah Tumpuan Kiri

Garis netral dalam kondisi balance

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + Fy} \right) x d$$

$$Xb = \left(\frac{600 M}{600 + 400 Mpa} \right) x 337.5 mm$$

$$Xb = 202.5 mm$$

Garis netral maksimum

$$Xmax = 0,75 x Xb$$

$$Xmax = 0,75 x 202.5 mm$$

$$Xmax = 151.875 mm$$

Garis netral minimum

$$Xmin = d'$$

$$Xmin = 62.5 mm$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$Xrencana = 85 mm$$

Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 x fc' x bx \beta 1 x Xrencana$$

$$Cc' = 0,85 x 25 Mpa x 400 x 0,85 x 85 mm$$

$$Cc' = 383828.125 N$$

Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{Fy}$$

$$Asc = \frac{383828.125 N}{400 Mpa}$$

$$Asc = 959.57 mm^2$$

Gaya momen nominal tulangan

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$M_{nc} = A_{sc} \times F_y \times \left(d - \frac{\beta_1 \times X_r}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 959.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(337.5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 85 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$M_{nc} = 115676201.17 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$M_u = 18330000 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u \times \phi}{\phi}$$

$$M_n = \frac{18330000 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$M_n = 20366666.67 \text{ Nmm}$$

Periksa momen nominal tulangan lentur rangkap dengan persyaratan berikut :

$M_{ns} > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$M_{ns} \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$M_{ns} = M_n - M_{nc}$$

$$= (20366666.67 - 115676201.17) \text{ Nmm}$$

$$= -95309534.51 \text{ Nmm}$$

$M_{ns} > 0$, maka perlu tulangan tekan. Analisis perhitungan tulangan balok selanjutnya digunakan perhitungan tulangan rangkap

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

Seperti yang telah ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal. 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari yang dibawah ini:

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{fc'}}{fy} bw x d$$

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{25 Mpa}}{400 Mpa} x 250 mm x 337.5 mm$$

$$A_{vmin} = 263.67 mm^2$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 x bw x d}{fy}$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 x 250 mm x 337.5 mm}{400 Mpa}$$

$$A_{vmin} = 295.31 mm^2$$

Luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 Lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari yang dibawah ini :

$$\rho_b = 0,75 x \rho_b$$

$$\rho_b = 0,75 x \frac{0,85x\beta xfc'}{fy} x \left(\frac{600}{600+fy} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85x0,85x25 Mpa}{400Mpa} x \left(\frac{600}{600+400Mpa} \right)$$

$$\rho_b = 0.0271$$

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

$$\rho_{max} = 0,75 x 0.0271$$

$$\rho_{max} = 0.0203$$

$$A_{max} = \rho_{max} x bw x dy$$

$$A_{max} = 0.0203 x 250mm x 237.5 mm$$

$$A_{max} = 1205.31 mm^2$$

Perhitungan luasan perlu untuk penulangan balok adalah sebagai berikut :

Momen lapangan = 18330000 Nmm

$$Mn = \frac{Ml}{\phi}$$

$$Mn = \frac{18330000 \text{ Nmm}}{0,9} = 20366666.67 \text{ Nmm}$$

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

$$m = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa}} = 18.82$$

$$Rn = \frac{Mn}{bw \cdot d^2}$$

$$Rn = \frac{20366666.67 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \cdot (337.5 \text{ mm})^2} = 0.715$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{Fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18.82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18.82 \times 0.715}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0.0018$$

Syarat :

$$\rho \text{ min} < \rho < \rho \text{ max}$$

$$0.0035 < 0.0018 < 0.0203$$

Syarat Tidak memenuhi Maka Digunakan $\rho \text{ min}$

Luasan perlu (as perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_{perlu} = \rho \times bw \times d$$

$$A_{perlu} = 0.0035 \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$A_{perlu} = 295.31 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar, yaitu :

Luasan tulangan perlu Tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \text{At} \\ &= 295.31 \text{ mm}^2 + 153.61 \text{ mm}^2 \\ &= 448.92 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas Tul.Lentur}} \\ n &= \frac{448.2 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2} \\ n &= 2.58 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luas} \text{ D lentur} \\ \text{As pasang} &= 4 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ \text{As pasang} &= 1134.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kontrol : As pasang} &> \text{As perlu} \\ 1134.57 \text{ mm}^2 &> 448.92 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu Tekan

$$\begin{aligned} \text{As' perlu} &= 1/2\text{As} + \text{At} \\ \text{As' perlu} &= 283.64 \text{ mm}^2 + 153.61 \text{ mm}^2 \\ \text{As' perlu} &= 437.25 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{\text{As' perlu}}{\text{Luas Tul.Lentur}}$$

$$n = \frac{437.25 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2}$$

$$n = 1.54 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$As' \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur}$$

$$As' \text{ pasang} = 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2$$

$$As' \text{ pasang} = 850.93 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$As' \text{ pasang} > As' \text{ perlu}$$

$$850.93 \text{ mm}^2 > 283.64 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Jarak tulangan tarik:

$$S = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{250 \text{ mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 13\text{mm} - 4 \times 19\text{mm}}{4 - 1}$$

$$S = 43.5 \text{ mm}$$

Kontrol: $S_{maks} \geq S_{syarat}$

$$43.5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Jarak tulangan tekan

$$S = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{250 \text{ mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 13\text{mm} - 3 \times 19\text{mm}}{3 - 1}$$

$$S = 43.5 \text{ mm}$$

Cek persyaratan SRPMK untuk kekuatan lentur pada balok. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.5.2.2)

1. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari 1/2 kekuatan momen negatif.
2. Kekuatan momen negative pada daerah lapangan harus tidak kurang dari 1/4 kekuatan momen negatif.

Maka berdasarkan peraturan perlu dilakukan control pada tulangan yang dipasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 4 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1134.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 850.93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol momen:

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/2 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$\text{Luas Tulangan Tekan} \geq 1/2 \text{ Luas Tul. Tarik}$$

$$850.93 \text{ mm}^2 \geq 1/2 \ 1134.57 \text{ mm}^2$$

$$850.93 \text{ mm}^2 \geq 567.29 \text{ mm}^2 \text{(memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang:

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 4 \text{ D19} = 1134.57 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} = 3 \text{ D19} = 850.93 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tulangan tarik} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = \frac{1134.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 85.43 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Pasang} = \text{As tul. Tarik} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ Pasang} &= 1134.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \\ &\quad \left(337.5 \text{ mm} - \frac{85.43 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 133782637.23 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

$$M_n \text{ perlu} = M_n = 115676201.17 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$$

$$133782637.23 \text{ Nmm} > 115676201.17 \text{ Nmm}$$

(Syarat memenuhi)

Mn Tulangan Tekan Terpasang

$$a = \frac{A_s \text{ tulangan tekan} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = \frac{850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 64.07 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Pasang} = A_s \text{ tul. Tekan} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ Pasang} &= 850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \\ &\quad \left(337.5 \text{ mm} - \frac{64.07 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 103971572.73 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok B24A (25/40) untuk daerah Tumpuan Kanan:

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis :
 - Lapis 1 = 3 D19
 - Lapis 2 = 1 D19
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
 - Lapis 1 = 3 D19

F. Daerah Lapangan

Garis netral dalam kondisi balance

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + Fy} \right) x d$$

$$Xb = \left(\frac{600 M}{600 + 400 Mpa} \right) x 337.5 mm$$

$$Xb = 202.5 mm$$

Garis netral maksimum

$$Xmax = 0,75 x Xb$$

$$Xmax = 0,75 x 202.5 mm$$

$$Xmax = 151.875 mm$$

Garis netral minimum

$$Xmin = d'$$

$$Xmin = 62.5 mm$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$Xrencana = 85 mm$$

Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 x fc' x bx \beta 1 x Xrencana$$

$$Cc' = 0,85 x 25 Mpa x 400 x 0,85 x 85 mm$$

$$Cc' = 383828.125 N$$

Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{Fy}$$

$$Asc = \frac{383828.125 N}{400 Mpa}$$

$$Asc = 959.57 mm^2$$

Gaya momen nominal tulangan

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$Mnc = Asc \times Fy \times \left(d - \frac{\beta 1 \times Xr}{2} \right)$$

$$Mnc = 959.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(337.5 \text{ mm} - \frac{0,85 \times 85 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mnc = 115676201.17 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$Mu_{\text{lapangan}} = 61440000 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mux}{\phi}$$

$$Mn = \frac{61440000 \text{ Nmm}}{0,9}$$

$$Mn = 68266666.67 \text{ Nmm}$$

Periksa momen nominal tulangan lentur rangkap dengan persyaratan berikut :

$Mns > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= (68266666.67 - 115676201.17) \text{ Nmm}$$

$$= -47409534.51 \text{ Nmm}$$

$Mns < 0$, maka tidak perlu tulangan tekan. Analisis perhitungan tulangan balok selanjutnya digunakan perhitungan tulangan tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

Seperti yang telah ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal. 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari yang dibawah ini:

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{fc'}}{fy} bw x d$$

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{25 Mpa}}{400 Mpa} x 250 mm x 337.5 mm$$

$$A_{vmin} = 263.67 mm^2$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 x bw x d}{fy}$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 x 250 mm x 337.5 mm}{400 Mpa}$$

$$A_{vmin} = 295.31 mm^2$$

Luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 Lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari yang dibawah ini :

$$\rho_b = 0,75 x \rho_b$$

$$\rho_b = 0,75 x \frac{0,85x\beta xfc'}{fy} x \left(\frac{600}{600+fy} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85x0,85x25 Mpa}{400Mpa} x \left(\frac{600}{600+400Mpa} \right)$$

$$\rho_b = 0.0271$$

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

$$\rho_{max} = 0,75 x 0.0271$$

$$\rho_{max} = 0.0203$$

$$A_{max} = \rho_{max} x bw x dy$$

$$A_{max} = 0.0203 x 250mm x 337.5 mm$$

$$A_{max} = 1205.31 mm^2$$

Perhitungan luasan perlu untuk penulangan balok adalah sebagai berikut :

Momen lapangan = 61440000 Nmm

$$Mn = \frac{Ml}{\phi}$$

$$Mn = \frac{61440000 \text{ Nmm}}{0,9} = 68266666.67 \text{ Nmm}$$

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

$$m = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa}} = 18.82$$

$$Rn = \frac{Mn}{bw \cdot d^2}$$

$$Rn = \frac{68266666.67 \text{ Nmm}}{250 \text{ mm} \cdot (337.5 \text{ mm})^2} = 2.397$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{Fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18.82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18.82 \times 2.397}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0.0064$$

Luasan perlu (as perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_{perlu} = \rho \times bw \times d$$

$$A_{perlu} = 0.0064 \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$A_{perlu} = 537.96 \text{ mm}^2$$

Kontrol : $A_{vmin} < A_{perlu} < A_{max}$

$$263.67 \text{ mm}^2 < 537.96 \text{ mm}^2 < 1205.31 \text{ mm}^2$$

(Syarat memenuhi)

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar, yaitu :

Luasan tulangan perlu Tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \text{At} \\ &= 537.96 \text{ mm}^2 + 153.61 \text{ mm}^2 \\ &= 691.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas Tul.Lentur}} \\ n &= \frac{691.57 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2} \\ n &= 2.438 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ \text{As pasang} &= 4 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ \text{As pasang} &= 1134.57 \text{ mm}^2 \\ \text{Kontrol : As pasang} &> \text{As perlu} \\ 1134.57 \text{ mm}^2 &> 826.26 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu Tekan

$$\begin{aligned} \text{As' perlu} &= 1/2\text{As} + \text{At} \\ \text{As' perlu} &= 283.64 \text{ mm}^2 + 254.01 \text{ mm}^2 \\ \text{As' perlu} &= 537.65 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} n &= \frac{\text{As' perlu}}{\text{Luas Tul.Lentur}} \\ n &= \frac{537.65 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2} \\ n &= 2.90 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah} \end{aligned}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

As' pasang = n pasang x luasan D lentur

$$As' \text{ pasang} = 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2$$

$$As' \text{ pasang} = 850.93 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

As' pasang > As' perlu

$$850.93 \text{ mm}^2 > 608.57 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol S tulangan tarik:

$$S = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{250 \text{ mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 13\text{mm} - 3 \times 19\text{mm}}{3 - 1}$$

$$S = 43.5 \text{ mm}$$

Kontrol: Smaks \geq Ssyarat

$$43.5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol S tulangan tekan

$$S = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$S = \frac{250 \text{ mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 13\text{mm} - 3 \times 19\text{mm}}{3 - 1}$$

$$S = 43.5 \text{ mm}$$

Kontrol: Smaks \geq Ssyarat agregat

$$43.5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Cek persyaratan SRPMK untuk kekuatan lentur pada balok. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.5.2.2)

1. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari 1/2 kekuatan momen negatif.

2. Kekuatan momen negative pada daerah lapangan harus tidak kurang dari 1/4 kekuatan momen negatif.

Maka berdasarkan peraturan perlu dilakukan control pada tulangan yang dipasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 4 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1134,57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 850,93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol momen:

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/2 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$\text{Luas Tulangan Tekan} \geq 1/2 \text{ Luas Tul. Tarik}$$

$$850,93 \text{ mm}^2 \geq 1/4 \times 1134,57 \text{ mm}^2$$

$$850,93 \text{ mm}^2 \geq 283,64 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang:

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 4 \text{ D19} = 1134,57 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} = 3 \text{ D19} = 850,93 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tulangan tarik} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = \frac{1134,57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 85,43 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Pasang} = \text{As tul. Tarik} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$M_n \text{ Pasang} = 1134,57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times$$

$$\left(337,5 \text{ mm} - \frac{85,43 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$= 133782637,23 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ perlu} = M_n = \text{Nmm}$$

Kontrol:

Mn pasang > Mn perlu

133782637.23 Nmm > 68266666.67 Nmm

(Syarat memenuhi)

Mn Tulangan Tekan Terpasang

$$a = \frac{As \text{ tulangan tekan} \times fy}{0,85 f'c' b}$$

$$a = \frac{850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 250 \text{ mm}}$$

$$a = 64.07 \text{ mm}$$

$$Mn \text{ Pasang} = As \text{ tul. Tekan} \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\begin{aligned} Mn \text{ Pasang} &= 850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \\ &\quad \left(337.5 \text{ mm} - \frac{64.07 \text{ mm}}{2}\right) \\ &= 103971572.73 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok B24A (25/40) untuk daerah Lapangan:

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis :

Lapis 1 = 3 D19

Lapis 2 = 1 D19

- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Lapis 1 = 3 D19

8. Perhitungan Tulangan Geser

Chek Semua Kondisi Sebelum Melakukan Perhitungan Tulangan Geser

1. Kondisi 1

Tegangan Geser Beton (V_c)

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} bw d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{25} \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$= 70.3 \text{ kN}$$

Kontrol Syarat :

$$V_u \leq 0.5 \times \phi \times V_c$$

$$59.84 \leq 0.5 \times 0.75 \times 70.3 \text{ kN}$$

$$59.84 \leq 26.367 \text{ kN (Tidak Memenuhi)}$$

Maka, pada kondisi 1 membutuhkan tulangan sengkang

2. Kondisi 2

Kontrol Syarat :

$$0.5 \times \phi \times V_c \leq V_u \leq \phi V_c$$

$$0.5 \times 0.75 \times 70.3 \leq 59.84 \leq 0.75 \times 70.3$$

$$26.4 \leq 59.84 \leq 52.7 \text{ (Tidak Memenuhi)}$$

Maka pada kondisi 2 membutuhkan tulangan sengkang

3. Kondisi 3

$$V_s \text{ min} = 1/3 \times bw \times d$$

$$= 1/3 \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$= 28.1 \text{ mm}^2$$

Kontrol Syarat :

$$\phi V_c \leq V_u \leq \phi (V_c + V_s\text{-min})$$

$$0.75 \times 70.3 \leq 59.84 \leq 0.75 (70.3 + 28.1)$$

$$52.7 \leq 59.84 \leq 73.8 \text{ kN (Tidak Memenuhi)}$$

Maka pada kondisi 3 membutuhkan tulangan geser

4. Kondisi 4

Kontrol Syarat :

$$\phi (V_c + V_{s-\min}) \leq V_u \leq \phi (V_c + 1/3 \sqrt{f_c'} b d)$$

$$0.75 \times (70.3 + 28.1) \leq 59.84 \leq 0.75 \times (70.3 + 1/3 \sqrt{25} \cdot 250 \cdot 337.5)$$

$$73.83 \leq 59.84 \leq 158.2 \text{ (memenuhi)}$$

Maka pada kondisi 4 tidak membutuhkan tulangan geser

5. Kondisi 5

$$V_c = 2/3 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d$$

$$= 2/3 \times \sqrt{25} \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$= 281 \text{ kN}$$

Kontrol Syarat :

$$\phi (V_c + 1/3 \times \sqrt{25} \times b \times d) \leq V_u \leq \phi (V_c + 2/3 \sqrt{25} \times b \times d)$$

$$158.2 \leq 59.84 \leq 263.67 \text{ (memenuhi)}$$

Maka pada kondisi 5 tidak membutuhkan tulangan geser

6. Kondisi 6

Kontrol Syarat:

$$V_u \leq \phi (V_c + 2/3 \sqrt{f_c'} \times b \times d)$$

$$59.84 \text{ kN} \leq 70.3 + 2/3 \sqrt{25} \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$59.84 \text{ kN} \leq 263.67 \text{ kN (memenuhi)}$$

Maka pada kondisi 6 tidak membutuhkan tulangan geser

Tulangan Geser Lapangan

$$V_{s-\min} = 1/3 \times b \times d$$

$$= 1/3 \times 250 \text{ mm} \times 337.5 \text{ mm}$$

$$= 28.1 \text{ kN}$$

Diameter Tul Sengkang (D) : 13 mm
 Luas Tulangan (A_v) : 133 mm²
 Digunakan sengkang 2 kaki Diameter 13 Jarak = 150 mm
 Maka :

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

$$= \frac{133 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ mpa} \times 337.5 \text{ mm}}{150 \text{ mm}}$$

$$= 119 \text{ mm}$$

Kontrol :

3. $V_s > V_{s\text{-min}}$
 119 mm > 28.1 kN (Syarat Memenuhi)
4. $S < d/2$
 150 mm < 169 (Syarat Memenuhi)
 Maka spasi tulangan pakai = 150 mm
2 kaki D13-150

Tulangan Geser Tumpuan

$$V_u = 59.84 \text{ kN}$$

$$V_1 = 26.4 \text{ kN}$$

$$\phi = 0.75$$

$$D_{ia} = 13 \text{ mm}$$

$$A_v = 133 \text{ mm}^2$$

$$V_{s\text{-perlu}} = \frac{V_u - \phi V_c}{\phi}$$

$$= \frac{59.84 - 0.75 \times 26.4}{0.75}$$

$$= 53.4 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{Av \times fy \times d}{Vs-perlu} \\ &= \frac{133\text{mm}^2 \times 400 \text{ mpa} \times 337.5 \text{ mm}}{53.4 \text{ kN}} \\ &= 335 \text{ mm} \end{aligned}$$

S pakai = 125 mm

Kontrol:

SNI 2847:2013 Pasal 11.4.5 Spasi Maksimum $d/2$ atau
600 mm

Maka : $d/2 = 169 \text{ mm}$

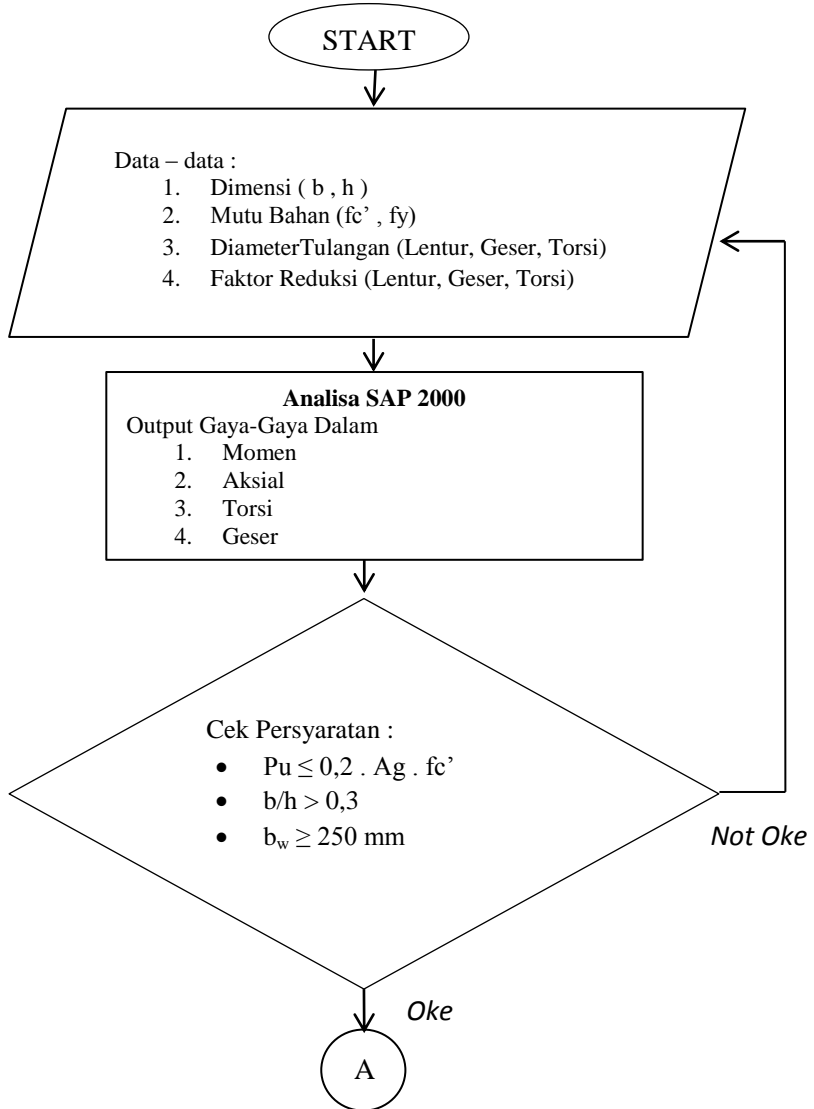
Maka Spasi Tulangan Pakai = 125 mm

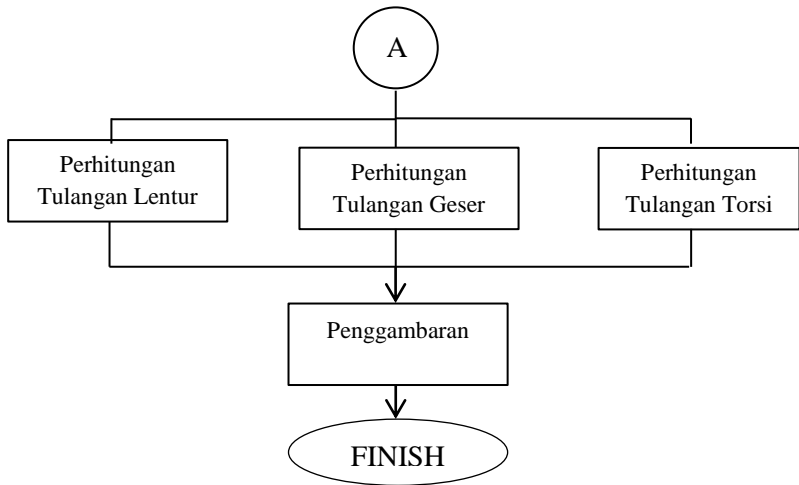
2 Kaki D13-125

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

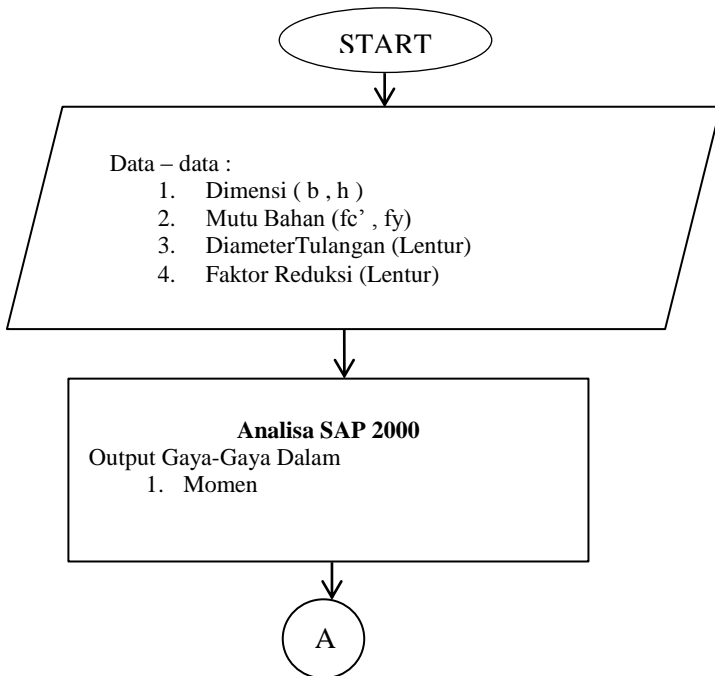
4.6. Perhitungan Elemen Struktur Utama

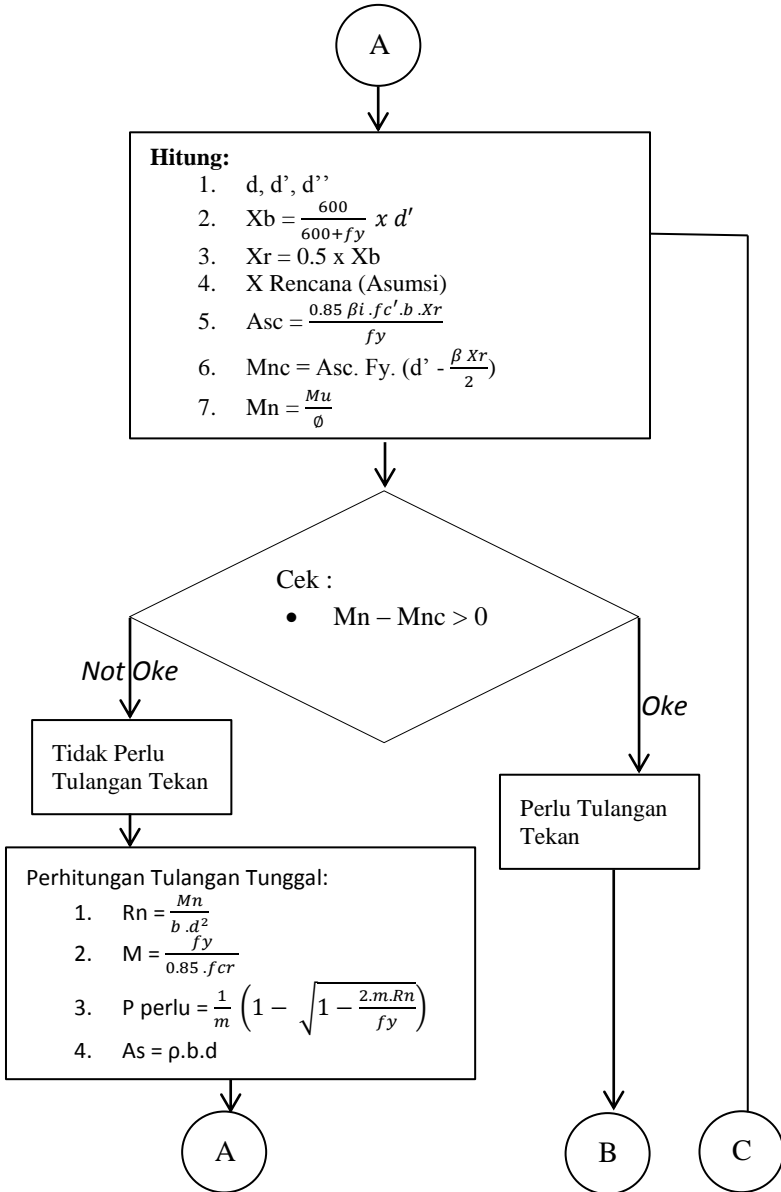
4.6.1. Perhitungan Struktur Balok SRPMK

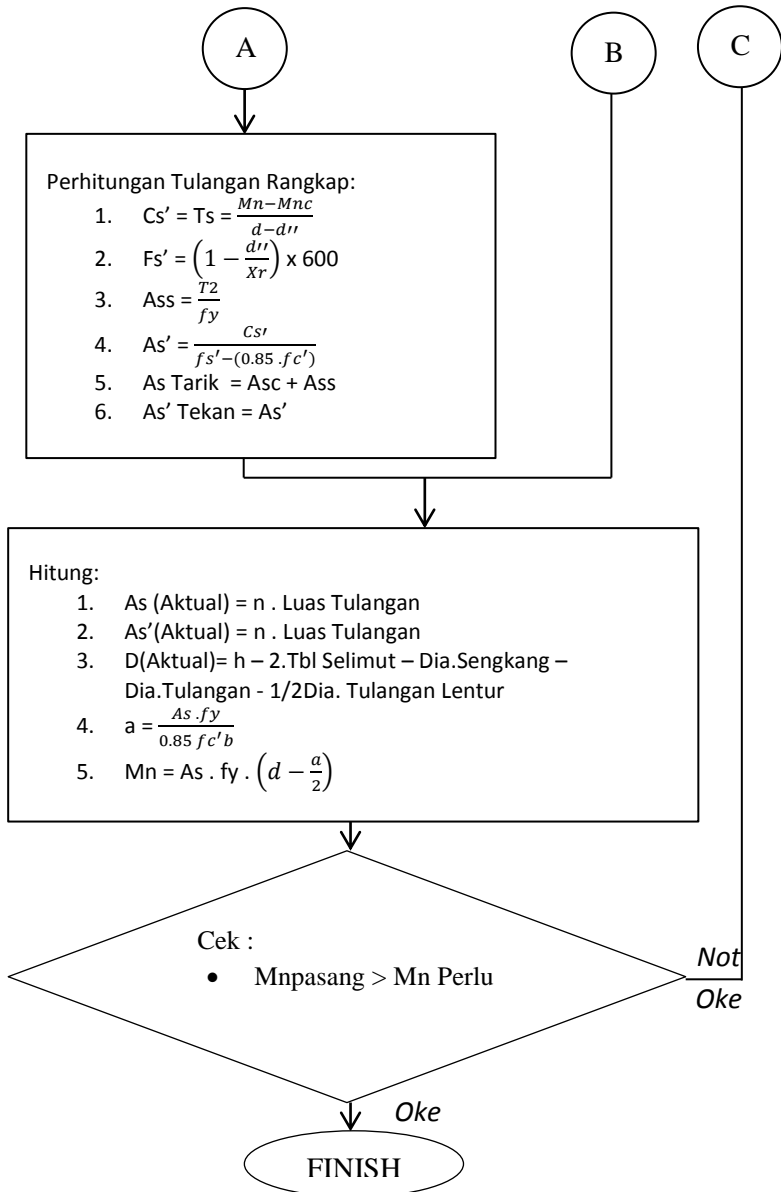




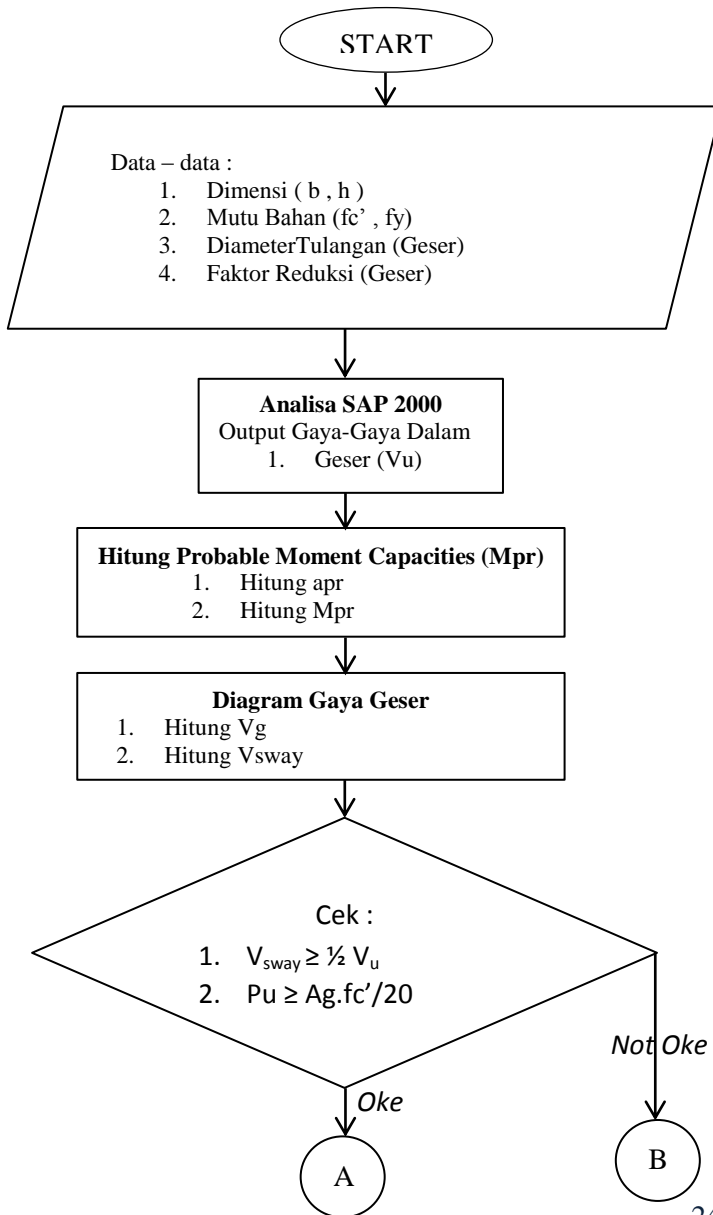
Gambar 4.80. Flowcart Perhitungan Penulangan Struktur Balok

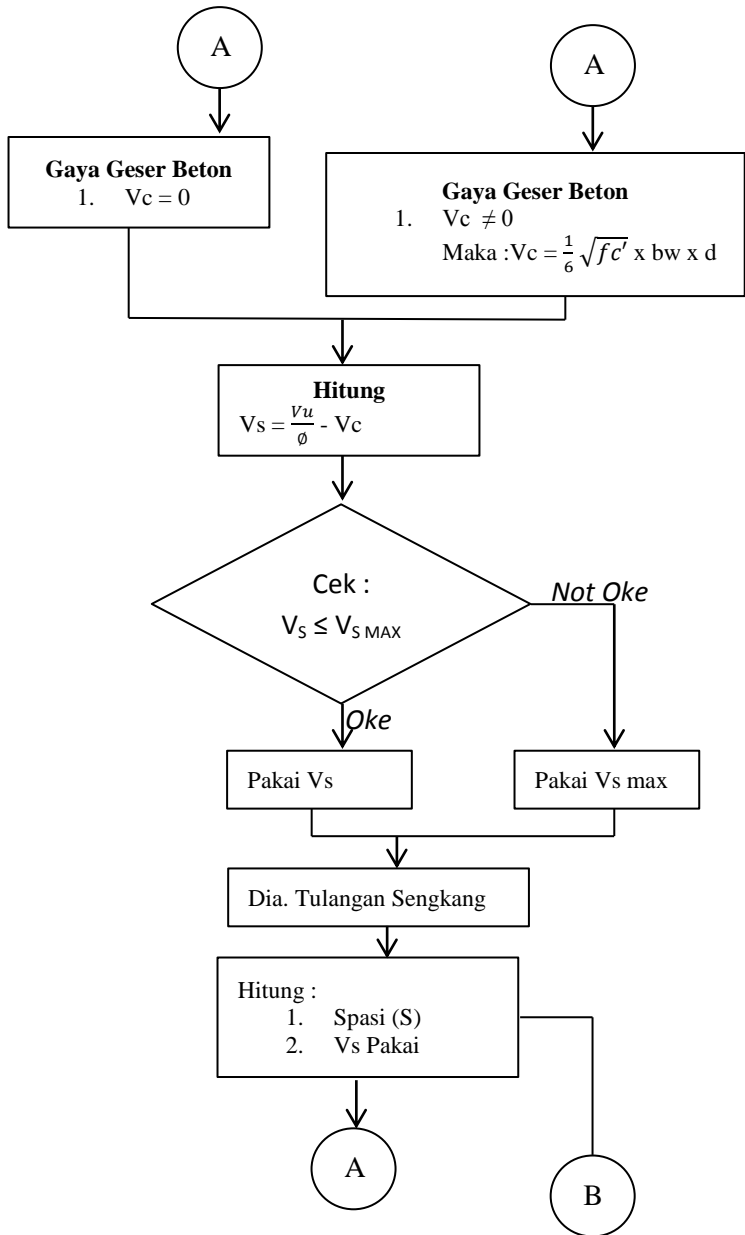


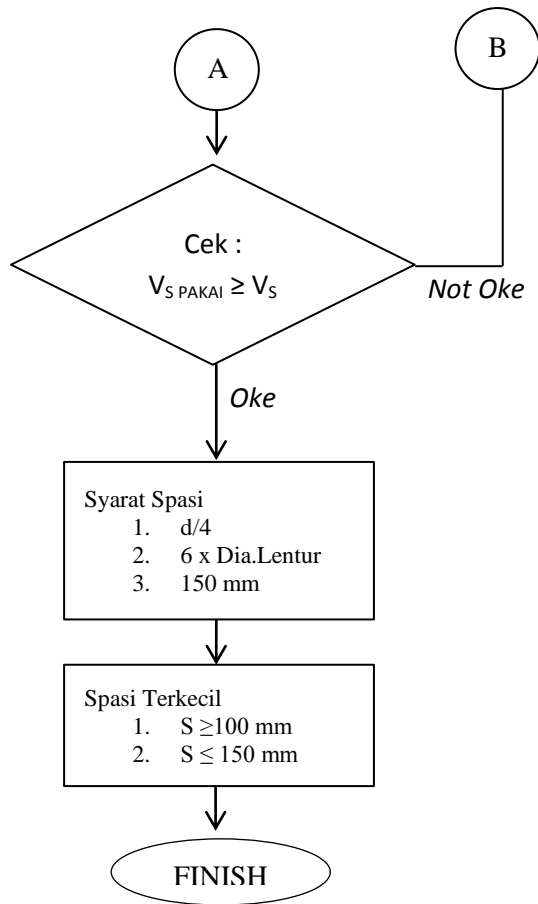




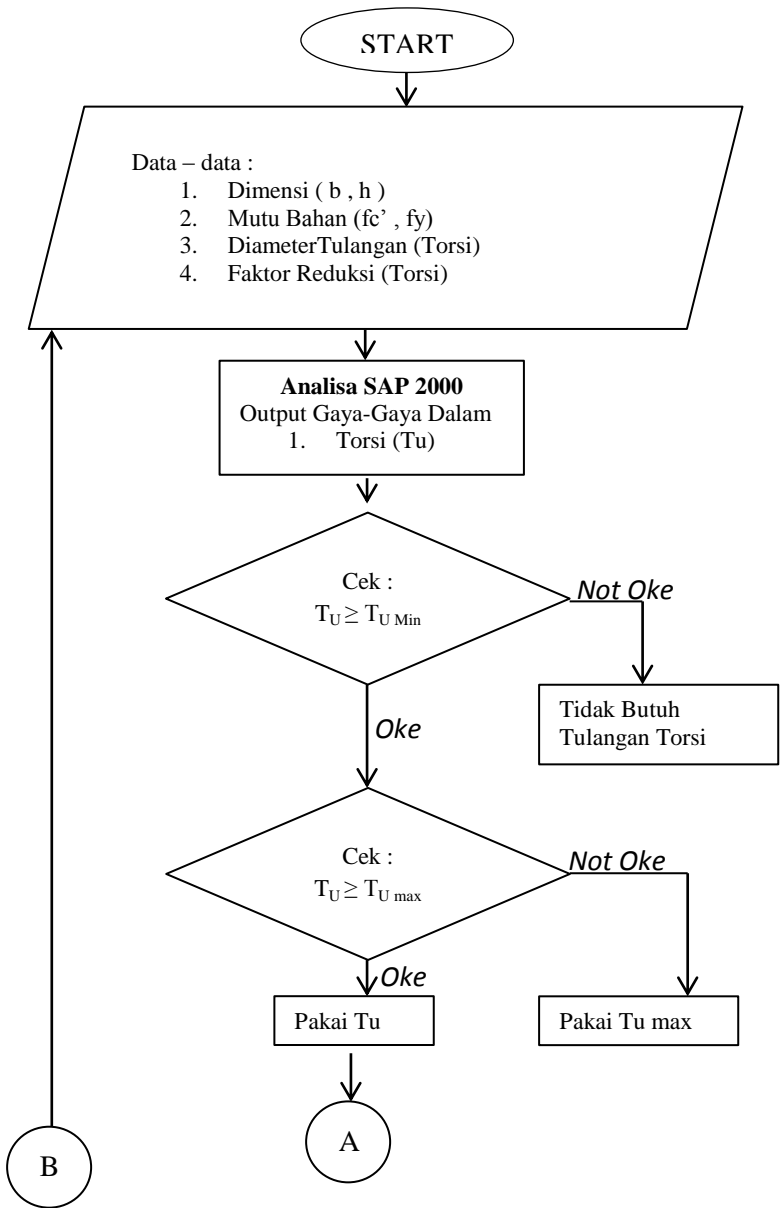
Gambar 4.81. Flowchart Perhitungan Tulangan Lentur Balok

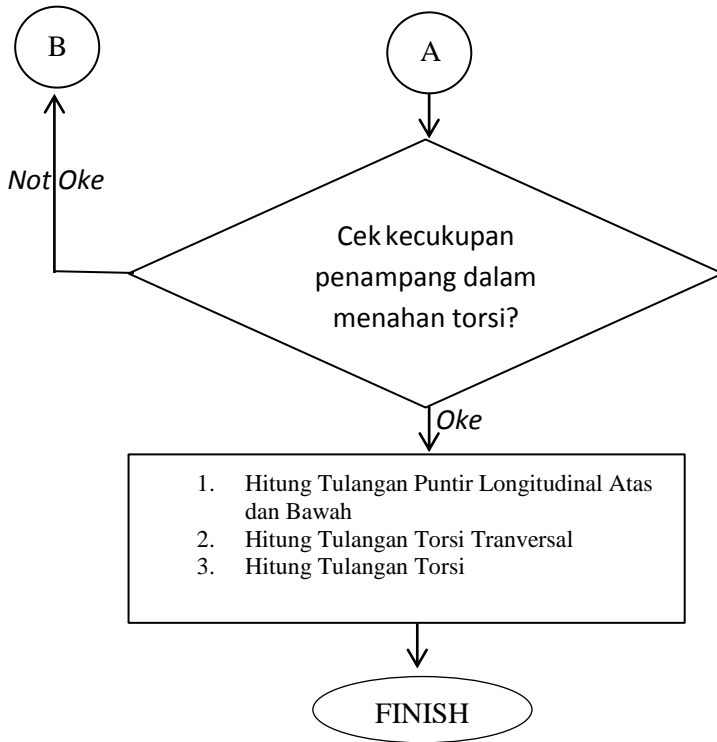






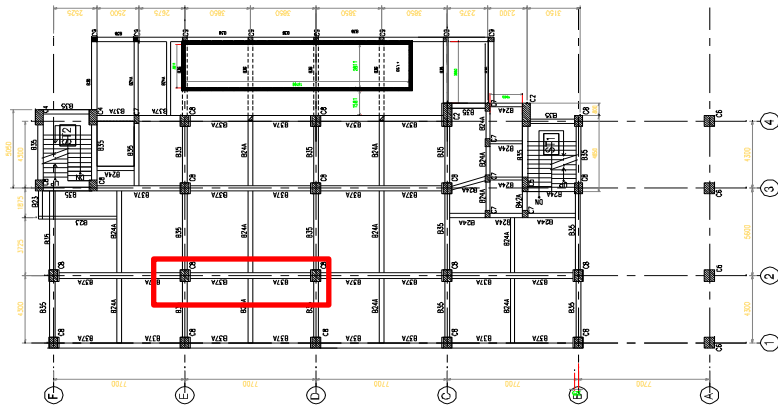
Gambar 4.82. Flowchart Perhitungan Tulangan Geser Balok





Gambar 4.83. Flowchart Perhitungan Tulangan Torsi Balok

Data desain balok utama type B46 As 2 D-E Lt 1

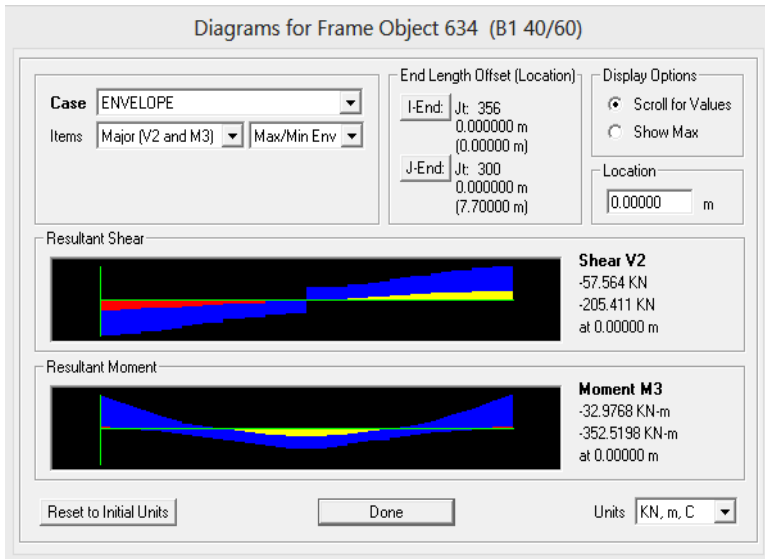


Gambar 4.84. Denah Struktur LT 1

A. Desain Komponen Lentur SRPMK

Dimensi	: b	= 400 mm
	h	= 600 mm
Bentang Balok	: L	= 7700 mm
Mutu Beton (f_c')		= 25 Mpa
Mutu Baja Tulangan (f_y)		= 400 Mpa
Dia. Tulangan Utama (D)		= 19 mm
Dia. Tulangan Geser (D)		= 13 mm
Diameter tulangan puntir (D)		= 13 mm
Jarak spasi tulangan		= 25 mm
Tebal selimut beton (t decking)		= 40 mm
Faktor β_1		= 0,85
Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ)		= 0,9
Faktor reduksi kekuatan geser (ϕ)		= 0,75
Faktor reduksi kekuatan puntir (ϕ)		= 0,75

B. Output Gaya-Gaya Dalam SAP 2000



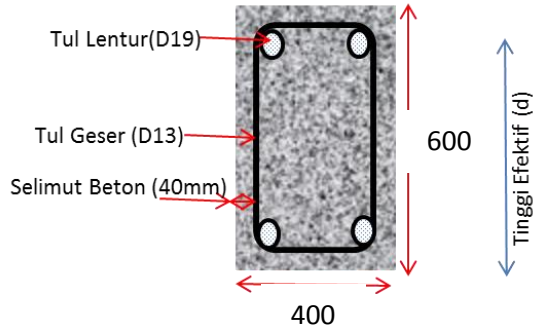
Gambar 4.85. Diagram Gaya Dalam Output SAP 2000

Table 4.45. Tabel Output Gaya –Gaya Dalam

Hasil Output SAP				
1	Momen Torsi	:	31.186	kN-m
2	Momen Tumpuan Kanan	:	364.503	kN-m
3	Momen Tumpuan Kiri	:	352.520	kN-m
4	Momen Lapangan	:	211.660	kN-m
5	Gaya Geser Tumpuan	:	208.89	kN
6	Gaya Geser Lapangan	:	172.414	kN

C. Perhitungan Penulangan Balok Struktur

1. Tinggi Efektif Balok Asumsi (d)



$$d = 600 \text{ mm} - (40 + 13 + 19/2)$$
$$= 537.5 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$
$$= 600 \text{ mm} - 537.5 \text{ mm} = 62.5 \text{ mm}$$

2. Perhitungan Tulangan Puntir

Luasan yang dibatasi oleh keliling luar irisan penampang beton

$$A_{cp} = b_{balok} \times h_{balok}$$
$$= 400 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$$
$$= 240000 \text{ mm}^2$$

Parimeter luar irisan penampang beton A_{cp}

$$P_{cp} = 2 \times (b_{balok} + h_{balok})$$
$$= 2 \times (400 \text{ mm} + 600 \text{ mm})$$
$$= 2000 \text{ mm}$$

Luas penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$A_{oh} = (b_{balok} - 2 \cdot t_{dekcing} - \varnothing_{geser}) \times (h_{balok} - 2 \cdot t_{dekcing} - \varnothing_{geser})$$
$$= (400 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) \times (600 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm})$$
$$= 155649 \text{ mm}^2$$

Keliling penampang dibatasi as tulangan sengkang

$$\begin{aligned}
 P_h &= 2 \times \{(b_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{deking}} - \emptyset_{\text{geser}}) + (h_{\text{balok}} - 2 \cdot t_{\text{deking}} - \emptyset_{\text{geser}})\} \\
 &= 2 \times \{(400 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm}) + (600 \text{ mm} - 2 \cdot 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm})\} \\
 &= 1628 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil out put diagram torsi yang diperoleh dari analisa SAP adalah :

Momen Puntir Ultimate

$$Tu = 31186248 \text{ Nmm}$$

Momen Puntir Nominal

$$\begin{aligned}
 T_n &= \frac{Tu}{\emptyset} \\
 T_n &= \frac{31186248 \text{ Nmm}}{0,75} \\
 T_n &= 41581664 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Periksa kebutuhan tulangan puntir

Pengaruh puntir dapat diabaikan bila momen puntir terfaktor T_u besarnya kurang daripada :

$$T_u \text{ min} = \emptyset 0,083 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u \text{ min} = 0,75 \times 0,083 \times 1 \times \sqrt{25} \left(\frac{240000^2}{2000} \right)$$

$$T_u \text{ min} = 8964000 \text{ Nmm}$$

SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1.(a)

$$T_u \text{ max} = \emptyset 0,33 \lambda \sqrt{f'c'} \left(\frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$T_u \text{ max} = 0,75 \times 0,33 \times 1 \times \sqrt{25} \left(\frac{240000^2}{2000} \right)$$

$$T_u \text{ max} = 356400000 \text{ Nmm}$$

SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.2.2.(a)

Periksa persyaratan pengaruh momen puntir:

$T_{min} > T_u \rightarrow$ tidak memerlukan tulangan puntir

$T_{min} < T_u \rightarrow$ memerlukan tulangan puntir

$T_{min} < T_u$

8964000 Nmm < 31186248 Nmm

$T_u > T_{u_{min}}$ maka Memerlukan Tulangan Puntir

Tulangan puntir untuk lentur

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7 direncanakan berdasarkan persamaan berikut:

$$A_l = \frac{A_t}{s} P_h \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \theta$$

Dengan $\frac{A_t}{s}$ dihitung sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6 berasal dari persamaan di bawah:

$$T_n = \frac{2 \times A_o \times A_t \times F_{yt}}{s} \cot \theta$$

Dimana:

- Untuk beton non prategang $\theta = 45^\circ$

$$\begin{aligned} A_o &= 0,85 \times A_{Oh} \\ &= 0,85 \times 155649 \text{ mm}^2 \\ &= 133858.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_n}{2 \times A_o \times F_{yt} \times \cot \theta} \\ \frac{A_t}{s} &= \frac{41581664 \text{ Nmm}}{2 \times 133858.14 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \cot 45} \\ \frac{A_t}{s} &= 0.63 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat:

$$\frac{At}{s} > \frac{0,175 b}{f_{yt}}$$
$$0,63 > \frac{0,175 \times 400 \text{ mm}}{400 \text{ MPa}}$$
$$0,63 > 0,18 \quad \text{(memenuhi)}$$

SNI 03-2847-2013 pasal 11.5.3.6

Maka tulangan puntir untuk lentur:

$$Al = \frac{At}{s} Ph \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right) \cot^2 \theta$$
$$Al = 0,63 \text{ mm} \times 1628 \text{ mm} \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \cot^2 45$$
$$Al = 391,93 \text{ mm}^2$$

Sesuai dengan persyaratan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.5.3 tulangan torsi longitudinal minimum harus dihitung dengan ketentuan:

$$Al = \frac{0,42 \times \sqrt{f'c'} \times A_{cp}}{f_y} - \frac{At}{s} Ph \left(\frac{F_{yt}}{F_y} \right)$$
$$Al = \frac{0,42 \times \sqrt{25} \times 240000 \text{ mm}^2}{400 \text{ Mpa}}$$
$$- 0,63 \text{ mm} \times 1628 \text{ mm} \left(\frac{400 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right)$$
$$Al = 240,40 \text{ mm}^2$$

Periksa:

$Al_{\text{perlu}} \leq Al_{\text{min}}$ maka gunakan Al_{min}

$Al_{\text{perlu}} \geq Al_{\text{min}}$ maka gunakan Al_{perlu}

$$391.93 \text{ mm}^2 \leq 240.40 \text{ mm}^2$$

$Al_{\text{perlu}} \leq Al_{\text{min}}$, Maka dipakai tulangan puntir perlu sebesar 391.93 mm^2

Luasan tulangan puntir

Luasan tulangan puntir untuk arah memanjang dibagi merata ke empat sisi pada penampang balok

$$\frac{Al}{4} = \frac{391.93 \text{ mm}^2}{4} = 97.98 \text{ mm}$$

Pemasangan penulangan torsi pada tulangan memanjang:

Pada sisi atas = Ditambahkan pada tulangan Lentur balok bagian atas.

Pada sisi Bawah = Ditambahkan pada tulangan Lentur balok bagian bawah

Maka masing-masing sisi atas dan bawah balok mendapat tambahan luasan tulangan puntir yaitu sebesar:

$$As = 2 \times 97.98 = 195.97 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan pasang puntir longitudinal (sisi tengah)

$$n = \frac{1/2 Al}{\text{Luasan } D \text{ puntir}}$$

$$n = \frac{195.97 \text{ mm}^2}{132.79 \text{ mm}^2}$$

$$n = 1,476 \text{ buah} \approx 2 \text{ buah}$$

Maka dipasang tulangan **2 D 13**

3. Perhitungan Tulangan Lentur

G. Daerah Tumpuan Kanan

Garis netral dalam kondisi balance

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + Fy} \right) x d$$

$$Xb = \left(\frac{600 M}{600 + 400 Mpa} \right) x 537.5 mm$$

$$Xb = 322.5 mm$$

Garis netral maksimum

$$Xmax = 0,75 x Xb$$

$$Xmax = 0,75 x 322.5 mm$$

$$Xmax = 241.875 mm$$

Garis netral minimum

$$Xmin = d'$$

$$Xmin = 62.5 mm$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$Xrencana = 90 mm$$

Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 x fc' x bx \beta 1 x Xrencana$$

$$Cc' = 0,85 x 25 Mpa x 400 x 0,85 x 90 mm$$

$$Cc' = 650250 N$$

Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{Fy}$$

$$Asc = \frac{650250 N}{400 Mpa}$$

$$Asc = 1625.63 mm^2$$

Gaya momen nominal tulangan

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$Mnc = Asc \times Fy \times \left(d - \frac{\beta_1 \times Xr}{2} \right)$$
$$Mnc = 1625.63 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(537.5 \text{ mm} - \frac{0.85 \times 90 \text{ mm}}{2} \right)$$
$$Mnc = 324637312.50 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$Mu_{\text{lapangan}} = 364503156 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mux}{\phi}$$

$$Mn = \frac{364503156 \text{ Nmm}}{0.9}$$

$$Mn = 405003506.67 \text{ Nmm}$$

Periksa momen nominal tulangan lentur rangkap dengan persyaratan berikut :

$Mns > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= (405003506.67 - 324637312.50) \text{ Nmm}$$

$$= 80366194.17 \text{ Nmm}$$

$Mns > 0$, maka perlu tulangan tekan. Analisis perhitungan tulangan balok selanjutnya digunakan perhitungan tulangan rangkap.

Perhitungan Tulangan Lentur Rangkap

Menghitung Cs'

$$Cs' = T_2 = \frac{Mn - Mnc}{d - d'}$$

$$= \frac{405003506.67 \text{ Nmm} - 324637312.50 \text{ Nmm}}{537.5 \text{ mm} - 62.5 \text{ mm}}$$

$$= 169191.9877 \text{ N}$$

Kontrol Tulangan tekan Leleh/tidak leleh

$$f_s' = \left(1 - \frac{d'}{x_{renc}}\right) \times 600$$

$$f_s' = \left(1 - \frac{62.5 \text{ mm}}{90 \text{ mm}}\right) \times 600$$

$$f_s' = 183.3 \text{ Mpa}$$

$$\text{Syarat: } f_s' \geq f_y \text{ (leleh)} \quad : f_s' = f_y$$

$$f_s' \leq f_y \text{ (tidak leleh)} \quad : f_s' = f_s'$$

$$183.3 \text{ Mpa} \leq 400 \text{ Mpa (tidak leleh)}$$

Menentukan Luas Tulangan

$$A_s' = \frac{C s'}{f_s' - 0,85 \times f_c'}$$

$$A_s' = \frac{169191.9877 \text{ N}}{183.3 \text{ Mpa} - 0,85 \times 25 \text{ Mpa}}$$

$$A_s' = 1043.86 \text{ mm}^2$$

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y}$$

$$A_{ss} = \frac{169191.9877 \text{ N}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{ss} = 422.98 \text{ mm}^2$$

Perhitungan tulangan lentur

Tulangan perlu

$$A_s = A_{sc} + A_{ss}$$

$$= 1625.63 \text{ mm}^2 + 422.98 \text{ mm}^2$$

$$= 2048.60 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} A_s' &= A_s' \\ &= 1043.86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar, yaitu :

Luasan tulangan perlu Tarik

$$\begin{aligned} A_s \text{ perlu} &= A_s + A_t \\ &= 2048.60 \text{ mm}^2 + 97.98 \text{ mm}^2 \\ &= 2146.59 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{A_s \text{ perlu}}{\text{Luas Tul.Lentur}}$$

$$n = \frac{2146.59 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2}$$

$$n = 7.568 \text{ buah} \approx 8 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$A_s \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luas} \text{ D} \text{ lentur}$

$$A_s \text{ pasang} = 8 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2$$

$$A_s \text{ pasang} = 2269.14 \text{ mm}^2$$

Kontrol : $A_s \text{ pasang} > A_s \text{ perlu}$

$$2269.14 \text{ mm}^2 > 2146.59 \text{ (memenuhi)}$$

Luasan tulangan perlu Tekan

$$A_s' \text{ perlu} = A_s' + A_t$$

$$A_s' \text{ perlu} = 1043.86 \text{ mm}^2 + 97.98 \text{ mm}^2$$

$$A_s' \text{ perlu} = 1141.84 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{A_s' \text{ perlu}}{\text{Luas Tul.Lentur}}$$

$$n = \frac{1141.84 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2}$$

$$n = 4.03 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

$$As' \text{ pasang} = n \text{ pasang} \times \text{luasan } D \text{ lentur}$$

$$As' \text{ pasang} = 5 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2$$

$$As' \text{ pasang} = 1418.21 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$As' \text{ pasang} > As' \text{ perlu}$$

$$1418.21 \text{ mm}^2 > 1141.84 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol S tulangan tarik:

$$Starik = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$Starik = \frac{400 \text{ mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 13\text{mm} - 6 \times 19\text{mm}}{6 - 1}$$

$$Starik = 36 \text{ mm}$$

Kontrol: $Smaks \geq Ssyarat$

$$36 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

Kontrol S tulangan tekan

$$Stekan = \frac{b - 2t_{selimut} - 2Dia - nD \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$Stekan = \frac{400 \text{ mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 13\text{mm} - 5 \times 19\text{mm}}{5 - 1}$$

$$Stekan = 49.75 \text{ mm}$$

Kontrol: $Smaks \geq Ssyarat \text{ agregat}$

$$49.75 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm (memenuhi)}$$

Cek persyaratan SRPMK untuk kekuatan lentur pada balok. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.5.2.2)

1. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari 1/2 kekuatan momen negatif.
2. Kekuatan momen negative pada daerah lapangan harus tidak kurang dari 1/4 kekuatan momen negatif.

Maka berdasarkan peraturan perlu dilakukan control pada tulangan yang dipasang.

$$\begin{aligned}\text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 8 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 2269.14 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 5 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1418.21 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol momen:

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/2 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$\text{Luas Tulangan Tekan} \geq 1/2 \text{ Luas Tul. Tarik}$$

$$1418.21 \text{ mm}^2 \geq 1/2 \times 2269.14 \text{ mm}^2$$

$$1418.21 \text{ mm}^2 \geq 1134.57 \text{ mm}^2 \text{(memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang:

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 8 \text{ D19} = 2269.14 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} = 5 \text{ D19} = 1418.21 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tulangan tarik} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = \frac{2269.14 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 106.78 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n \text{ Pasang} &= A_s \text{ tul. Tarik} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 M_n \text{ Pasang} &= 2269.14 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \\
 &\quad \left(537.5 \text{ mm} - \frac{106.78 \text{ mm}}{2} \right) \\
 &= 439404450.23 \text{ Nmm} \\
 M_n \text{ perlu} &= M_n = 405003506.67 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Kontrol:

$$\begin{aligned}
 M_n \text{ pasang} &> M_n \text{ perlu} \\
 439404450.23 \text{ Nmm} &> 405003506.67 \text{ Nmm} \\
 &\text{(Syarat memenuhi)}
 \end{aligned}$$

Mn Tulangan Tekan Terpasang

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{A_s \text{ tulangan tekan} \times f_y}{0,85 f_c' b} \\
 a &= \frac{1418.21 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} \\
 a &= 66.74 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_n \text{ Pasang} &= A_s \text{ tul. Tekan} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \\
 M_n \text{ Pasang} &= 1418.21 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \\
 &\quad \left(537.5 \text{ mm} - \frac{66.74 \text{ mm}}{2} \right) \\
 &= 285985890.16 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok B46 Lt 1 Interior (40/60) untuk daerah tumpuan kanan:

- Tulangan lentur tarik susun 2 lapis :
 - Lapis 1 = 6 D19
 - Lapis 2 = 2 D 19
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
 - Lapis 1 = 5 D19

H. Daerah Tumpuan Kiri

Garis netral dalam kondisi balance

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + Fy} \right) x d$$

$$Xb = \left(\frac{600 M}{600 + 400 Mpa} \right) x 537.5 mm$$

$$Xb = 322.5 mm$$

Garis netral maksimum

$$Xmax = 0,75 x Xb$$

$$Xmax = 0,75 x 322.5 mm$$

$$Xmax = 241.875 mm$$

Garis netral minimum

$$Xmin = d'$$

$$Xmin = 62.5 mm$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$Xrencana = 90 mm$$

Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 x fc' x bx \beta 1 x Xrencana$$

$$Cc' = 0,85 x 25 Mpa x 400 x 0,85 x 90 mm$$

$$Cc' = 650250 N$$

Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{Fy}$$

$$Asc = \frac{650250 N}{400 Mpa}$$

$$Asc = 1625.63 mm^2$$

Gaya momen nominal tulangan

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$Mnc = Asc \times Fy \times \left(d - \frac{\beta_1 \times Xr}{2} \right)$$
$$Mnc = 1625.63 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(537.5 \text{ mm} - \frac{0.85 \times 90 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$Mnc = 324637312.50 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$Mu_{\text{lapangan}} = 352519751 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mux}{\phi}$$

$$Mn = \frac{352519751 \text{ Nmm}}{0.9}$$

$$Mn = 391688612.2 \text{ Nmm}$$

Periksa momen nominal tulangan lentur rangkap dengan persyaratan berikut :

$Mns > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= (391688612.2 - 324637312.50) \text{ Nmm}$$

$$= 67051299.72 \text{ Nmm}$$

$Mns > 0$, maka perlu tulangan tekan. Analisis perhitungan tulangan balok selanjutnya digunakan perhitungan tulangan rangkap.

Perhitungan Tulangan Lentur Rangkap

Menghitung Cs'

$$Cs' = T_2 = \frac{Mn - Mnc}{d - d'}$$

$$= \frac{391688612.2 \text{ Nmm} - 324637312.50 \text{ Nmm}}{537.5 \text{ mm} - 62.5 \text{ mm}}$$

$$= 141160.631 \text{ N}$$

Kontrol Tulangan tekan Leleh/tidak leleh

$$f_s' = \left(1 - \frac{d'}{X_{renc}}\right) \times 600$$

$$f_s' = \left(1 - \frac{62.5 \text{ mm}}{90 \text{ mm}}\right) \times 600$$

$$f_s' = 183.3 \text{ Mpa}$$

Syarat: $f_s' \geq f_y$ (leleh) : $f_s' = f_y$

$f_s' \leq f_y$ (tidak leleh) : $f_s' = f_s'$

$$183.3 \text{ Mpa} \leq 400 \text{ Mpa (tidak leleh)}$$

Menentukan Luas Tulangan

$$A_s' = \frac{C_s'}{f_s' - 0,85 \times f_c'}$$

$$A_s' = \frac{141160.631 \text{ N}}{183.3 \text{ Mpa} - 0,85 \times 25 \text{ Mpa}}$$

$$A_s' = 870.91 \text{ mm}^2$$

$$A_{ss} = \frac{T_2}{f_y}$$

$$A_{ss} = \frac{141160.631 \text{ N}}{400 \text{ Mpa}}$$

$$A_{ss} = 352.90 \text{ mm}^2$$

Perhitungan tulangan lentur

Tulangan perlu

$$A_s = A_{sc} + A_{ss}$$

$$= 1625.63 \text{ mm}^2 + 352.90 \text{ mm}^2$$

$$= 1978.53 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = A_s'$$

$$= 870.91 \text{ mm}^2$$

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar, yaitu :

Luasan tulangan perlu Tarik

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \text{As} + \text{At} \\ &= 1978.53 \text{ mm}^2 + 97.98 \text{ mm}^2 \\ &= 2076.51 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{\text{As perlu}}{\text{Luas Tul.Lentur}}$$
$$n = \frac{2076.51 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2}$$

$$n = 7.321 \text{ buah} \approx 8 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ \text{As pasang} &= 8 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ \text{As pasang} &= 2269.14 \text{ mm}^2 \\ \text{Kontrol : As pasang} &> \text{As perlu} \\ 2269.14 \text{ mm}^2 &> 2076.51 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Luasan tulangan perlu Tekan

$$\begin{aligned} \text{As' perlu} &= \text{As}' + \text{At} \\ \text{As' perlu} &= 870.91 \text{ mm}^2 + 97.98 \text{ mm}^2 \\ \text{As' perlu} &= 968.90 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{\text{As' perlu}}{\text{Luas Tul.Lentur}}$$
$$n = \frac{968.90 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2}$$
$$n = 3.4 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

As' pasang = n pasang x luasan D lentur

$$As' \text{ pasang} = 4 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2$$

$$As' \text{ pasang} = 1134.57 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

As' pasang > As' perlu

$$1134.57 \text{ mm}^2 > 968.90 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol S tulangan tarik:

$$Starik = \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$Starik = \frac{400 \text{ mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 13\text{mm} - 6 \times 19\text{mm}}{6 - 1}$$

$$Starik = 36 \text{ mm}$$

Kontrol: Smaks \geq Ssyarat

$$36 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol S tulangan tekan

$$Stekan = \frac{b - 2t_{selimut} - 2Dia - nD \text{ lentur}}{n - 1}$$

$$Stekan = \frac{400 \text{ mm} - 2 \times 40\text{mm} - 2 \times 13\text{mm} - 4 \times 19\text{mm}}{4 - 1}$$

$$Stekan = 72.67 \text{ mm}$$

Kontrol: Smaks \geq Ssyarat agregat

$$72.7 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Cek persyaratan SRPMK untuk kekuatan lentur pada balok. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.5.2.2)

1. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari 1/2 kekuatan momen negatif.

2. Kekuatan momen negative pada daerah lapangan harus tidak kurang dari 1/4 kekuatan momen negatif.

Maka berdasarkan peraturan perlu dilakukan control pada tulangan yang dipasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 8 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 2269.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 4 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1134.57 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol momen:

$$M \text{ lentur tumpuan (+)} \geq 1/2 M \text{ lentur tumpuan (-)}$$

$$\text{Luas Tulangan Tekan} \geq 1/2 \text{ Luas Tul. Tarik}$$

$$1134.57 \text{ mm}^2 \geq 1/2 \times 2269.14 \text{ mm}^2$$

$$1134.57 \text{ mm}^2 \geq 1134.57 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang:

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 8 \text{ D19} = 2269.14 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} = 4 \text{ D19} = 1134.57 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tulangan tarik} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = \frac{2269.14 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 106.78 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Pasang} = \text{As tul. Tarik} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ Pasang} &= 2269.14 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \\ &\quad \left(537.5 \text{ mm} - \frac{106.78 \text{ mm}}{2} \right) \end{aligned}$$

$$= 439404450.23 \text{ Nmm}$$

$$M_n \text{ perlu} = M_n = 405003506.67 \quad \text{Nmm}$$

Kontrol:

$$M_n \text{ pasang} > M_n \text{ perlu}$$

$$439404450.23 \text{ Nmm} > 405003506.67 \text{ Nmm}$$

(Syarat memenuhi)

Mn Tulangan Tekan Terpasang

$$a = \frac{A_s \text{ tulangan tekan} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = \frac{1134.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 53.39 \text{ mm}$$

$$M_n \text{ Pasang} = A_s \text{ tul. Tekan} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\begin{aligned} M_n \text{ Pasang} &= 1134.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \\ &\quad \left(537.5 \text{ mm} - \frac{53.39 \text{ mm}}{2} \right) \\ &= 231817541.13 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok B46 Lt 1 Interior (40/60) untuk daerah tumpuan kiri:

- Tulangan lentur tarik susun 2 lapis :

Lapis 1 = 6 D19

Lapis 2 = 2 D 19

- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis

Lapis 1 = 4 D19

I. Daerah Lapangan

Garis netral dalam kondisi balance

$$Xb = \left(\frac{600}{600 + Fy} \right) x d$$

$$Xb = \left(\frac{600 M}{600 + 400 Mpa} \right) x 537.5 mm$$

$$Xb = 322.5 mm$$

Garis netral maksimum

$$Xmax = 0,75 x Xb$$

$$Xmax = 0,75 x 322.5 mm$$

$$Xmax = 241.875 mm$$

Garis netral minimum

$$Xmin = d'$$

$$Xmin = 62.5 mm$$

Garis netral rencana (asumsi)

$$Xrencana = 90 mm$$

Komponen beton tertekan

$$Cc' = 0,85 x fc' x bx \beta 1 x Xrencana$$

$$Cc' = 0,85 x 25 Mpa x 400 x 0,85 x 90 mm$$

$$Cc' = 650250 N$$

Luas tulangan Tarik

$$Asc = \frac{Cc'}{Fy}$$

$$Asc = \frac{650250 N}{400 Mpa}$$

$$Asc = 1625.63 mm^2$$

Gaya momen nominal tulangan

Momen nominal tulangan lentur tunggal

$$Mnc = Asc \times Fy \times \left(d - \frac{\beta_1 \times Xr}{2} \right)$$
$$Mnc = 1625.63 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(537.5 \text{ mm} - \frac{0.85 \times 90 \text{ mm}}{2} \right)$$
$$Mnc = 324637312.50 \text{ Nmm}$$

Momen lentur nominal (Mn)

$$Mu_{\text{lapangan}} = 211660339.40 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Mux}{\phi}$$

$$Mn = \frac{211660339.40 \text{ Nmm}}{0.9}$$

$$Mn = 235178154.89 \text{ Nmm}$$

Periksa momen nominal tulangan lentur rangkap dengan persyaratan berikut :

$Mns > 0 \rightarrow$ maka perlu tulangan lentur tekan

$Mns \leq 0 \rightarrow$ maka tidak perlu tulangan lentur tekan

$$Mns = Mn - Mnc$$

$$= (235178154.89 - 324637312.50) \text{ Nmm}$$

$$= -89459157.61 \text{ Nmm}$$

$Mns > 0$, maka Tidak perlu tulangan tekan. Analisis perhitungan tulangan balok selanjutnya digunakan perhitungan tulangan Tunggal

Perencanaan Tulangan Lentur Tunggal

Seperti yang telah ditentukan pada SNI 2847:2013 Pasal. 10.5.1 harus tersedia tidak boleh kurang dari yang dibawah ini:

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{fc'}}{fy} bw x d$$

$$A_{vmin} = \frac{0,25\sqrt{25 Mpa}}{400 Mpa} x 400 mm x 537.5 mm$$

$$A_{vmin} = 671.875 mm^2$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 x bw x d}{fy}$$

$$A_{vmin} = \frac{1,4 x 400 mm x 537.5 mm}{400 Mpa}$$

$$A_{vmin} = 752.5 mm^2$$

Luas tulangan maksimum sesuai dengan SNI 2847:2013 Lampiran B.8.4.2-B.8.4.3, disediakan tidak lebih besar dari yang dibawah ini :

$$\rho_b = 0,75 x \rho_b$$

$$\rho_b = 0,75 x \frac{0,85x\beta xfc'}{fy} x \left(\frac{600}{600+fy} \right)$$

$$\rho_b = \frac{0,85x0,85x25 Mpa}{400Mpa} x \left(\frac{600}{600+400Mpa} \right)$$

$$\rho_b = 0.0271$$

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

$$\rho_{max} = 0,75 x 0.0271$$

$$\rho_{max} = 0.0203$$

$$A_{max} = \rho_{max} x bw x dy$$

$$A_{max} = 0.0203 x 400mm x 537.5 mm$$

$$A_{max} = 4364.5 mm^2$$

Perhitungan luasan perlu untuk penulangan balok adalah sebagai berikut :

$$\text{Momen lapangan} = 211660339.4 \text{ Nmm}$$

$$Mn = \frac{Ml}{\phi}$$

$$Mn = \frac{211660339.4 \text{ Nmm}}{0,9} = 235178154.9 \text{ Nmm}$$

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

$$m = \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa}} = 18.82$$

$$Rn = \frac{Mn}{bw \cdot d^2}$$

$$Rn = \frac{235178154.9 \text{ Nmm}}{400 \text{ mm} \cdot (537.5 \text{ mm})^2} = 2.035$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{Fy}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{18.82} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18.82 \times 2,035}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$\rho = 0.0054$$

Luasan perlu (as perlu) tulangan lentur tarik :

$$A_{perlu} = \rho \times bw \times d$$

$$A_{perlu} = 0.0054 \times 400 \text{ mm} \times 537.5 \text{ mm}$$

$$A_{perlu} = 1151.94 \text{ mm}^2$$

$$\text{Kontrol : } A_{vmin} < A_{perlu} < A_{max}$$

$$752.5 \text{ mm}^2 < 1151.94 \text{ mm}^2 < 4364.5 \text{ mm}^2$$

(Syarat memenuhi)

Luasan tulangan puntir yang ditambahkan pada tulangan lentur tarik, maka luasannya pun bertambah besar, yaitu :

Luasan tulangan perlu Tarik

$$\text{As perlu} = \text{As} + \text{At}$$

$$= 1151.94 \text{ mm}^2 + 97.98 \text{ mm}^2$$

$$= 1249.92 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tarik Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{As \text{ perlu}}{Luas \text{ Tul.Lentur}}$$

$$n = \frac{1249.92 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2}$$

$$n = 4.407 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tarik Pasang (Sisi Atas)

As pasang = n pasang x luasan D lentur

$$As \text{ pasang} = 5 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2$$

$$As \text{ pasang} = 1418.21 \text{ mm}^2$$

Kontrol : As pasang > As perlu

$$1418.21 \text{ mm}^2 > 1249.92 \text{ (memenuhi)}$$

Luasan tulangan perlu Tekan

$$As' \text{ perlu} = 1/2As + At$$

$$As' \text{ perlu} = 354.55 \text{ mm}^2 + 97.98 \text{ mm}^2$$

$$As' \text{ perlu} = 452.54 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan Lentur Tekan Pakai (Sisi Atas)

$$n = \frac{As' \text{ perlu}}{Luas \text{ Tul.Lentur}}$$

$$n = \frac{452.54 \text{ mm}^2}{0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2}$$

$$n = 2.6 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}$$

Luasan Tulangan Lentur Tekan Pasang (Sisi Bawah)

As' pasang = n pasang x luasan D lentur

$$As' \text{ pasang} = 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2$$

$$As' \text{ pasang} = 850.93 \text{ mm}^2$$

Kontrol:

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &> \text{As' perlu} \\ 850.93 \text{ mm}^2 &> 452.54 \text{ mm}^2 \text{ (memenuhi)} \end{aligned}$$

Kontrol S tulangan tarik:

$$\begin{aligned} \text{Starik} &= \frac{b - 2t_{selimut} - 2\emptyset - n\emptyset \text{ lentur}}{n - 1} \\ \text{Starik} &= \frac{400 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 13 \text{ mm} - 5 \times 19 \text{ mm}}{5 - 1} \\ \text{Starik} &= 49.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol: $S_{maks} \geq S_{syarat}$

$$49.8 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Kontrol S tulangan tekan

$$\begin{aligned} \text{Stekan} &= \frac{b - 2t_{selimut} - 2 \text{ Dia} - n \text{ Dlentur}}{n - 1} \\ \text{Stekan} &= \frac{400 \text{ mm} - 2 \times 40 \text{ mm} - 2 \times 13 \text{ mm} - 3 \times 19 \text{ mm}}{3 - 1} \\ \text{Stekan} &= 118.5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Kontrol: $S_{maks} \geq S_{syarat}$ agregat

$$118.5 \text{ mm} \geq 25 \text{ mm} \text{ (memenuhi)}$$

Cek persyaratan SRPMK untuk kekuatan lentur pada balok. (SNI 03-2847-2013, Pasal 21.5.2.2)

1. Kekuatan momen positif pada muka joint harus tidak kurang dari 1/2 kekuatan momen negatif.
2. Kekuatan momen negative pada daerah lapangan harus tidak kurang dari 1/4 kekuatan momen negatif.
Maka berdasarkan peraturan perlu dilakukan control pada tulangan yang dipasang.

$$\begin{aligned} \text{As pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 5 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 1418.21 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{As' pasang} &= n \text{ pasang} \times \text{luasan D lentur} \\ &= 3 \text{ buah} \times 0,25 \times \pi \times (19\text{mm})^2 \\ &= 850.93 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol momen:

$$\text{M lentur tumpuan (+)} \geq 1/4 \text{ M lentur tumpuan (-)}$$

$$\text{Luas Tulangan Tekan} \geq 1/4 \text{ Luas Tul. Tarik}$$

$$850.93 \text{ mm}^2 \geq 1/4 \text{ } 1418.21 \text{ mm}^2$$

$$850.93 \text{ mm}^2 \geq 354.55 \text{ mm}^2 \text{(memenuhi)}$$

Kontrol Kemampuan Penampang:

$$\text{As pakai tulangan tarik} = 5 \text{ D19} = 1418.21 \text{ mm}^2$$

$$\text{As pakai tulangan tekan} = 3 \text{ D19} = 850.93 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{\text{As tulangan tarik} \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = \frac{1418.21 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 66.74 \text{ mm}$$

$$\text{Mn Pasang} = \text{As tul. Tarik} \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$\begin{aligned} \text{Mn Pasang} &= 1418.21 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \\ &\quad \left(537.5 \text{ mm} - \frac{66.74 \text{ mm}}{2}\right) \end{aligned}$$

$$= 285985890.16 \text{ Nmm}$$

$$\text{Mn perlu} = \text{Mn} = 235178154.89 \text{ Nmm}$$

Kontrol:

$$\text{Mn pasang} > \text{Mn perlu}$$

$$285985890.16 \text{ Nmm} > 235178154.89 \text{ Nmm}$$

(Syarat memenuhi)

Mn Tulangan Tekan Terpasang

$$a = \frac{As \text{ tulangan tekan } \times f_y}{0,85 f_c' b}$$

$$a = \frac{850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}}$$

$$a = 40.04 \text{ mm}$$

$$Mn \text{ Pasang} = As \text{ tul. Tekan } \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

$$Mn \text{ Pasang} = 850.93 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \times \left(537.5 \text{ mm} - \frac{40.04 \text{ mm}}{2} \right)$$
$$= 176134777.60 \text{ Nmm}$$

Maka dipasang tulangan lentur balok B46 Lt 1 Interior (40/60) untuk daerah Lapangan:

- Tulangan lentur tarik susun 1 lapis :
Lapis 1 = 5 D19
- Tulangan lentur tekan susun 1 lapis
Lapis 1 = 3 D19

D. Hitung Probable Momen Capacities (Mpr)

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.1 gaya geser rencana akibat gempa pada balok dihitung dengan mengasumsikan sendi plastis terbentuk diujung-ujung balok.

Dengan mensyaratkan bahwa :

- a. Tegangan tulangan lentur balok = 1,25 f_y
- b. Factor reduksi kuat lentur = 0,9
- c. Mutu Baja Tulangan (f_y) = 400 Mpa
- d. Mutu Beton (f_c') = 25 Mpa
- e. Dimensi Balok Lebar Balok (b) = 400 mm
Tinggi Balok(h)= 600 mm
- f. Luas Tulangan Lentur yg dipasang :

Table 4.46. Luas Tulangan Pokok Balok B46 LT 1

Posisi	Kondisi	As	
Tumpuan Kiri	Momen Negatif	2269.14	mm ²
	Momen Positif	1134.57	mm ²
Tumpuan Kanan	Momen Negatif	2269.14	mm ²
	Momen Positif	1418.21	mm ²
Lapangan	Momen Positif	1418.21	mm ²
	Momen Negatif	850.93	mm ²

g. Tinggi Efektif Balok = 493.5 mm

1. Kapasitas Momen Ujung-Ujung (M_{pr})
Kondisi 1 (Struktur Bergoyang Kekiri)

$$a_{pr-1} = \frac{1,25 \times As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$= \frac{1,25 \times 2269.14 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} = 133.479 \text{ mm}$$

$$M_{pr-1} = 1,25 \times As \times fy \times \left(d - \frac{a_{pr-1}}{2} \right)$$

$$= 1,25 \times 2269.14 \times 400 \times \left(537.5 - \frac{133.479}{2} \right)$$

$$= 534.111 \text{ KN-m}$$

- Kondisi 3 (Struktur Bergoyang Kekiri)

$$a_{pr-3} = \frac{1,25 \times As \times fy}{0,85 \times fc' \times b}$$

$$= \frac{1,25 \times 1134.57 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} = 66.739 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
M_{pr-3} &= 1,25 \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{apr-3}{2} \right) \\
&= 1,25 \times 1134.57 \times 400 \times \left(537.5 - \frac{66.739}{2} \right) \\
&= 285.986 \text{ KN-m}
\end{aligned}$$

Kondisi 2 (Struktur Bergoyang Kekanan)

$$\begin{aligned}
a_{pr-2} &= \frac{1,25 \times A_s \times f_y}{0,85 \times f'c' \times b} \\
&= \frac{1,25 \times 2269.14 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} = 133.48 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{pr-2} &= 1,25 \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{apr-2}{2} \right) \\
&= 1,25 \times 2269.14 \times 400 \times \left(537.5 - \frac{133.48}{2} \right) \\
&= 534.111 \text{ KN-m}
\end{aligned}$$

Kondisi 4 (Struktur Bergoyang Kekanan)

$$\begin{aligned}
a_{pr-4} &= \frac{1,25 \times A_s \times f_y}{0,85 \times f'c' \times b} \\
&= \frac{1,25 \times 1418.21 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa} \times 400 \text{ mm}} = 83.42 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
M_{pr-4} &= 1,25 \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{apr-3}{2} \right) \\
&= 1,25 \times 1418.21 \times 400 \times \left(537.5 - \frac{83.42}{2} \right) \\
&= 351.567 \text{ KN-m}
\end{aligned}$$

E. Diagram Gaya Geser

Reaksi geser yang terjadi diujung-ujung balok atau pada tumpuan akibat gaya gravitasi kombinasi maksimum yang bekerja pada elemen struktur.

Gaya Geser Maksimum (V_g) = 208.89 KN (SAP 2000)

Bentang Bersih Balok (L_n) = 7,1 m

Table 4.47. Probable Momen Capacities (Mpr)

No	Lokasi	Arah Gempa	Mu (kN-m)	As (mm ²)	ϕM_n (kN-m)	Mpr (kN-m)
1	Interior Kiri (Negatif)	Kiri	352.52	2269	439.40	534.11
2	Inter Kanan (Negatif)	Kanan	364.50	2269	439.40	534.11
3	Interior Kiri (Positif)	Kiri	176.26	1135	231.82	285.99
4	Inter Kanan (Positif)	Kanan	182.25	1418	285.99	351.57

a. Struktur Bergoyang Kekiri

$$\begin{aligned}
 V_{\text{sway-ki}} &= \frac{M_{pr-1} + M_{pr-3}}{L_n} \\
 &= \frac{534.11 \text{ kN-m} + 285.99 \text{ kN-m}}{7,1 \text{ m}} \\
 &= 115.51 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Total reaksi geser diujung kanan balok

$$\begin{aligned}
 &= V_g - V_{\text{sway}} \\
 &= 208.89 \text{ kN} - 115.51 \text{ kN} \\
 &= 93.38 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Total reaksi geser diujung kiri balok

$$\begin{aligned}
 &= V_g + V_{\text{sway}} \\
 &= 208.89 \text{ kN} + 115.51 \text{ kN} \\
 &= 324.40 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b. Struktur Bergoyang Kekanan

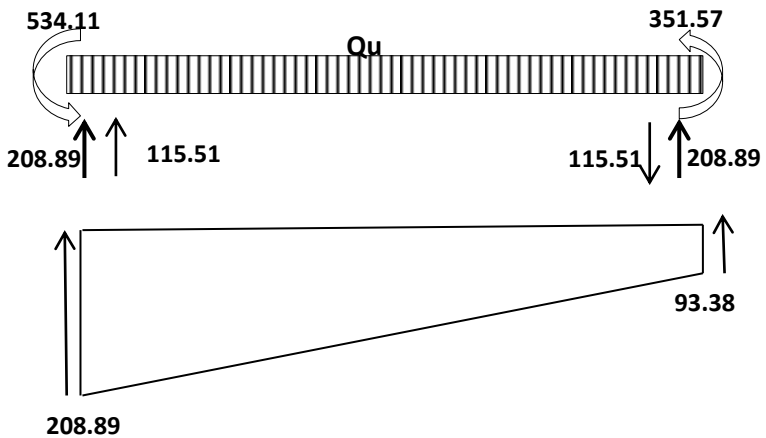
$$\begin{aligned}
 V_{\text{sway-ka}} &= \frac{M_{pr-2} + M_{pr-4}}{L_n} \\
 &= \frac{534.111 \text{ kN-m} + 351.57 \text{ kN-m}}{7,1 \text{ m}} \\
 &= 124.74 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Total reaksi geser diujung kanan balok

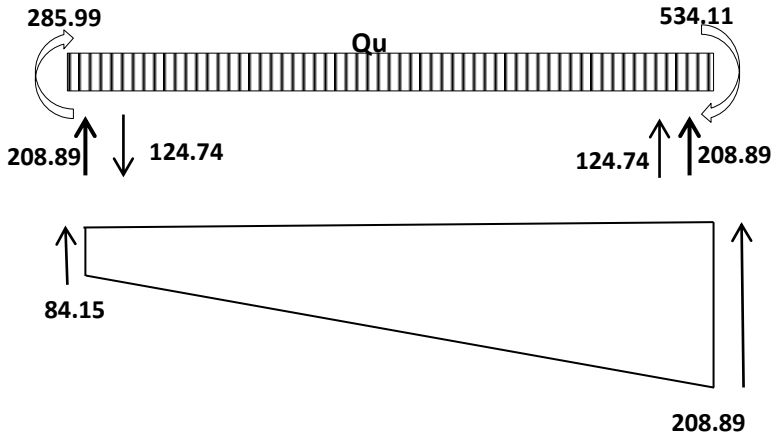
$$\begin{aligned} &= V_g + V_{\text{sway}} \\ &= 208.89 \text{ kN} + 124.74 \text{ kN} \\ &= 333.63 \text{ kN} \end{aligned}$$

Total reaksi geser diujung kiri balok

$$\begin{aligned} &= V_g + V_{\text{sway}} \\ &= 208.89 \text{ kN} - 124.74 \text{ kN} \\ &= 84.15 \text{ kN} \end{aligned}$$



Gambar 4.86 Diagram Gaya Geser Goyangan Kekanran



Gambar 4.87. Diagram Gaya Geser Goyangan Kekiri

F. Sengkanj Untuk Gaya Geser

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.5.4.2 Kuat geser beton (V_c) = 0. Adapun syarat yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

1. $V_{sway} > \frac{1}{2}$ atau Lebih V_u
 $115.51 \text{ kN} > \frac{1}{2} 208.89$
 $115.51 \text{ kN} > 104.445 \text{ kN}$
 Maka : Syarat Memenuhi
2. $P_u < A_g f_c' / 20$
 $16.32 \text{ kN} < (400 \times 600 \times 25) / 20$
 $16.32 \text{ kN} < 300 \text{ kN}$
 Maka : Syarat Memenuhi

Maka : $V_c = 0$

Gaya Geser Maksimum $V_u = 333.63 \text{ kN}$

Gaya Geser Beton $V_c = 1/6 \sqrt{f_c'} \times b \times d = 179.17 \text{ kN}$

Gaya Geser $V_s = V_u/\phi - V_c$

$$= 333.63 \text{ kN}/0,75 - 0$$

$$= 444.84 \text{ kN}$$

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 11.4.7.9

1. $V_s < V_s\text{-Max}$

Maka $V_{s\text{-max}} = \frac{2\sqrt{f_c'}}{3} b d = 716.67 \text{ kN}$

$$V_s = 444.84 \text{ kN}$$

Maka Syarat Memenuhi.

Diameter Tulangan (D) = 13 mm

Dipasang 2 Kaki (A_v) = 265,3 mm²

Spasi Tulangan Geser Diatur melalui persamaan berikut :

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

$$S = \frac{A_v f_y d}{V_s} = 128.24 \text{ mm}$$

Maka Sengkang Dipasang = D13-125 mm

G. Ujung Zona Sendi Plastis

Gaya geser Maksimum (V_u) diujung Sendi Plastis (2h)

Maka :

Zona Sendi Plastis (2h) = 1200 mm

V_u Zona Plastis = 172.414 kN (SAP 2000)

Gaya Geser Beton $V_c = 1/6 \sqrt{f'c'} \times b \times d = 179.17 \text{ kN}$

Gaya Geser $V_s = V_u/\phi - V_c$
 $= 179.17 \text{ kN}/0,75$
 $= 229.89 \text{ kN}$

Diameter Tulangan (D) = 13 mm

Dipasang 2 Kaki (A_v) = 265,3 mm²

Spasi Tulangan Geser Diatur melalui persamaan berikut :

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

$$S = \frac{A_v f_y d}{V_s} = 248 \text{ mm}$$

Maka Senggang Dipasang = D13-200 mm

H. Panjang Penyaluran Tulangan Balok

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik (l_d)

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 pasal 12.2*

Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm.

[SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.1]

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 tabel pada pasal 12.2* sebagai berikut:

Table 4.48. Penyaluran Batang Tulangan

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau pengikat sepanjang l_d tidak kurang dari minimum Tata Cara atau Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari d_b	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,7\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Kasus-kasus lain	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,4\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$

Dimana,

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = diameter tulangan lentur yang dipakai

Ψ_t = faktor lokasi penulangan

ψ_e = faktor pelapis

Perhitungan :

$$l_d = \left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{2,1\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

$$l_d = \left(\frac{400 \times 1 \times 1}{2,1 \times 1 \times \sqrt{25}} \right) 19$$

$$l_d = 723.81 \text{ mm}$$

Syarat :

$$l_d > 300 \text{ mm}$$

$$723.81 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \quad \text{Memenuhi}$$

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tekan (l_{dc})

Peyaluran tulangan dalam kondisi tekan dihitung berdasarkan **SNI 03-2847-2013 pasal 12.3**

Panjang penyaluran tulangan dalam kondisi tekan tidak boleh kurang dari 200 mm

[SNI 03-2847-2013 pasal 12.3.1]

Berdasarkan **SNI 03-2847-2013 pasal 12.3.2**

panjang penyaluran diambil terbesar dari:

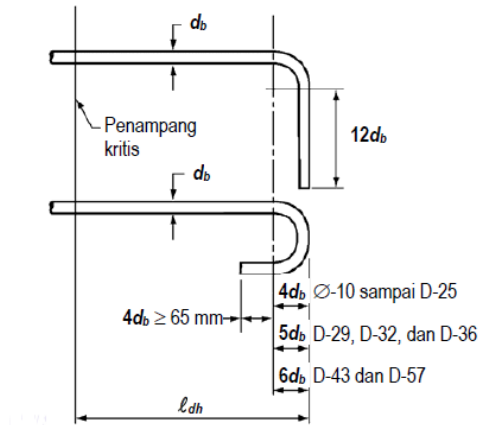
$$l_{dc} = \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b \qquad l_{dc} = (0,043 f_y) d_b$$

$$l_{dc} = \frac{0,24 \times 400}{1\sqrt{25}} \times 19 \qquad l_{dc} = (0,043 \times 400) 19$$

$$l_{dc} = 365 \text{ mm} \quad l_{dc} = 327 \text{ mm}$$

Panjang kait

$$12d_b = 12(19) = 228 \text{ mm}$$



Gambar 4.88. Bentuk Kait Panjang Penyaluran

Table 4.49. Rekapitulasi Penulangan Balok B46 Interior Portal Memanjang

Rekapitulasi Penulangan Balok											
Balok Memanjang B46 40/60 (INTERIOR)											
No	Lantai	Jenis Gaya Dalam			Penulangan						
1	Ground Floor (FRAME 526)	Torsi	48.03	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
		Tumpuan Kanan	330.25	kN-m	Tulangan Atas	8	D 19	3	D 19	8	D 19
		Tumpuan kiri	343.04	kN-m	Tulangan Bawah	4	D 19	5	D 19	4	D 19
		Lapangan	224.59	kN-m	Tulangan Tengah	4	D 13	4	D 13	4	D 13
		Geser Tumpuan	230.37	kN	Tulangan Transversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
		Geser Lapangan	191.26	kN							
2	LT 1 (FRAME 634)	Torsi	31.19	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
		Tumpuan Kanan	364.50	kN-m	Tulangan Atas	8	D 19	3	D 19	8	D 19
		Tumpuan kiri	352.52	kN-m	Tulangan Bawah	4	D 19	5	D 19	5	D 19
		Lapangan	211.66	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13
		Geser Tumpuan	208.89	kN	Tulangan Transversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
		Geser Lapangan	172.41	kN							
3	LT 2 (FRAME 688)	Torsi	42.10	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
		Tumpuan Kanan	351.64	kN-m	Tulangan Atas	8	D 19	3	D 19	8	D 19
		Tumpuan kiri	350.61	kN-m	Tulangan Bawah	4	D 19	5	D 19	4	D 19
		Lapangan	209.86	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13
		Geser Tumpuan	190.83	kN	Tulangan Transversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
		Geser Lapangan	160.67	kN							
4	LT 3 (FRAME 725)	Torsi	37.19	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
		Tumpuan Kanan	353.14	kN-m	Tulangan Atas	8	D 19	3	D 19	8	D 19
		Tumpuan kiri	352.51	kN-m	Tulangan Bawah	4	D 19	5	D 19	4	D 19
		Lapangan	202.85	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13
		Geser Tumpuan	191.79	kN	Tulangan Transversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
		Geser Lapangan	167.96	kN							
5	LT 4 (FRAME 725)	Torsi	42.26	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
		Tumpuan Kanan	352.29	kN-m	Tulangan Atas	8	D 19	3	D 19	8	D 19
		Tumpuan kiri	351.25	kN-m	Tulangan Bawah	4	D 19	5	D 19	4	D 19
		Lapangan	203.08	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13
		Geser Tumpuan	189.66	kN	Tulangan Transversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
		Geser Lapangan	165.85	kN							
6	LT 5 (FRAME 904)	Torsi	42.29	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
		Tumpuan Kanan	350.98	kN-m	Tulangan Atas	8	D 19	3	D 19	8	D 19
		Tumpuan kiri	347.61	kN-m	Tulangan Bawah	4	D 19	5	D 19	4	D 19
		Lapangan	202.91	kN-m	Tulangan Tengah	4	D 13	4	D 13	4	D 13
		Geser Tumpuan	188.98	kN	Tulangan Transversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
		Geser Lapangan	165.32	kN							
7	LT 6 (FRAME 969)	Torsi	42.29	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
		Tumpuan Kanan	348.82	kN-m	Tulangan Atas	8	D 19	3	D 19	8	D 19
		Tumpuan kiri	342.92	kN-m	Tulangan Bawah	4	D 19	5	D 19	4	D 19
		Lapangan	202.85	kN-m	Tulangan Tengah	4	D 13	4	D 13	4	D 13
		Geser Tumpuan	189.97	kN	Tulangan Transversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
		Geser Lapangan	165.76	kN							

Table 4.50. Rekapitulasi Penulangan Balok B46 Interior Portal Memanjang Lanjutan

Balok Memanjang B46 40/60 (INTERIOR)																	
No	Lantai	Jenis Gaya Dalam			Penulangan												
8	LT 7 (FRAME 1039)	Torsi	41.60	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan							
		Tumpuan Kanan	345.57	kN-m	Tulangan Atas	8	D	19	3	D	19	8	D	19			
		Tumpuan kiri	337.33	kN-m	Tulangan Bawah	4	D	19	5	D	19	4	D	19			
		Lapangan	202.73	kN-m	Tulangan Tengah	2	D	13	2	D	13	2	D	13			
		Geser Tumpuan	191.02	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	200	D	13	S	110
		Geser Lapangan	166.83	kN													
9	LT 8 (FRAME 1106)	Torsi	40.85	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan							
		Tumpuan Kanan	340.62	kN-m	Tulangan Atas	7	D	19	3	D	19	8	D	19			
		Tumpuan kiri	330.24	kN-m	Tulangan Bawah	4	D	19	5	D	19	4	D	19			
		Lapangan	203.01	kN-m	Tulangan Tengah	2	D	13	2	D	13	2	D	13			
		Geser Tumpuan	191.89	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	200	D	13	S	110
		Geser Lapangan	167.73	kN													
10	LT 9 (FRAME 1179)	Torsi	39.74	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan							
		Tumpuan Kanan	336.44	kN-m	Tulangan Atas	7	D	19	3	D	19	8	D	19			
		Tumpuan kiri	326.25	kN-m	Tulangan Bawah	4	D	19	5	D	19	4	D	19			
		Lapangan	201.07	kN-m	Tulangan Tengah	2	D	13	2	D	13	2	D	13			
		Geser Tumpuan	193.20	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	200	D	13	S	110
		Geser Lapangan	168.99	kN													
11	LT 10 (FRAME 1251)	Torsi	34.02	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan							
		Tumpuan Kanan	360.86	kN-m	Tulangan Atas	8	D	19	3	D	19	8	D	19			
		Tumpuan kiri	367.65	kN-m	Tulangan Bawah	4	D	19	6	D	19	4	D	19			
		Lapangan	250.55	kN-m	Tulangan Tengah	2	D	13	2	D	13	2	D	13			
		Geser Tumpuan	224.47	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	110	D	13	S	110
		Geser Lapangan	190.08	kN													
12	LT 11 (FRAME 1648)	Torsi	28.54	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan							
		Tumpuan Kanan	355.52	kN-m	Tulangan Atas	8	D	19	3	D	19	8	D	19			
		Tumpuan kiri	363.60	kN-m	Tulangan Bawah	4	D	19	6	D	19	4	D	19			
		Lapangan	257.56	kN-m	Tulangan Tengah	2	D	13	2	D	13	2	D	13			
		Geser Tumpuan	250.64	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	200	D	13	S	110
		Geser Lapangan	213.27	kN													
13	LT 11 (FRAME 1291) Balok B47	Torsi	84.67	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan							
		Tumpuan Kanan	370.93	kN-m	Tulangan Atas	9	D	19	4	D	19	8	D	19			
		Tumpuan kiri	399.92	kN-m	Tulangan Bawah	5	D	19	6	D	19	4	D	19			
		Lapangan	232.80	kN-m	Tulangan Tengah	6	D	13	6	D	13	6	D	13			
		Geser Tumpuan	284.06	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	200	D	13	S	110
		Geser Lapangan	200.87	kN													
12	LT Atap (FRAME 1385)	Torsi	20.93	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan							
		Tumpuan Kanan	174.20	kN-m	Tulangan Atas	5	D	19	3	D	19	5	D	19			
		Tumpuan kiri	166.33	kN-m	Tulangan Bawah	3	D	19	4	D	19	3	D	19			
		Lapangan	128.55	kN-m	Tulangan Tengah	4	Ø	13	4	Ø	13	4	Ø	13			
		Geser Tumpuan	109.87	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	200	D	13	S	110
		Geser Lapangan	94.90	kN													

Table 4.51. . Rekapitulasi Penulangan Balok B46 Eksterior Portal Memanjang

Rekapitulasi Penulangan Balok											
Balok Memanjang B46 40/60 (EKSTERIOR)											
No	Lantai	Jenis Gaya Dalam			Penulangan						
1	Ground Floor (FRAME 518)	Torsi	16.06	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan	Tumpuan Kanan		
		Tumpuan Kanan	292.12	kN-m	Tulangan Atas	7	D 19	3	D 19	7	D 19
		Tumpuan kiri	287.94	kN-m	Tulangan Bawah	4	D 19	5	D 19	4	D 19
		Lapangan	175.87	kN-m	Tulangan Tengah	4	D 13	4	D 13	4	D 13
		Geser Tumpuan	193.18	kN	Tulangan Tranversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
		Geser Lapangan	162.89	kN							
2	LT 1 (FRAME 641)	Torsi	36.08	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan	Tumpuan Kanan		
		Tumpuan Kanan	256.82	kN-m	Tulangan Atas	7	D 19	3	D 19	7	D 19
		Tumpuan kiri	269.75	kN-m	Tulangan Bawah	4	D 19	5	D 19	4	D 19
		Lapangan	118.50	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13
		Geser Tumpuan	136.92	kN	Tulangan Tranversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
		Geser Lapangan	116.83	kN							
3	LT 2 (FRAME 692)	Torsi	34.60	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan	Tumpuan Kanan		
		Tumpuan Kanan	247.51	kN-m	Tulangan Atas	7	D 19	3	D 19	7	D 19
		Tumpuan kiri	235.41	kN-m	Tulangan Bawah	4	D 19	5	D 19	4	D 19
		Lapangan	123.76	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13
		Geser Tumpuan	115.31	kN	Tulangan Tranversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
		Geser Lapangan	101.03	kN							
4	LT 3 (FRAME 762)	Torsi	35.93	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan	Tumpuan Kanan		
		Tumpuan Kanan	243.13	kN-m	Tulangan Atas	6	D 19	3	D 19	7	D 19
		Tumpuan kiri	236.12	kN-m	Tulangan Bawah	3	D 19	5	D 19	4	D 19
		Lapangan	121.57	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13
		Geser Tumpuan	115.09	kN	Tulangan Tranversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
		Geser Lapangan	100.69	kN							
5	LT 4 (FRAME 831)	Torsi	36.60	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan	Tumpuan Kanan		
		Tumpuan Kanan	242.97	kN-m	Tulangan Atas	6	D 19	3	D 19	7	D 19
		Tumpuan kiri	234.48	kN-m	Tulangan Bawah	3	D 19	5	D 19	4	D 19
		Lapangan	121.49	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13
		Geser Tumpuan	115.52	kN	Tulangan Tranversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
		Geser Lapangan	101.02	kN							
6	LT 5 (FRAME 902)	Torsi	36.78	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan	Tumpuan Kanan		
		Tumpuan Kanan	241.61	kN-m	Tulangan Atas	6	D 19	3	D 19	7	D 19
		Tumpuan kiri	231.95	kN-m	Tulangan Bawah	3	D 19	5	D 19	4	D 19
		Lapangan	120.81	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13
		Geser Tumpuan	115.60	kN	Tulangan Tranversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
		Geser Lapangan	101.02	kN							
7	LT 6 (FRAME 974)	Torsi	36.66	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan	Tumpuan Kanan		
		Tumpuan Kanan	239.58	kN-m	Tulangan Atas	6	D 19	3	D 19	6	D 19
		Tumpuan kiri	228.85	kN-m	Tulangan Bawah	3	D 19	5	D 19	4	D 19
		Lapangan	119.79	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13
		Geser Tumpuan	115.45	kN	Tulangan Tranversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
		Geser Lapangan	100.80	kN							

Table 4.52. Rekapitulasi Penulangan Balok B46 Ekterior Portal Memanjang Lanjutan

No	Lantai	Jenis Gaya Dalam			Penulangan										
8	LT 7 (FRAME 1034)	Torsi	36.48	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan					
		Tumpuan Kanan	236.43	kN-m	Tulangan Atas	6	D	19	3	D	19	6	D	19	
		Tumpuan kiri	224.91	kN-m	Tulangan Bawah	3	D	19	5	D	19	4	D	19	
		Lapangan	118.22	kN-m	Tulangan Tengah	2	D	13	2	D	13	2	D	13	
		Geser Tumpuan	114.94	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	200	D	13
		Geser Lapangan	100.26	kN											
9	LT 8 (FRAME 1101)	Torsi	36.18	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan					
		Tumpuan Kanan	231.69	kN-m	Tulangan Atas	6	D	19	3	D	19	6	D	19	
		Tumpuan kiri	219.48	kN-m	Tulangan Bawah	3	D	19	5	D	19	3	D	19	
		Lapangan	115.85	kN-m	Tulangan Tengah	2	D	13	2	D	13	2	D	13	
		Geser Tumpuan	114.02	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	200	D	13
		Geser Lapangan	99.32	kN											
10	LT 9 (FRAME 1174)	Torsi	35.76	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan					
		Tumpuan Kanan	226.96	kN-m	Tulangan Atas	6	D	19	3	D	19	6	D	19	
		Tumpuan kiri	213.72	kN-m	Tulangan Bawah	3	D	19	5	D	19	3	D	19	
		Lapangan	113.48	kN-m	Tulangan Tengah	2	D	13	2	D	13	2	D	13	
		Geser Tumpuan	112.89	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	200	D	13
		Geser Lapangan	98.13	kN											
11	LT 10 (FRAME 1247)	Torsi	39.29	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan					
		Tumpuan Kanan	250.67	kN-m	Tulangan Atas	7	D	19	3	D	19	7	D	19	
		Tumpuan kiri	238.85	kN-m	Tulangan Bawah	4	D	19	6	D	19	4	D	19	
		Lapangan	125.34	kN-m	Tulangan Tengah	2	D	13	2	D	13	2	D	13	
		Geser Tumpuan	138.96	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	110	D	13
		Geser Lapangan	120.32	kN											
12	LT 11 (FRAME 1306)	Torsi	59.58	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan					
		Tumpuan Kanan	241.26	kN-m	Tulangan Atas	6	D	19	3	D	19	7	D	19	
		Tumpuan kiri	231.82	kN-m	Tulangan Bawah	3	D	19	5	D	19	4	D	19	
		Lapangan	120.63	kN-m	Tulangan Tengah	4	D	13	4	D	13	4	D	13	
		Geser Tumpuan	140.73	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	200	D	13
		Geser Lapangan	121.97	kN											
13	LT 11 (FRAME 1291) Bakok B47	Torsi	84.67	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan					
		Tumpuan Kanan	370.93	kN-m	Tulangan Atas	9	D	19	4	D	19	8	D	19	
		Tumpuan kiri	399.92	kN-m	Tulangan Bawah	5	D	19	6	D	19	4	D	19	
		Lapangan	232.80	kN-m	Tulangan Tengah	6	D	13	6	D	13	6	D	13	
		Geser Tumpuan	284.06	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	200	D	13
		Geser Lapangan	200.87	kN											
12	LT Atap (FRAME 1385)	Torsi	20.93	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan					
		Tumpuan Kanan	174.20	kN-m	Tulangan Atas	5	D	19	3	D	19	5	D	19	
		Tumpuan kiri	166.33	kN-m	Tulangan Bawah	3	D	19	4	D	19	3	D	19	
		Lapangan	128.55	kN-m	Tulangan Tengah	4	Ø	13	4	Ø	13	4	Ø	13	
		Geser Tumpuan	109.87	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	200	D	13
		Geser Lapangan	94.90	kN											

Table 4.53. Rekapitulasi Penulangan Balok B35 Interior Portal Melintang

Rekapitulasi Penulangan Balok																		
Balok Melintang B35 30/50 (INTERIOR)																		
No	Lantai	Jenis Gaya Dalam			Penulangan													
1	Ground Floor (FRAME 463)	Torsi	25	kN-m	Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan									
		Tumpuan Kanan	137.94	kN-m	Tulangan Atas		5	D	19	3	D	19	5	D	19			
		Tumpuan kiri	141.04	kN-m	Tulangan Bawah		3	D	19	4	D	19	3	D	19			
		Lapangan	73.32	kN-m	Tulangan Tengah		2	D	13	2	D	13	2	D	13			
		Geser Tumpuan	122.63	kN	Tulangan Transversal		D	13	S	100	D	13	S	200	D	13	S	100
		Geser Lapangan	87.29	kN														
2	LT 1 (FRAME 618)	Torsi	21.15	kN-m	Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan									
		Tumpuan Kanan	170.25	kN-m	Tulangan Atas		5	D	19	3	D	19	5	D	19			
		Tumpuan kiri	172.98	kN-m	Tulangan Bawah		3	D	19	4	D	19	3	D	19			
		Lapangan	98.11	kN-m	Tulangan Tengah		2	D	13	2	D	13	2	D	13			
		Geser Tumpuan	122.39	kN	Tulangan Transversal		D	13	S	110	D	13	S	200	D	13	S	110
		Geser Lapangan	95.11	kN														
3	LT 2 (FRAME 669)	Torsi	7.10	kN-m	Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan									
		Tumpuan Kanan	183.87	kN-m	Tulangan Atas		5	D	19	3	D	19	5	D	19			
		Tumpuan kiri	185.38	kN-m	Tulangan Bawah		3	D	19	4	D	19	3	D	19			
		Lapangan	122.76	kN-m	Tulangan Tengah		2	D	13	2	D	13	2	D	13			
		Geser Tumpuan	126.21	kN	Tulangan Transversal		D	13	S	110	D	13	S	200	D	13	S	110
		Geser Lapangan	99.46	kN														
4	LT 3 (FRAME 741)	Torsi	7.06	kN-m	Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan									
		Tumpuan Kanan	189.42	kN-m	Tulangan Atas		5	D	19	3	D	19	5	D	19			
		Tumpuan kiri	187.10	kN-m	Tulangan Bawah		3	D	19	4	D	19	3	D	19			
		Lapangan	133.79	kN-m	Tulangan Tengah		3	D	13	3	D	13	3	D	13			
		Geser Tumpuan	127.98	kN	Tulangan Transversal		D	13	S	110	D	13	S	200	D	13	S	110
		Geser Lapangan	96.06	kN														
5	LT 4 (FRAME 810)	Torsi	6.89	kN-m	Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan									
		Tumpuan Kanan	187.06	kN-m	Tulangan Atas		5	D	19	3	D	19	5	D	19			
		Tumpuan kiri	189.00	kN-m	Tulangan Bawah		3	D	19	4	D	19	3	D	19			
		Lapangan	137.26	kN-m	Tulangan Tengah		2	D	13	2	D	13	2	D	13			
		Geser Tumpuan	127.95	kN	Tulangan Transversal		D	13	S	110	D	13	S	200	D	13	S	110
		Geser Lapangan	100.94	kN														
6	LT 5 (FRAME 881)	Torsi	6.65	kN-m	Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan									
		Tumpuan Kanan	186.24	kN-m	Tulangan Atas		5	D	19	3	D	19	5	D	19			
		Tumpuan kiri	185.82	kN-m	Tulangan Bawah		3	D	19	4	D	19	3	D	19			
		Lapangan	137.19	kN-m	Tulangan Tengah		2	D	13	2	D	13	2	D	13			
		Geser Tumpuan	126.95	kN	Tulangan Transversal		D	13	S	110	D	13	S	200	D	13	S	110
		Geser Lapangan	100.06	kN														
7	LT 6 (FRAME 948)	Torsi	4.81	kN-m	Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan									
		Tumpuan Kanan	182.82	kN-m	Tulangan Atas		5	D	19	3	D	19	5	D	19			
		Tumpuan kiri	183.82	kN-m	Tulangan Bawah		3	D	19	4	D	19	3	D	19			
		Lapangan	135.26	kN-m	Tulangan Tengah		2	D	13	2	D	13	2	D	13			
		Geser Tumpuan	127.85	kN	Tulangan Transversal		D	13	S	110	D	13	S	200	D	13	S	110
		Geser Lapangan	99.78	kN														

Table 4.54. Rekapitulasi Penulangan Balok B35 Interior Portal Melintang Lanjutan

No	Lantai	Jenis Gaya Dalam			Penulangan							
8	LT 7 (FRAME 1019)	Torsi	4.60	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan		
		Tumpuan Kanan	182.84	kN-m	Tulangan Atas	5	D 19	3	D 19	5	D 19	
		Tumpuan kiri	181.10	kN-m	Tulangan Bawah	3	D 19	4	D 19	3	D 19	
		Lapangan	132.07	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13	
		Geser Tumpuan	126.82	kN	Tulangan Transversal	D	13	S 110	D	13	S 200	D
Geser Lapangan	98.88	kN										
9	LT 8 (FRAME 1086)	Torsi	4.30	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan		
		Tumpuan Kanan	181.21	kN-m	Tulangan Atas	5	D 19	3	D 19	5	D 19	
		Tumpuan kiri	177.17	kN-m	Tulangan Bawah	3	D 19	4	D 19	3	D 19	
		Lapangan	128.96	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13	
		Geser Tumpuan	125.30	kN	Tulangan Transversal	D	13	S 110	D	13	S 200	D
Geser Lapangan	97.55	kN										
10	LT 9 (FRAME 1159)	Torsi	4.10	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan		
		Tumpuan Kanan	178.63	kN-m	Tulangan Atas	5	D 19	3	D 19	5	D 19	
		Tumpuan kiri	175.01	kN-m	Tulangan Bawah	3	D 19	4	D 19	3	D 19	
		Lapangan	120.73	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13	
		Geser Tumpuan	124.27	kN	Tulangan Transversal	D	13	S 110	D	13	S 200	D
Geser Lapangan	96.63	kN										
11	LT 10 (FRAME 1235)	Torsi	3.90	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan		
		Tumpuan Kanan	163.58	kN-m	Tulangan Atas	5	D 19	3	D 19	5	D 19	
		Tumpuan kiri	172.98	kN-m	Tulangan Bawah	4	D 19	4	D 19	3	D 19	
		Lapangan	107.95	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13	
		Geser Tumpuan	120.65	kN	Tulangan Transversal	D	13	S 110	D	13	S 110	D
Geser Lapangan	91.07	kN										
12	LT 11 (FRAME 1319)	Torsi	14.25	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan		
		Tumpuan Kanan	140.36	kN-m	Tulangan Atas	5	D 19	3	D 19	5	D 19	
		Tumpuan kiri	145.21	kN-m	Tulangan Bawah	4	D 19	4	D 19	3	D 19	
		Lapangan	80.24	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13	
		Geser Tumpuan	110.36	kN	Tulangan Transversal	D	13	S 110	D	13	S 200	D
Geser Lapangan	76.78	kN										
12	LT Atap (FRAME 1361)	Torsi	8.38	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan		
		Tumpuan Kanan	122.91	kN-m	Tulangan Atas	4	D 19	3	D 19	4	D 19	
		Tumpuan kiri	120.80	kN-m	Tulangan Bawah	3	D 19	4	D 19	3	D 19	
		Lapangan	88.75	kN-m	Tulangan Tengah	2	Ø 13	2	Ø 13	2	Ø 13	
		Geser Tumpuan	87.05	kN	Tulangan Transversal	D	13	S 110	D	13	S 200	D
Geser Lapangan	80.78	kN										

Table 4.55. Rekapitulasi Penulangan Balok B35 Ekterior Portal Melintang

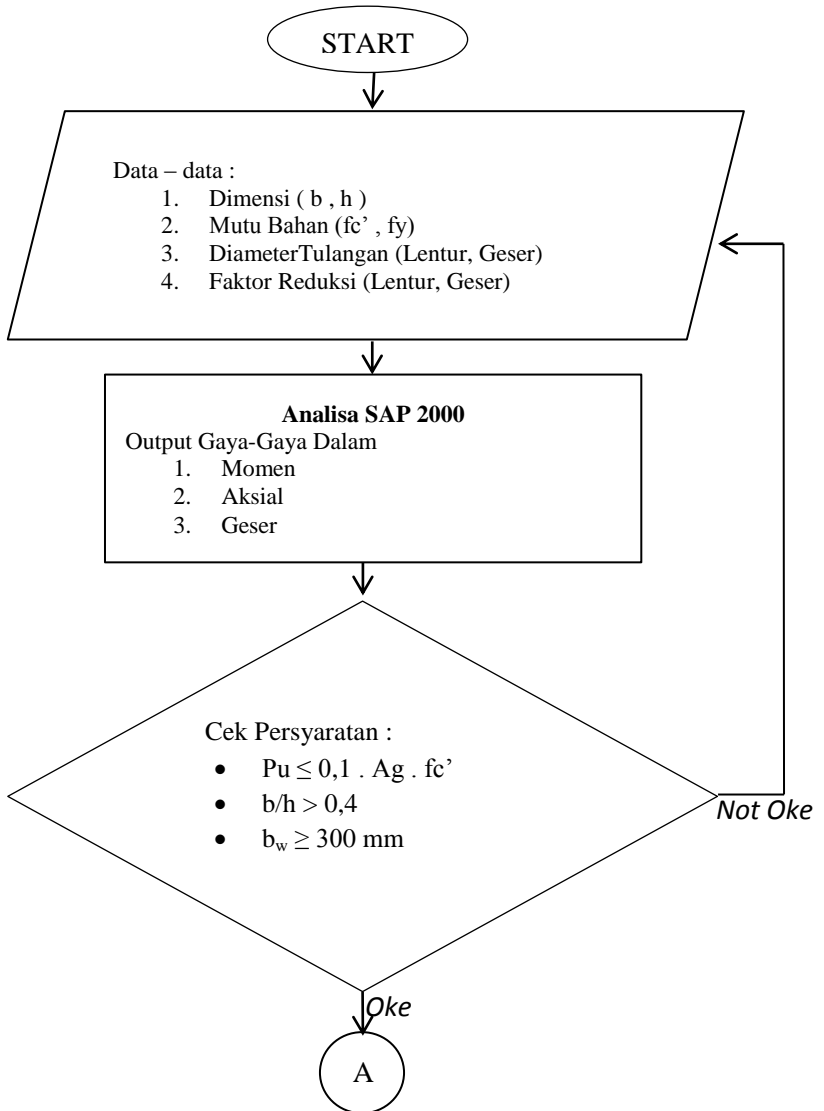
Rekapitulasi Penulangan Balok											
Balok Melintang B35 30/50 (EKTERIOR)											
No	Lantai	Jenis Gaya Dalam			Penulangan						
1	Ground Floor (FRAME 463)	Torsi	25	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
		Tumpuan Kanan	137.94	kN-m	Tulangan Atas	5	D 19	3	D 19	5	D 19
		Tumpuan kiri	141.04	kN-m	Tulangan Bawah	3	D 19	4	D 19	3	D 19
		Lapangan	73.32	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13
		Geser Tumpuan	122.63	kN	Tulangan Transversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
Geser Lapangan	87.29	kN									
2	LT 1 (FRAME 624)	Torsi	16.75	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
		Tumpuan Kanan	127.14	kN-m	Tulangan Atas	4	D 19	3	D 19	4	D 19
		Tumpuan kiri	125.60	kN-m	Tulangan Bawah	3	D 19	4	D 19	3	D 19
		Lapangan	96.22	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13
		Geser Tumpuan	94.43	kN	Tulangan Transversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
Geser Lapangan	79.01	kN									
3	LT 2 (FRAME 672)	Torsi	16.86	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
		Tumpuan Kanan	153.37	kN-m	Tulangan Atas	5	D 19	3	D 19	5	D 19
		Tumpuan kiri	157.52	kN-m	Tulangan Bawah	3	D 19	4	D 19	3	D 19
		Lapangan	121.97	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13
		Geser Tumpuan	97.20	kN	Tulangan Transversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
Geser Lapangan	81.51	kN									
4	LT 3 (FRAME 744)	Torsi	16.83	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
		Tumpuan Kanan	162.71	kN-m	Tulangan Atas	5	D 19	3	D 19	5	D 19
		Tumpuan kiri	159.55	kN-m	Tulangan Bawah	3	D 19	4	D 19	3	D 19
		Lapangan	133.12	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13
		Geser Tumpuan	98.09	kN	Tulangan Transversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
Geser Lapangan	82.33	kN									
5	LT 4 (FRAME 817)	Torsi	16.66	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
		Tumpuan Kanan	165.93	kN-m	Tulangan Atas	5	D 19	3	D 19	5	D 19
		Tumpuan kiri	158.00	kN-m	Tulangan Bawah	3	D 19	4	D 19	3	D 19
		Lapangan	136.24	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13
		Geser Tumpuan	97.62	kN	Tulangan Transversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
Geser Lapangan	81.88	kN									
6	LT 5 (FRAME 884)	Torsi	16.66	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
		Tumpuan Kanan	156.11	kN-m	Tulangan Atas	5	D 19	3	D 19	5	D 19
		Tumpuan kiri	154.88	kN-m	Tulangan Bawah	3	D 19	4	D 19	3	D 19
		Lapangan	135.36	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13
		Geser Tumpuan	96.54	kN	Tulangan Transversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
Geser Lapangan	80.87	kN									
7	LT 6 (FRAME 937)	Torsi	16.66	kN-m		Tumpuan Kiri		Lapangan		Tumpuan Kanan	
		Tumpuan Kanan	162.16	kN-m	Tulangan Atas	5	D 19	3	D 19	5	D 19
		Tumpuan kiri	156.16	kN-m	Tulangan Bawah	3	D 19	4	D 19	3	D 19
		Lapangan	132.64	kN-m	Tulangan Tengah	2	D 13	2	D 13	2	D 13
		Geser Tumpuan	91.09	kN	Tulangan Transversal	D 13	S 110	D 13	S 200	D 13	S 110
Geser Lapangan	75.19	kN									

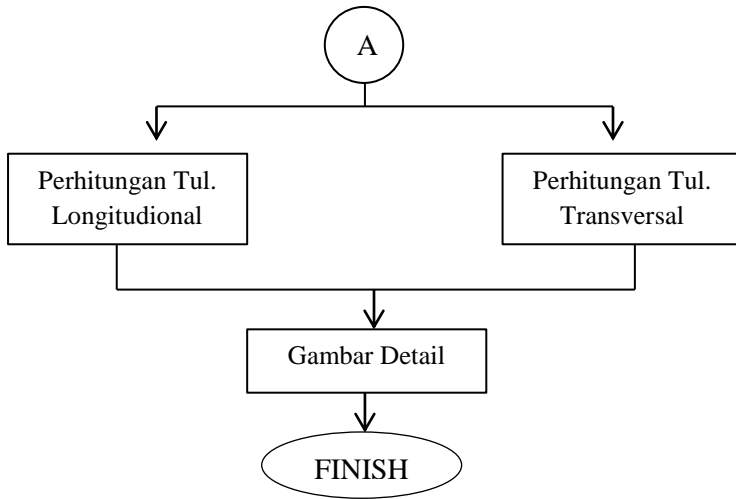
Table 4.56. Rekapitulasi Penulangan Balok B35 Eksterior Portal Melintang Lanjutan

No	Lantai	Jenis Gaya Dalam			Penulangan												
8	LT 7 (FRAME 1007)	Torsi	16.66	kN-m		Tumpuan Kiri			Lapangan			Tumpuan Kanan					
		Tumpuan Kanan	158.00	kN-m	Tulangan Atas	5	D	19	3	D	19	5	D	19			
		Tumpuan kiri	155.07	kN-m	Tulangan Bawah	3	D	19	4	D	19	3	D	19			
		Lapangan	128.65	kN-m	Tulangan Tengah	2	D	13	2	D	13	2	D	13			
		Geser Tumpuan	91.55	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	200	D	13	S	110
		Geser Lapangan	75.19	kN													
9	LT 8 (FRAME 1076)	Torsi	16.66	kN-m		Tumpuan Kiri			Lapangan			Tumpuan Kanan					
		Tumpuan Kanan	152.24	kN-m	Tulangan Atas	5	D	19	3	D	19	5	D	19			
		Tumpuan kiri	152.56	kN-m	Tulangan Bawah	3	D	19	4	D	19	3	D	19			
		Lapangan	123.12	kN-m	Tulangan Tengah	2	D	13	2	D	13	2	D	13			
		Geser Tumpuan	90.15	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	200	D	13	S	110
		Geser Lapangan	75.19	kN													
10	LT 9 (FRAME 1147)	Torsi	11.02	kN-m		Tumpuan Kiri			Lapangan			Tumpuan Kanan					
		Tumpuan Kanan	144.21	kN-m	Tulangan Atas	5	D	19	3	D	19	5	D	19			
		Tumpuan kiri	148.82	kN-m	Tulangan Bawah	3	D	19	4	D	19	3	D	19			
		Lapangan	123.12	kN-m	Tulangan Tengah	2	D	13	2	D	13	2	D	13			
		Geser Tumpuan	88.68	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	200	D	13	S	110
		Geser Lapangan	64.66	kN													
11	LT 10 (FRAME 1147)	Torsi	12.09	kN-m		Tumpuan Kiri			Lapangan			Tumpuan Kanan					
		Tumpuan Kanan	142.41	kN-m	Tulangan Atas	5	D	19	3	D	19	5	D	19			
		Tumpuan kiri	151.30	kN-m	Tulangan Bawah	3	D	19	4	D	19	3	D	19			
		Lapangan	102.62	kN-m	Tulangan Tengah	2	D	13	2	D	13	2	D	13			
		Geser Tumpuan	96.78	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	200	D	13	S	110
		Geser Lapangan	79.01	kN													
12	LT 11 (FRAME 1327)	Torsi	15.24	kN-m		Tumpuan Kiri			Lapangan			Tumpuan Kanan					
		Tumpuan Kanan	138.97	kN-m	Tulangan Atas	5	D	19	3	D	19	5	D	19			
		Tumpuan kiri	140.12	kN-m	Tulangan Bawah	3	D	19	4	D	19	3	D	19			
		Lapangan	80.24	kN-m	Tulangan Tengah	2	D	13	2	D	13	2	D	13			
		Geser Tumpuan	92.49	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	200	D	13	S	110
		Geser Lapangan	73.18	kN													
12	LT Atap (FRAME 1361)	Torsi	8.38	kN-m		Tumpuan Kiri			Lapangan			Tumpuan Kanan					
		Tumpuan Kanan	122.91	kN-m	Tulangan Atas	4	D	19	3	D	19	4	D	19			
		Tumpuan kiri	120.80	kN-m	Tulangan Bawah	3	D	19	4	D	19	3	D	19			
		Lapangan	88.75	kN-m	Tulangan Tengah	2	Ø	13	2	Ø	13	2	Ø	13			
		Geser Tumpuan	87.05	kN	Tulangan Transversal	D	13	S	110	D	13	S	200	D	13	S	110
		Geser Lapangan	80.78	kN													

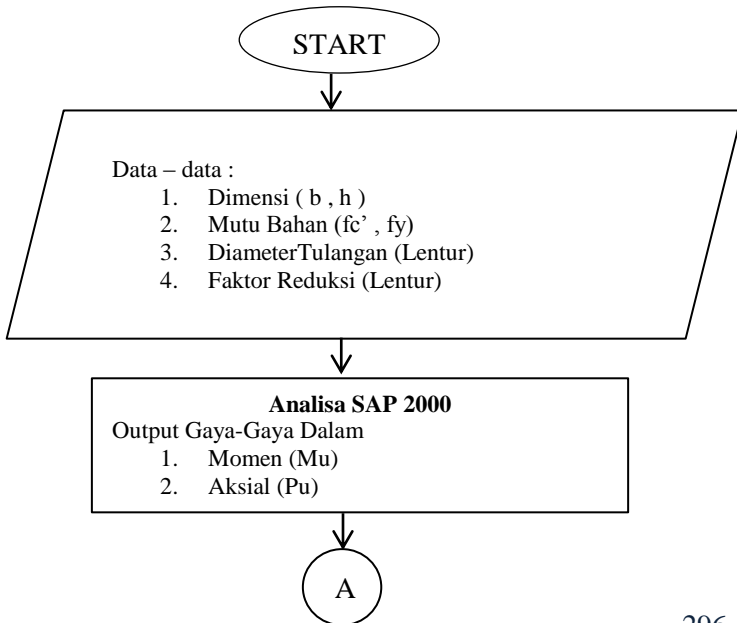
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

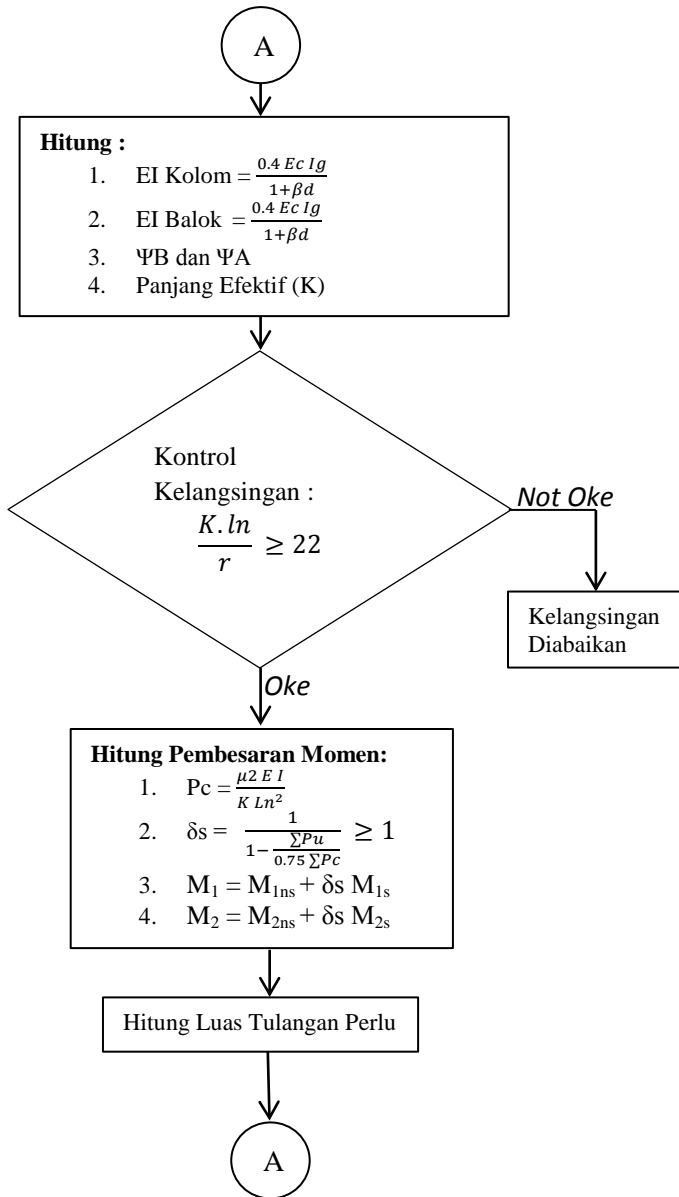
4.6.2. Perhitungan Struktur Kolom

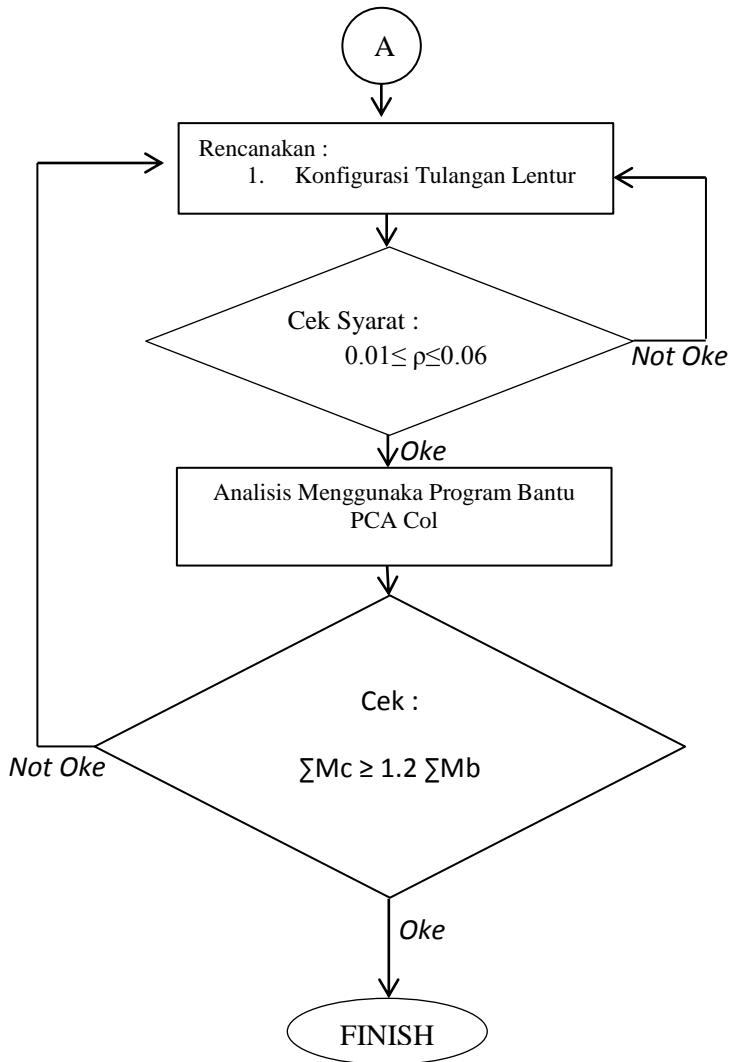




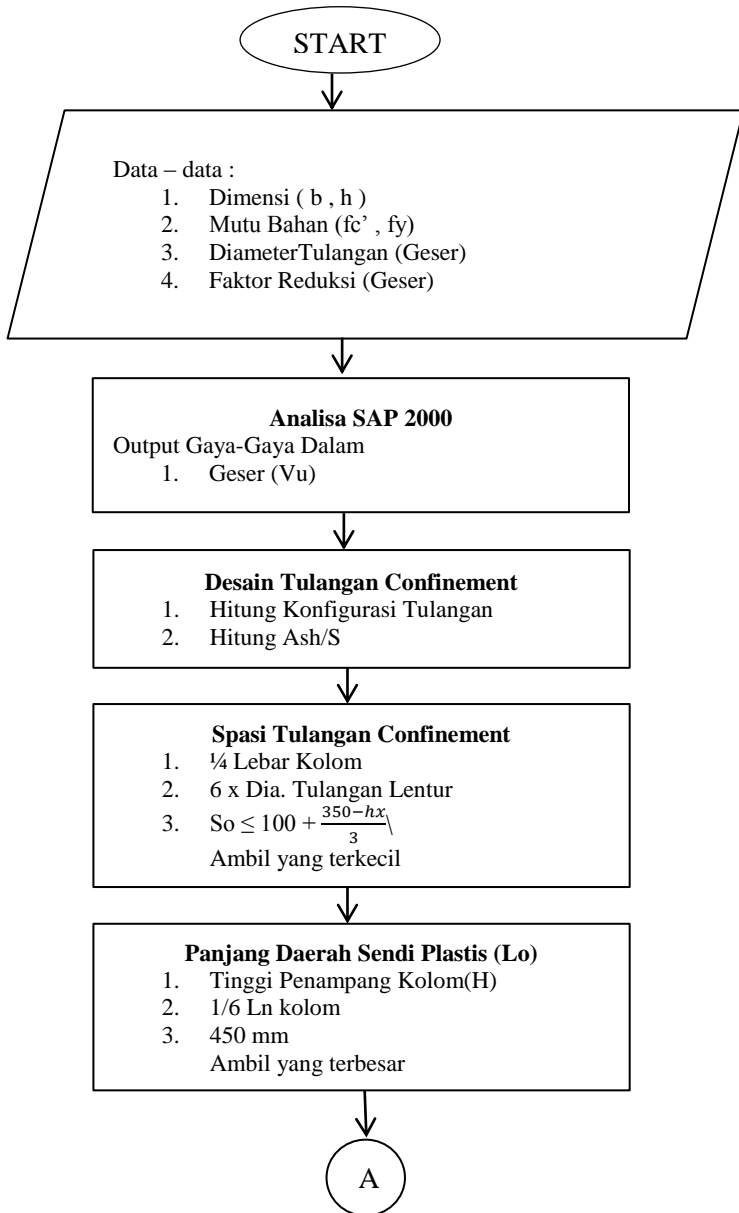
Gambar 4.89. Flowchart Perhitungan Tulangan Kolom

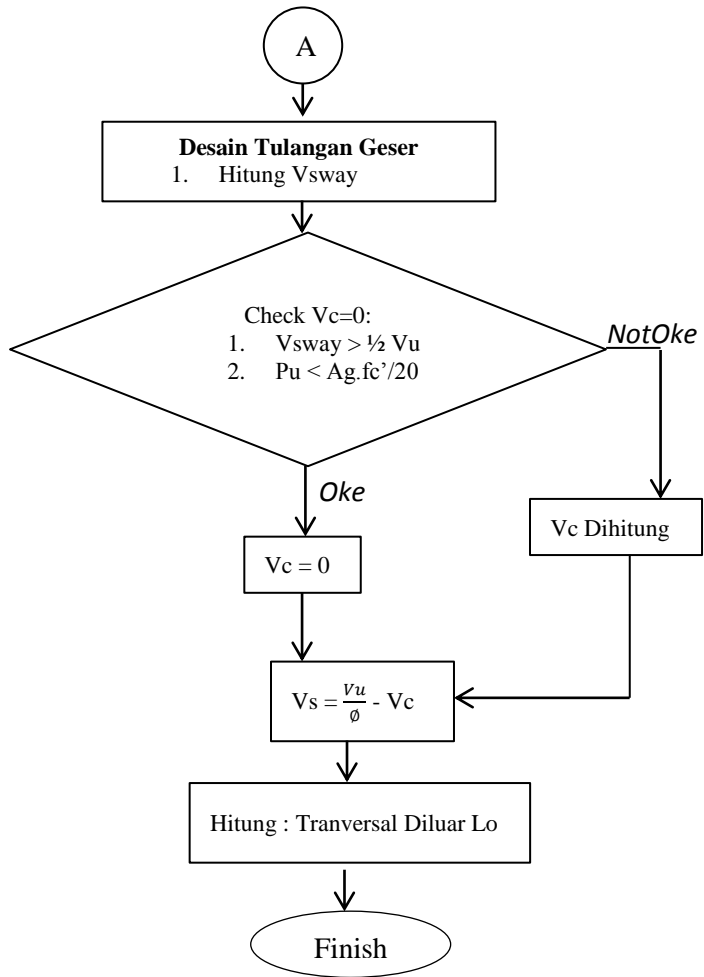






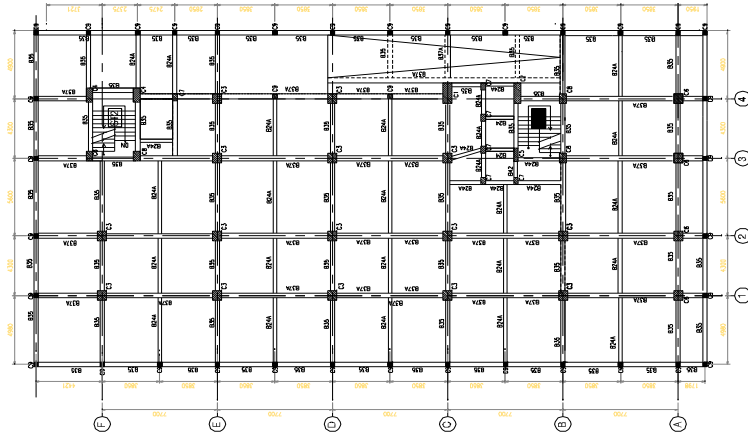
Gambar 4.90. Flowchart Penulangan Longitudional Kolom





Gambar 4.91. Flowchart Penulangan Transversal Kolom

Data Desain Kolom Struktur Type C3 (600/700) Lantai Ground



Gambar 4.92. Denah LT Ground

A. Data perencanaan

Tipe kolom : C3

Tinggi Kolom Struktur

Tinggi kolom Atas : 3300 mm

Tinggi kolom Desain : 4500 mm

Tinggi kolom Bawah : 3000 mm

Dimensi Kolom Struktur

Tinggi kolom Atas

Lebar Kolom (b) : 450 mm

Tinggi Kolom (h) : 700 mm

Tinggi kolom Desain

Lebar Kolom (b) : 600 mm

Tinggi Kolom (h) : 700 mm

Tinggi kolom Bawah

Lebar Kolom (b) : 600 mm

Tinggi Kolom (h) : 700 mm

Dimensi Balok Struktur

Balok Memanjang

Balok Diatasnya

Lebar Balok (b) : 400 mm

Tinggi Balok (h) : 600 mm

Balok Dibawahnya

Lebar Balok (b) : 400 mm

Tinggi Balok (h) : 600 mm

Balok Melintang

Balok Diatasnya

Lebar Balok (b) : 300 mm

Tinggi Balok (h) : 500 mm

Balok Dibawahnya

Lebar Balok (b) : 300 mm

Tinggi Balok (h) : 500 mm

Mutu Bahan

Kuat Tekan Beton (f_c') : 35 Mpa

Modulus Elastisitas Baja (E_s) : 200000 Mpa

Modulus Elastisitas Beton (E_c) : 27806 Mpa

Kuat Leleh Tulangan Lentur (f_y) : 400 Mpa

Kuat Leleh Tulangan Geser (f_y) : 400 Mpa

Diameter Tulangan

Diameter Tulangan Lentur (D) : 19 mm

Diameter Tulangan Geser (D) : 13 mm

Syarat dan Ketentuan SNI

Tebal Selimut Beton : 40 mm

Jarak Spasi Tulangan Minimum : 25 mm

Faktor Reduksi Lentur (ϕ) : 0.9

Faktor Reduksi Geser (ϕ) : 0.75

B. Tinggi efektif kolom

$$d = h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul. lentur}$$

$$d = 700 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \times 19 \text{ mm}\right)$$

$$d = 636 \text{ mm}$$

$$d' = \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul. lentur}$$

$$d' = 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \left(\frac{1}{2} \times 19 \text{ mm}\right)$$

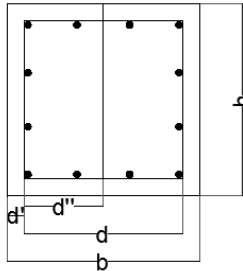
$$d' = 64 \text{ mm}$$

$$d'' = h - \text{decking} - \emptyset \text{ sengkang} - \frac{1}{2} \emptyset \text{ tul. Lentur} - \frac{1}{2} h$$

$$d'' = 700 \text{ mm} - 40 \text{ mm} - 13 \text{ mm} - \frac{1}{2} \times 19 \text{ mm} -$$

$$\frac{1}{2} \times 700 \text{ mm}$$

$$d'' = 336 \text{ mm}$$



Gambar 4. 1 Tinggi efektif kolom

C. Output Gaya Gaya Dalam Pada Program SAP 2000

Table 4.57 Output Gaya Dalam Aksial Kolom

Gaya Dalam	Kombinasi Beban	Nilai	
Beban Mati			
Aksial Kolom Beban Mati	Dead	2213267.39	N
Aksial Kolom Ultimate	1.4D	3098574.346	N
Beban Hidup			
Aksial Kolom Beban Hidup	Live	1294485.48	N
Aksial Kolom Ultimate	1.6L	2071176.768	N
Kombinasi Beban Mati, Hidup dan Gempa			
Aksial Kolom Ultimate	1.2D + 1.6L	5966703.77	N
Aksial Kolom Ultimate	Envelope	5968802.55	N

Table 4.58 Output Gaya-Gaya Dalam Momen Kolom

Gaya Dalam	Kombinasi Beban	Nilai	
Momen Arah X (Gravitasi) M3-3			
M1ns	1.2D + 1.6L	186958670	N
M2ns	1.2D + 1.6L	194065557	N
Momen Arah Y (Gravitasi) M2-2			
M1ns	1.2D + 1.6L	71362097	N
M2ns	1.2D + 1.6L	86424503	N
Momen Arah X (Akibat Gempa) M3-3			
M1s	Envelope	260361616	N-mm
M2s	Envelope	268083485	N-mm
Momen Arah Y (Akibat Gempa) M2-2			
M1 S	Envelope	225606022	N-mm
M2 S	Envelope	262908496	N-mm

M_{1ns} = Momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M1 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping tidak besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, N·mm, Pasal 10

M_{2ns} = Momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M2 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping tidak besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, N·mm, Pasal 10

M_{1s} = momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M1 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, N·mm, Pasal 10

M_{2s} = momen ujung terfaktor pada komponen struktur tekan pada ujung dimana M2 bekerja, akibat beban yang mengakibatkan goyangan samping cukup besar, yang dihitung menggunakan analisis rangka elastis orde pertama, N·mm, Pasal 10

D. Syarat gaya aksial kolom

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.1 persyaratan kolom struktur sebelum dilakukan perhitungan.

1. $P_u > A_g f_c' / 10$

$$5966.7 \text{ kN} > (600 \times 700 \times 35) / 10$$

$$5966.7 \text{ kN} > 1470 \text{ kN}$$

Maka Syarat Memenuhi

2. Sisi Terpendek (B) > 300 mm

Dimensi Kolom Lebar (B) = 600mm

Tinggi (H) = 700 mm

$$= 600 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

Maka Syarat Memenuhi

3. Rasio Penampang > 0,4
 = B/H > 0,4
 = 600/700 > 0,4
 = 0,86 > 0,4

Maka Syarat Memenuhi

E. Kontrol kelangsingan kolom

Berdasarkan peraturan beton (SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.6.1)

$$\beta = \frac{1.2 P u_{DL}}{P u_{1,2DL+1,6LL}}$$

$$\beta = \frac{1.2 \times 2213267.39 \text{ N}}{5966703.77 \text{ N}}$$

$$\beta = 0,445$$

F. Panjang tekuk kolom

Berdasarkan peraturan beton (SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7.2 dan pasal 10.10.6.1 pers. 10-15)

$$\psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L}\right)_{kolom}}{\sum \left(\frac{EI}{L}\right)_{balok}}$$

Dengan :

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

Kolom yang ditinjau Kolom Desain C3 (60/70)

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_d}$$

$$EI = \frac{0,4 \times 27806 \text{ Mpa} \times \frac{0,7 \times 600 \text{ mm} \times (700 \text{ mm})^3}{12}}{1 + 0,445}$$

$$EI = 131993028011492 \text{ Nmm}^2$$

Elemen yang diatasnya

Kolom C8 (45/70)

$$EI = \frac{0,4 Ec Ig}{1 + \beta_d}$$

$$EI = \frac{0,4x 27806 Mpa x \frac{0,7x 450mmx7400mm)^3}{12}}{1 + 0,445}$$

$$EI = 98994771008619.20 Nmm^2$$

Elemen yang dibawahnya

Kolom C3 (60/70)

$$EI = \frac{0,4 Ec Ig}{1 + \beta_d}$$

$$EI = \frac{0,4x 27806 Mpa x \frac{0,7x 600 mmx7400mm)^3}{12}}{1 + 0,445}$$

$$EI = 131993028011492 Nmm^2$$

Balok Memanjang (40/60)

Balok Diatasnya

$$EI = \frac{0,4 Ec Ig}{1 + \beta_d}$$

$$EI = \frac{0,4x27806 Mpa x \frac{0,7x 400mmx(600mm)^3}{12}}{1 + 0,445}$$

$$EI = 55413982605407.80 Nmm^2$$

Balok Dibawahnya

$$EI = \frac{0,4 Ec Ig}{1 + \beta_d}$$

$$EI = \frac{0,4x27806 Mpa x \frac{0,7x 400mmx(600mm)^3}{12}}{1 + 0,445}$$

$$EI = 55413982605407.80 Nmm^2$$

Balok Melintang (30/50)

Balok Diatasnya

$$EI = \frac{0,4 Ec Ig}{1 + \beta_d}$$

$$EI = \frac{0,4 \times 27806 \text{ Mpa} \times \frac{0,7 \times 300 \text{ mm} \times (500 \text{ mm})^3}{12}}{1 + 0,445}$$

$$EI = 24051207728041.60 \text{ Nmm}^2$$

Balok Diatasnya

$$EI = \frac{0,4 Ec Ig}{1 + \beta_d}$$

$$EI = \frac{0,4 \times 27806 \text{ Mpa} \times \frac{0,7 \times 300 \text{ mm} \times (500 \text{ mm})^3}{12}}{1 + 0,445}$$

$$EI = 24051207728041.60 \text{ Nmm}^2$$

Maka Panjang Tekuk Kolom adalah :

$$\psi a = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L}\right)_{kolom}}{\sum \left(\frac{EI}{L}\right)_{balok}}$$

$$\psi a = \frac{\left(\frac{EI}{L}\right)_{kolom} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{kolom \text{ atas}}}{\left(\frac{EI}{L}\right)_{Ba} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{Ba}}$$

$$\psi a = 1,25$$

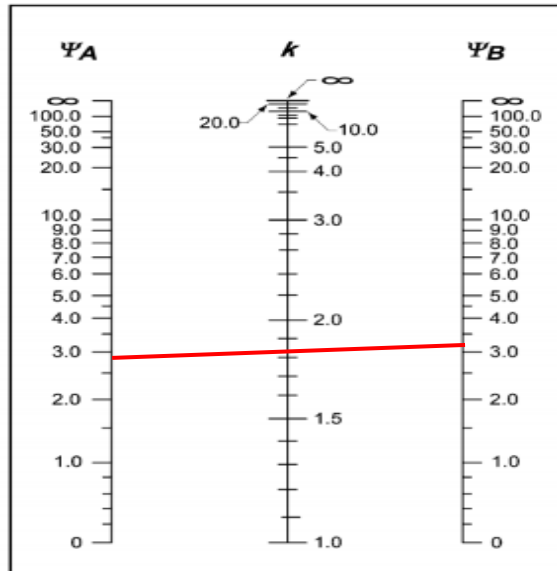
$$\psi b = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L}\right)_{kolom}}{\sum \left(\frac{EI}{L}\right)_{balok}}$$

$$\psi b = \frac{\left(\frac{EI}{L}\right)_{kolom} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{kolom \text{ bawah}}}{\left(\frac{EI}{L}\right)_{Bb} + \left(\frac{EI}{L}\right)_{Bb}}$$

$$\psi b = 3.32$$

G. Panjang tekuk kolom

Untuk menentukan panjang tekuk kolom, akan diterapkan dengan menggunakan diagram faktor panjang tekuk (k) (SNI 03-2847-2013 Pasal 10.10.7.2)



Sehingga berdasarkan grafik diatas diperoleh nilai faktor panjang tekuk kolom (k) adalah 1,80

H. Radius girasi (r)

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$
$$r = 202.07mm$$

(SNI 2847-2013 psl 10.10.1.2)

I. Kontrol kelangsingan

Pengaruh kelangsingan boleh diabaikan dalam kasus-kasus berikut :

$$\frac{kl}{r} \geq 22$$

$$\frac{1,8 \times 4500 \text{ mm}}{202,07 \text{ mm}} \geq 22$$

$$34,74 \geq 22 \quad \text{Pengaruh kelangsingan diabaikan (termasuk kolom langsing)}$$

J. Peninjauan kolom akibat momen arah x
Perhitungan nilai P_c pada kolom berdasarkan SNI beton (SNI 2847-2013 psl 10.10.6 pers.10-13)

$$P_c = \frac{\pi^2 EI}{(K \cdot l^2)}$$

$$P_c = \frac{\pi^2 \times 131993028011492 \text{ Nmm}^2}{(1,80 \cdot 4500 \text{ mm}^2)}$$

$$P_c = 35739889,44 \text{ N}$$

Faktor pembesaran momen (δ_s)

Berdasarkan SNI beton (SNI 2847-2013 psl 10.10.7.4 pers.10-21)

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum Pu}{0,75 \sum P_c}} \geq 1$$

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{5968802,55 \text{ N}}{0,75 \times 35739889,44 \text{ N}}} \geq 1$$

$$\delta_s = 1,29 \geq 1 \text{ (memenuhi)}$$

Nilai pembesaran momen :

$$\begin{aligned}M_1 &= M_{1ns} + \delta_s M_{1s} \\ &= 186958670 \text{ Nmm} + 1,29 \times 260361616 \text{ Nmm} \\ &= 521904588.9 \text{ Nmm} \\ &\quad \text{(SNI 2847-2013 psl 10.10.7 pers.10-18)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}M_2 &= M_{2ns} + \delta_s M_{2s} \\ &= 194065557 \text{ Nmm} + 1,29 \times 268083485 \text{ Nmm} \\ &= 538945384.5 \text{ Nmm} \\ &\quad \text{(SNI 2847-2013 psl 10.10.7 pers.10-19)}\end{aligned}$$

Momen yang diambil adalah yang terbesar yaitu 538945384.5 Nmm

Menentukan ρ_{perlu} dari diagram interaksi

$$\begin{aligned}\mu &= h \text{ kolom} - (2 \cdot \text{decking}) - (2 \cdot \text{\textcircled{O}geser}) - \text{\textcircled{O}lentur} \\ &= 700 \text{ mm} - (2 \times 40 \text{ mm}) - (2 \times 13 \text{ mm}) - 22 \text{ mm} \\ &= 572 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\mu = \frac{\mu h}{h \text{ kolom}}$$

$$\mu = \frac{572 \text{ mm}}{700 \text{ mm}}$$

$$\mu = 0,8$$

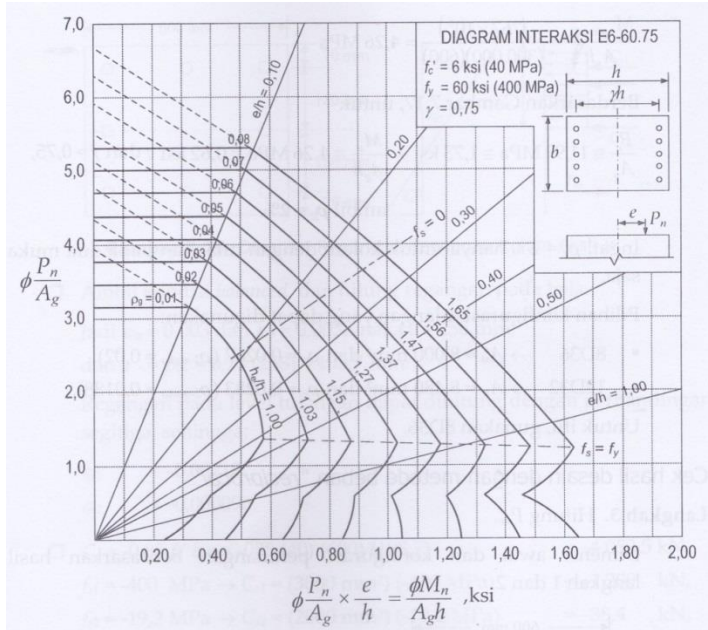
Sumbu vertikal

$$\begin{aligned}\frac{\phi P_n}{A_g} &= \frac{P_u}{b \cdot h} = \frac{5966703.77}{600 \text{ mm} \times 700 \text{ mm}} = 14 \text{ Mpa} \\ &= 2.13 \text{ Ksi}\end{aligned}$$

Sumbu horisontal

$$\frac{\phi M_n}{A_g h} = \frac{Mu}{b \cdot h^2} = \frac{538945384.5}{600 \text{ mm} \times 700 \text{ mm}} = 2 \text{ Mpa}$$

$$= 0.27 \text{ Ksi}$$



Sehingga diperoleh $\rho_{\text{perlu}} = 1\% = 0,01$

Perhitungan tulangan kolom

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times h \\ &= 0,01 \times 600 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \\ &= 4200 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

1. Desain Komponen Struktur Kolom SRPMK

A. Cek Konfigurasi Tulangan

Dimensi Kolom (B) = 600mm

(H) = 700 mm

As perlu (D) = 4200 mm²

Dimensi Tulangan (D) = 19 mm

Jenis	Dimensi		Jumlah	As (mm ²)
	D	Diameter (mm)		
19	19	283	16	4534

Berdasarkan SNI 2847:2013 Pasal 21.6.3 Luas tulangan Memanjang Ast adalah :

$$= 0,01 A_g < \rho < 0,06 A_g$$

$$\rho = \frac{A_s}{(B \times H)} = 0,0108$$

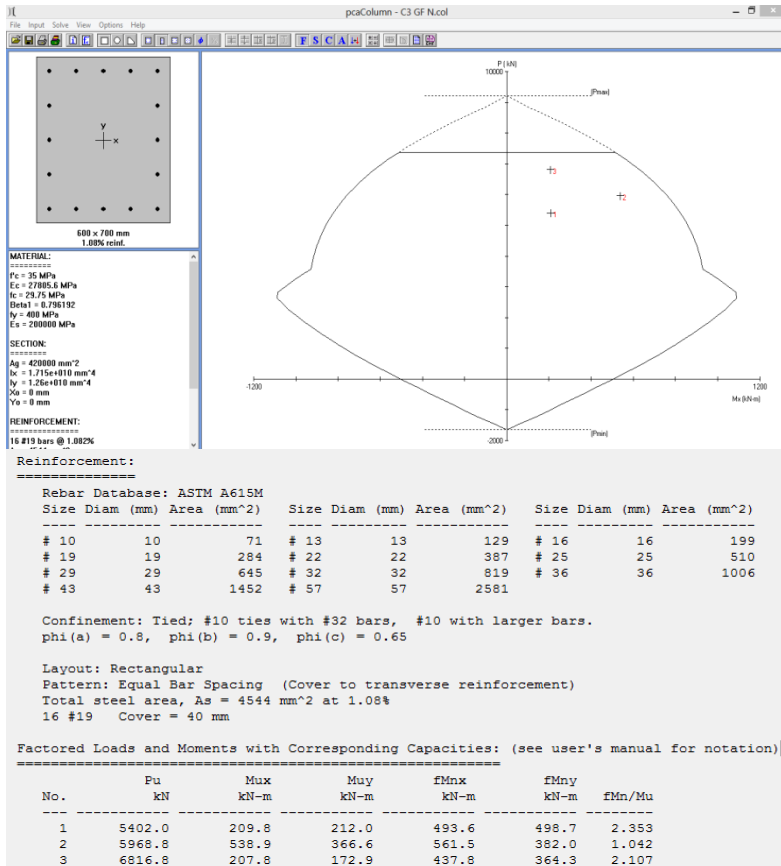
Maka : $0,01 < 0,0108 < 0,06$

Syarat Memenuhi

B. Analisis Menggunakan PCA Col

Table 4.59. Output Gaya-Gaya Dalam Kolom

Komponen	Momen X	Momen Y	Aksial	Geser
	kN-m	kN-m	kN	kN
Kolom Atas	209.8	211.98	5401.99	126.03
Kolom Desain	538.945	366.620	5968.803	206.68
Kolom Bawah	207.75	172.88	6816.81	95.49



Gambar 4.93. Output PCA Col

Kolom Atas $\phi M_n = 493.6 \text{ kN-m}$

Kolom Desain $\phi M_n = 561.5 \text{ kN-m}$

Kolom Bawah $\phi M_n = 437.8 \text{ kN-m}$

C. Kuat Kolom

SNI 2847:2013 Pasal 21.6.2.2 mensyaratkan bahwa kuat kolom ϕM_n harus memenuhi persyaratan berikut :

$$\sum M_c \geq 1,2 \sum M_g$$

Dimana :

$\sum M_c$ = Jumlah M_n dua kolom yang bertemu dijoin.

$\sum M_g$ = Jumlah M_n dua Balok yang bertemu dijoin.

M_n Balok 1 = 439 kN-m

M_n Balok 2 = 286 kN-m

$$\begin{aligned} \text{Jadi : } 1,2 \sum M_g &= 1,2 (439 \text{ kN-m} + 286 \text{ kN-m}) \\ &= 870.47 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

Kolom Lt Atas (1st Floor)

ϕP_n -abv = Gaya aksial terfaktor dikolom atas = 5402 kN

Dari Diagram Interaksi Kolom PCA Col ϕM_n abv= 493.6 kN-m

Kolom Lt Desain (Ground Floor)

ϕP_n -abv = Gaya aksial terfaktor dikolom Desain = 5968.80 kN

Dari Diagram Interaksi Kolom PCA Col ϕM_n dsn = 561.5 kN-m

Maka :

$$\begin{aligned} \sum M_c &= \phi M_n \text{ abv} + \phi M_n \text{ dsn} \\ &= 493.6 \text{ kN-m} + 561.5 \text{ kN-m} = 1055 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \sum M_c &\geq 1,2 \sum M_g \\ 1055 \text{ kN-m} &\geq 870.47 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

Maka Syarat Memenuhi

Kolom Lt dsn (Ground Floor)

ϕP_n -abv = Gaya aksial terfaktor dikolom atas = 5968.80 kN

Diagram Interaksi Kolom PCA Col ϕM_n dsn= 561.5 kN-m

Kolom Lt blw (Basemen)

$\varnothing P_n - abv =$ Gaya aksial terfaktor dikolom blw = 6816.8 kN

Diagram Interaksi Kolom PCA Col $\varnothing M_n$ blw = 437.8 kN-m

Maka :

$$\begin{aligned} \sum M_c &= \varnothing M_n \text{ dsn} + \varnothing M_n \text{ blw} \\ &= 561.5 \text{ kN-m} + 437.8 \text{ kN-m} = 999 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{aligned} \sum M_c &\geq 1,2 \sum M_g \\ 999 \text{ kN-m} &\geq 870.47 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

Maka Syarat Memenuhi

D. Desain Tulangan Confinement

Berdasarkan SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.4 Total luas penampang hoops tidak kurang dari salah satu yang terbesar dari persamaan berikut :

$$\begin{aligned} \text{Ash-1} &= 0,3 \left(\frac{S b_c f_c}{f_y} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\ \text{Ash-2} &= \frac{0,09 S b_c f_c}{f_y} \end{aligned}$$

Asumsi tulangan confinement 6 kaki diameter D13

i	Dimensi		Jumlah	As (mm ²)
D	Diameter (mm)	Luas/Bar (mm ²)		
13	13	133	8	1061

$$\begin{aligned} b_c &= \text{Lebar Penampang Inti Beton (yang terkekang)} \\ &= b_w - 2(40 + 1/2db) \\ &= 600 - 2(40 + 13/2) \\ &= 507 \text{ mm} \end{aligned}$$

Ach = Luas Penampang Inti beton, diukur dari serat terluar hoop keserat terluar hoops disisi lainnya.

$$\begin{aligned}
 &= (bw - 2(40)) \times (bw - 2(40)) \\
 &= (600 - 2(40))^2 \\
 &= 270400 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 \text{Ash-1/s} &= 0,3 \left(\frac{b_c f_c}{f_y} \right) \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\
 &= 0,3 \left(\frac{507 \text{ mm} \times 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \right) \left(\frac{(600 \text{ mm} \times 700 \text{ mm})}{270400 \text{ mm}^2} - 1 \right) \\
 &= 8.71 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ash-2/s} &= \frac{0,09 b_c f_c}{f_y} \\
 &= \frac{0,09 \times 507 \text{ mm} \times 35 \text{ Mpa}}{400 \text{ Mpa}} \\
 &= 3.99 \text{ mm}^2/\text{mm}
 \end{aligned}$$

Nilai yang terbesar dari persamaan 1 dan 2 adalah :

$$\text{Ash/s} = 8.71 \text{ mm}^2/\text{mm}$$

SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.3 Spasi tulangan sepanjang sendi plastis (Lo) komponen struktur tidak boleh melebihi yang terkecil dari :

- a. $1/4 B = 1/4 \times 600\text{mm} = 150 \text{ mm}$
- b. $6 \times db = 6 \times 22 \text{ mm} = 132 \text{ mm}$
- c. $So = 100 + \left(\frac{350-hx}{3} \right)$

$$hx = 2/3 bc = 2/3 \times 507 \text{ mm} = 338 \text{ mm}$$

$$So = 104 \text{ mm}$$

Syarat : $100 \leq S_o \leq 150 \text{ mm}$

Maka Spasi = 100 mm

Sehingga :

$$\text{Ash-1} = 8.71 \text{ mm}^2/\text{mm} \times 100 \text{ mm} = 871 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ash-2} = 3,99 \text{ mm}^2/\text{mm} \times 100 \text{ mm} = 399 \text{ mm}^2$$

Maka, Digunakan 8 kaki D13 dengan luas penampang

$$A_s = 1061 \text{ mm}^2 > \text{Ash-1} = 871 \text{ mm}^2$$

SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.1. panjang L_o tidak boleh kurang dari yang terbesar persamaan berikut:

- a. Tinggi Kolom H = 700 mm
- b. 1/6 Panjang Bersih Kolom = 633 mm
- c. 450 mm = 450 mm

Sehingga Digunakan $L_o = 700 \text{ mm}$

SNI 2847:2013 pasal 21.6.4.5 Diluar panjang L_o kolom harus dikekang tulangan transversal dengan spasi ditentukan dengan persamaan sebeagai berikut :

- a. $6d_b = 6 \times 22 = 132 \text{ mm}$
- b. $150 \text{ m} = 150 \text{ mm}$

Sehingga Digunakan spasi 125 mm

E. Desain Tulangan Geser

V_e tidak perlu lebih besar dari V_{sway} yang dihitung berdasarkan M_{pr} balok :

Komponen	Mpr 1	Mpr 2
Atas		
Balok Lt 1	534.11	351.57
Bawah		
Balok Lt Ground	534.11	351.57

$$V_{sway} = \frac{M_{pr-top} \times DF_{top} + M_{pr-btm} \times DF_{btm}}{L_n}$$

$$V_{sway} = \frac{885.68 \text{ kN-m} \times 0,5 + 885.68 \text{ kN-m} \times 0,5}{4,1 \text{ m}}$$

$$= 227.1 \text{ kN}$$

Sehingga $V_e = V_{sway} = 227.1 \text{ kN}$

Tapi V_e tidak boleh lebih kecil dari gaya geser terfaktor hasil analisis SAP 2000, Maka $V_u = 206.68 \text{ kN}$

Syarat : $V_e > V_u$, Maka Syarat Memenuhi

Kuat Geser Beton V_c boleh diambil = 0 Jika memenuhi persyaratan Berikut :

- a. $V_e > 1/2 V_u$
 $224.676 \text{ kN} > 1/2 \times 158.5 \text{ kN}$
 $224.676 \text{ kN} > 79.25 \text{ kN}$ (Oke)
- b. $P_u < A_g f_c' / 10$
 $5966.7 \text{ kN} > ((600 \times 700) \times 35) / 10$
 $5966.7 \text{ kN} > 1470 \text{ kN}$ (Not Oke)

Maka Syarat Tidak memenuhi, V_c Diperhitungkan

Kuat Geser Beton :

$$(V_c) = \frac{\sqrt{f_{cr}}}{6} b d = 376.26 \text{ kN}$$

Cek Apakah Dibutuhkan Tulangan Geser :

$$\frac{V_e}{\phi} > \frac{1}{2} V_c$$

$$\frac{227.1 \text{ kN}}{0,75} > \frac{1}{2} \times 376.26 \text{ kN}$$

$$302.8 \text{ kN} > 188.13 \text{ kN}$$

Maka : Perlu Tulangan Geser

Cek Apakah Cukup Dipasang Tulangan Geser Minimum

$$\begin{aligned} A_v - \min &= \frac{1}{3} \times \frac{b_w s}{f_y} \\ &= \frac{1}{3} \times \frac{600 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}}{400 \text{ Mpa}} \\ &= 50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol :

As Confinement > $A_v - \min$

$$1061.3 \text{ mm}^2 > 50 \text{ mm}^2$$

Maka Tulangan Geser Zona Lo = D13-100

Untuk Bentang Di Luar Lo :

SNI 2847:2013 pers (11-4) memberikan harga V_c bila ada gaya aksial yang bekerja :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'c'} \text{ bw d}$$

Dimana :

$$Nu = \text{Gaya Aksial Terkecil dari semua kombinasi beban} \\ = 0,9D + 1,0E = 3024 \text{ kN (SAP 2000)}$$

$$\lambda = 1$$

Sehingga :

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'c'} \text{ bw d} \\ = 581.170 \text{ kN}$$

$$\text{Maka : } V_c > V_u / \emptyset$$

$$: 581.170 \text{ kN} > 302.8$$

Maka Tulangan Sengkang Tidak dibutuhkan

Sehingga: dipasang tulangan sengkang didaerah diluar Lo
D13-150

I. Panjang Penyaluran Tulangan Balok

Penyaluran Tulangan Dalam Kondisi Tarik (l_d)

Penyaluran tulangan dalam kondisi tarik dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 pasal 12.2*

Panjang penyaluran untuk batang ulir dan kawat dalam kondisi tarik tidak boleh kurang dari 300 mm.

[SNI 03-2847-2013 pasal 12.2.1]

Untuk panjang penyaluran batang ulir dan kawat ulir dapat dihitung berdasarkan *SNI 03-2847-2013 tabel pada pasal 12.2* sebagai berikut:

Table 4.60. Penyaluran Batang Tulangan

	Batang tulangan atau kawat ulir D-19 dan yang lebih kecil	Batang tulangan D-22 dan yang lebih besar
Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari d_b , selimut bersih tidak kurang dari d_b , dan sengkang atau pengikat sepanjang l_d tidak kurang dari minimum Tata Cara atau Spasi bersih batang tulangan atau kawat yang disalurkan atau disambung tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut bersih tidak kurang dari d_b	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{2,1\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,7\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$
Kasus-kasus lain	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,4\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$	$\left(\frac{f_y \Psi_t \Psi_e}{1,1\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$

Dimana,

l_d = Panjang penyaluran tulangan kondisi tarik

d_b = diameter tulangan lentur yang dipakai

Ψ_t = faktor lokasi penulangan

ψ_e = faktor pelapis

Perhitungan :

$$l_d = \left(\frac{f_y \psi_t \psi_e}{1,7\lambda\sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

$$l_d = \left(\frac{400 \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{25}} \right) 22$$

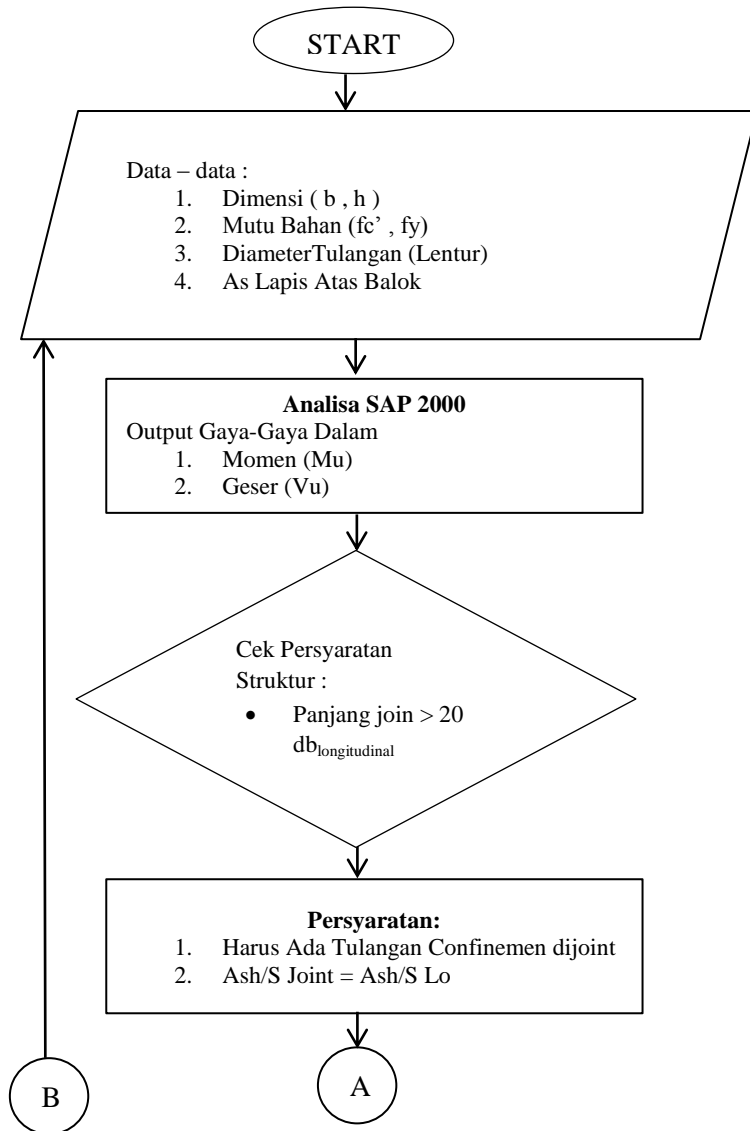
$$l_d = 874,98 \text{ mm}$$

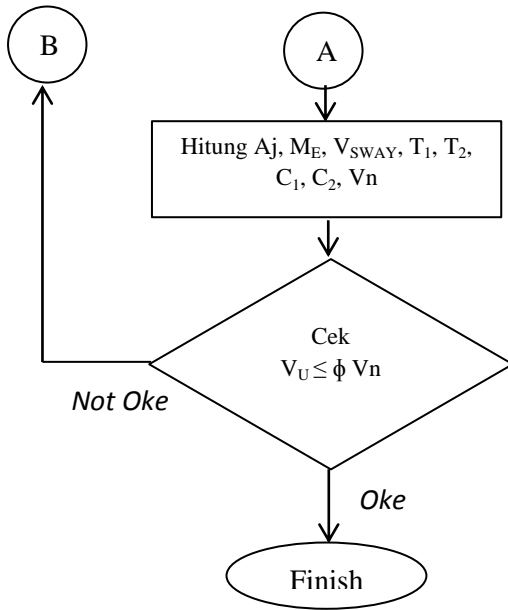
Syarat :

$$l_d > 300 \text{ mm}$$

$$874,98 \text{ mm} > 300 \text{ mm} \quad \text{Memenuhi}$$

4.6.3. Hubungan Balok – Kolom SRPMK

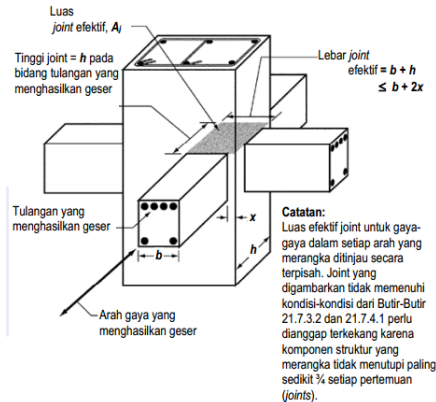




Gambar 4.94. Flowchart Hubungan Balok Kolom

1. Dimensi Join

SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1 Luas penampang efektif dalam suatu join yang dihitung dari tinggi join kali lebar join efektif . Tinggi join merupakan tinggi kolom dan lebar join merupakan lebar kolom.



Gambar 4.95. Luas Join Efektif

Luas efektif hubungan balok – kolom, dinyatakan dalam A_j adalah.

$$\begin{aligned} A_j &= 600 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \\ &= 420000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

SNI 2847:2013 pasal 21.7.2.3. panjang join yang diukur parallel terhadap tulangan lentur balok yang menyebabkan geser dijoin sedikitnya 20 kali db longitudinal terbesar.

$$\text{Panjang Join} = 20 \times 22 = 440 \text{ mm}$$

2. Penulangan Transversal Untuk Confinemen

SNI 2847:2013 pasal 21.7.3.1 harus ada tulangan confinemen dalam join.

SNI 2847:2013 pasal 21.7.3.2 Tulangan confinement yang dibutuhkan setidaknya-tidaknya setengah tulangan confinemen yang dibutuhkan diujung kolom dan spasi ditingkatkan sampai 150 mm dengan syarat sebagai berikut :

1. Kolom Interior
2. Lebar Balok $> \frac{3}{4}$ Lebar Kolom
 $400 \text{ mm} > 450 \text{ mm}$

Sehingga : Jumlah Tulangan Confinemen di daerah join

$$\begin{aligned} \text{adalah :} \quad 0,5 \text{ Ash/s} &= 0,5 \times 7,36 \text{ mm}^2/\text{mm} \\ &= 3,680 \text{ mm}^2/\text{mm} \end{aligned}$$

Area Tulangan Hoops yang dibutuhkan :

$$\begin{aligned} \text{Ash} &= 100 \text{ mm} \times 3,680 \text{ mm}^2/\text{mm} \\ &= 368 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan baja tulangan diameter 13 mm 3 kaki

Jenis	Dimensi		Jumlah	As (mm ²)
	Diameter (mm)	Luas/Bar (mm ²)		
D				
13	13	133	3	398

Maka : Ash = 398 mm² > 368 mm²

Sehingga kebutuhan tulangan memenuhi

3. Perhitungan Geser diJoin, dan Cek Kuat Geser

Balok yang memasuki join memiliki momen ujung atau probable moment yaitu :

1. $M_{pr-1} = 534 \text{ kN-m}$
2. $M_{pr-2} = 352 \text{ kN-m}$

Pada Join, kekakuan kolom yang bertemu dijoin (DF)

$$\begin{aligned} \text{Sehingga : } M_e &= DF \times (M_{pr-1} + M_{pr-2}) \\ &= 0,5 \times (534 \text{ kN-m} + 352 \text{ kN-m}) \\ &= 442.82 \text{ kN-m} \end{aligned}$$

Geser Pada Kolom Atas :

$$\begin{aligned} V_{\text{sway}} &= (442.82 \text{ kN-m} + 442.82 \text{ kN-m})/4,1 \text{ m} \\ &= 233.074 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dibagian Atas Balok, baja tulangan yang dipakai dengan luasan : $A_s = 2269.14 \text{ mm}^2$

Gaya Tarik yang Bekerja Pada Baja Tulangan balok dibagian kiri adalah :

$$\begin{aligned} T_1 &= 1,25 A_s f_y \\ &= 1,25 \times 2269.14 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \\ &= 1134.57 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya Tekan yang Bekerja Pada Balok Kearnah Kiri adalah:

$$T1 = C1 = 1134.57 \text{ kN}$$

Gaya Tarik yang Bekerja pada Baja Tulangan Balok dibagian Kanan adalah

$$\begin{aligned} T2 &= 1,25 A_s f_y \\ &= 1,25 \times 2269.14 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa} \\ &= 1134.57 \text{ kN} \end{aligned}$$

Gaya Tekan yang Bekerja Pada Balok Kearnah Kanan adalah:

$$T2 = C2 = 1134.57 \text{ kN}$$

Sehingga Gaya Geser Ultimate join (V_u)

$$\begin{aligned} V_u &= V_{\text{sway}} - T1 - C2 \\ &= 233.074 \text{ kN} - 1134.57 \text{ kN} - 1134.57 \text{ kN} \\ &= 2036.07 \text{ kN} \end{aligned}$$

SNI 2847:2013 pasal 21.7.4.1 Kuat Geser Nominal Join yang dikekang diempat sisinya adalah :

$$\begin{aligned} V_n &= 1,7 \sqrt{f_c'} A_j \\ &= 1,7 \sqrt{35 \text{ Mpa}} 420000 \text{ mm}^2 \\ &= 4224.08 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 0,75 \times 4224.08 \text{ kN} \\ &= 3168.06 \text{ kN} \end{aligned}$$

Syarat : $\phi V_n > V_u$

Oke , Kuat Geser Join Memadai

4.6.4. Perhitungan Pelat Lantai

Perhitungan Pelat Lantai Ground:

1. Data Desain

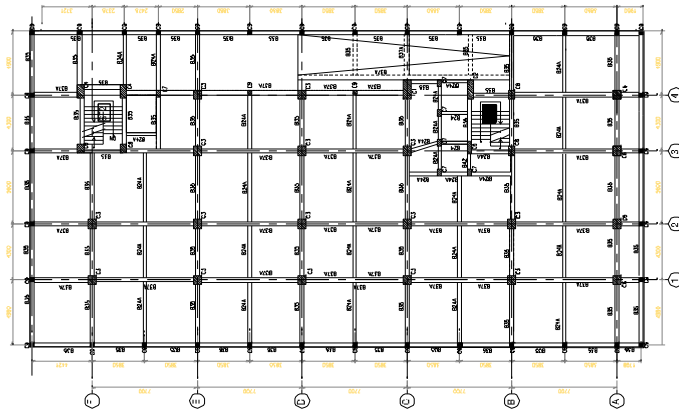
Tebal Pelat Lantai	=	150 mm
Selimut Beton	=	25 mm
Mutu Beton (f_c')	=	25 Mpa
Modulus Elastisitas (E_c)	=	23500 Mpa
Modulus Elastisitas (E_s)	=	200000 Mpa
Mutu Baja Tulangan (f_y)	=	400 Mpa
Diameter Tulangan (D)	=	12 mm

2. Pembebanan

a Beban Mati Tambahan (Dead++)					
keramik	=	21	=	21	Kg/m ²
plafon+penggantung	=	17	=	17	Kg/m ²
spesi	=	38	=	38	Kg/m ²
MEP	=	72	=	72	Kg/m ²
BERAT BEBAN MATI TAMBAHAN (DEAD++)					= 148 Kg/m²

b Beban Hidup (Live)				
Fungsi lantai loby hotel	=	479	kg/m ²	
Reduksi Beban Hidup	=	0		
Beban Hidup lantai dasar	=	479	479	kg/m²

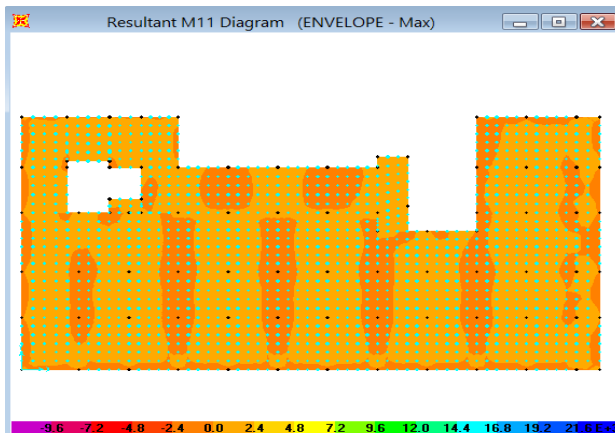
3. Penulangan Pelat Lantai



Gambar 4.96 Denah Pelat Lantai Ground

4. Perhitungan Gaya-Gaya Dalam Pelat

Analisa Pelat lantai menggunakan SAP 2000



Gambar 4.97. Output Gaya Momen Hasil Analisa SAP 2000

Table 4.61. Output Gaya Momen Hasil Analisa SAP 2000

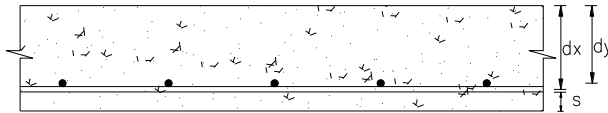
Element Forces - Area Shells						
File View Format-Filter-Sort Select Options						
Units: As Noted Element Forces - Area Shells						
	FMin Kgf/m	FAngle Degrees	FVM Kgf/m	M11 Kof-m/m	M22 Kof-m/m	
	0	0	0	-2745.29	-2508.25	
	0	0	0	-1488.5	-385.34	
	0	0	0	-1087.12	-805.35	
	0	0	0	-411.14	-1081.97	
	0	0	0	-586.01	-521.89	
	0	0	0	-242.61	-68.22	
	0	0	0	-56.47	-33.56	
	0	0	0	192.01	-342.23	

Record: 8998 of 11176

Hasil Analisa Gaya-Gaya Dalam Pelat Lantai

- Momen Maksimum Arah Y (M11) = 2745,29 kN-m
- Momen Maksimum Arah X (M22) = 2508,25 kN-m

5. Menentukan Tinggi Efektif (d)



$$\begin{aligned}
 dx &= \text{Tb. Pelat} - \text{Selimut} - 1/2D_{ia} \\
 &= 150 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 1/2 \cdot 12 \text{ mm} \\
 &= 119 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dy &= \text{Tb. Pelat} - \text{Selimut} - D_{ia} - 1/2D_{ia} \\
 &= 150 \text{ mm} - 25 \text{ mm} - 12 \text{ mm} - 1/2 \cdot 12 \text{ mm} \\
 &= 107 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

6. Penulangan Arah X (Lapangan = Tumpuan)

$$\begin{aligned} Mu &= 27,453 \text{ kN-m} \\ &= 27452900 \text{ N-mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{fy}{0,85 \times fc'} \\ &= \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa}} = 18,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rn &= \frac{Mu}{\phi b d^2} \\ &= \frac{27452900 \text{ N-mm}}{0,9 \times 1000 \text{ mm} \times 119 \text{ mm}^2} = 2,15 \text{ N/mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{18,8} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,8 \times 2,15 \text{ N/mm}}{400 \text{ Mpa}}} \right) \\ &= 0,0057 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} As_{\text{Perlu}} &= \rho_{\text{perlu}} \times b \times d \\ &= 0,0057 \times 1000 \text{ mm} \times 119 \text{ mm} \\ &= 676,98 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak Pasang Antar Tulangan

$$\text{Dia. Tul (D)} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Tul. (Av)} = 113 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Tul. (N)} &= \frac{As_{\text{perlu}}}{Av} \\ &= \frac{676,98 \text{ mm}^2}{113 \text{ mm}^2} = 7 \text{ Buah} \end{aligned}$$

$$\text{Jarak Tul. (S)} = \frac{b}{N-1}$$

$$= \frac{1000 \text{ mm}}{7-1} = 167 \text{ mm}$$

Maka Digunakan Tulangan Arah X = **D12-150 mm**

Kontrol Spasi Tulangan Maksimum

$$S.Tul < 2h$$

$$150 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

Maka Syarat Spasi Tulangan Memenuhi

7. Penulangan Arah Y (Lapangan = Tumpuan)

$$M_u = 25,08 \text{ kN-m}$$

$$= 25082500 \text{ N-mm}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{400 \text{ Mpa}}{0,85 \times 25 \text{ Mpa}} = 18,8$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{25082500 \text{ N-mm}}{0,9 \times 1000 \text{ mm} \times 107 \text{ mm}^2} = 2,43 \text{ N/mm}$$

$$\rho_{\text{-perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,8} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,8 \times 2,43 \text{ N/mm}}{400 \text{ Mpa}}} \right)$$

$$= 0,0065$$

$$\begin{aligned}
 A_{S\text{-Perlu}} &= \rho_{\text{-perlu}} \times b \times d \\
 &= 0,0065 \times 1000 \text{ mm} \times 107 \text{ mm} \\
 &= 693,33 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Jarak Pasang Antar Tulangan

$$\text{Dia. Tul (D)} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Tul. (A}_v\text{)} = 113 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah Tul. (N)} &= \frac{A_{S\text{-perlu}}}{A_v} \\
 &= \frac{693,33 \text{ mm}^2}{113 \text{ mm}^2} = 6 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jarak Tul. (S)} &= \frac{b}{N-1} \\
 &= \frac{1000 \text{ mm}}{6-1} = 200 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Maka Digunakan Tulangan Arah X = **D12-200 mm**

Kontrol Spasi Tulangan Maksimum

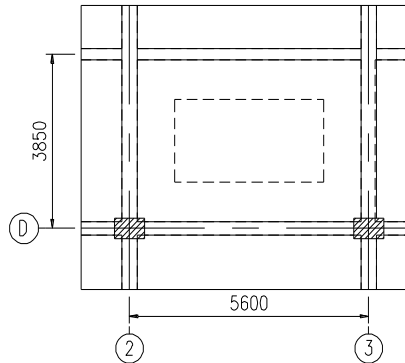
$$S.\text{Tul} < 2h$$

$$200 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

Maka Syarat Spasi Tulangan Memenuhi

Kontrol Lendutan

Kontrol Lendutan untuk mengetahui besarnya deformasi pelat lantai saat menerima beban ultimit.



Gambar 4.98. Denah Tinjauan Pelat Lantai

a Beban Mati (Dead)				
Berat Sendiri Pelat	=	360	=	360 Kg/m ²
BERAT BEBAN MATI (DEAD)			=	360 Kg/m²

b Beban Mati Tambahan (Dead++)				
keramik	=	21	=	21 Kg/m ²
plafon+penggantung	=	17	=	17 Kg/m ²
spesi	=	38	=	38 Kg/m ²
MEP	=	72	=	72 Kg/m ²
BERAT BEBAN MATI TAMBAHAN (DEAD++)			=	148 Kg/m²
BERAT TOTAL BEBAN MATI (DEAD)			=	508 Kg/m²

c Beban Hidup (Live)				
Fungsi lantai Loby hotel	=	479	kg/m ²	
Reduksi Beban Hidup	=	0		
Beban Hidup lantai dasar	=	479	479	kg/m²

Kombinasi Pembebanan

$$Q_u = 1,4 D = 1,4 \times 508 \text{ kg/m}^2 = 711 \text{ kg/m}^2$$

$$Q_u = 1,2D + 1,6L = 1376 \text{ kg/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Maka Digunakan } Q_u &= 1376 \text{ kg/m}^2 \\ &= 13,76 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_g &= \frac{b \times h^3}{12} \\ &= \frac{1000 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}^3}{12} = 2,8 \times 10^8 \text{ mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta &= \frac{Q_u \times L^4}{384 EI} \\ &= \frac{13,76 \text{ N/mm}^2 \times 3850 \text{ mm}^4}{384 \times 23500 \text{ N/mm}^2 \times 2,8 \times 10^8 \text{ mm}^4} \\ &= 1,19 \text{ mm} \end{aligned}$$

Lendutan Ijin

$$\delta\text{-ijin} = \frac{L}{240} = \frac{3850 \text{ mm}}{240} = 16 \text{ mm}$$

Maka Lendutan yang terjadi

$$\delta < \delta\text{-ijin}$$

1,19 mm < 16 mm , Oke, Syarat Memenuhi

Table 4.62. Hasil Perhitungan Penulangan Pelat Lantai

No	Lantai	Elemen Struktur	Dimensi	Momen(kN-m)		Diameter	Tulangan Tarik	
			Tebal	Momen X	Momen Y	Tulangan	Arah X	Arah Y
1	Ground	Pelat Lantai Ground	150	2745.29	1508.25	12	D12-150	D13-200
2	LT-1	Pelat Lantai LT-1	120	2625.83	1961.41	12	D12-150	D13-175
3	LT2 - Lt-9	Pelat Lantai LT2-9	120	2240.67	1668.02	12	D12-175	D13-175
4	LT10-11	Pelat Lantai LT10-11	120	2902.1	1880.2	12	D12-150	D13-175

4.6.5. Perhitungan Konstruksi Atap Baja

A. Perhitungan Gording

Data Perencanaan

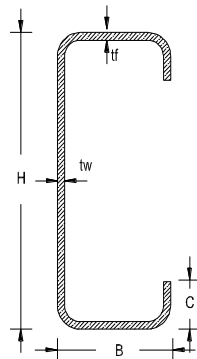
- Lebar Struktur Atap Baja = 11.7 m
- Panjang Struktur Atap Baja = 18.2 m
- Jarak Antar Gording = 1 m
- Jarak Antar Kuda-Kuda = 3.85 m
- Bahan Atap = Zincalum 0.6 CTC
- Berat Penutup Atap = 5.99 Kg/m²
- Mutu Baja BJ 37
- Kondisi Leleh (f_y) = 240 Mpa
- Kondisi Putus (f_u) = 370 Mpa
- Tegangan Ijin = 160 Mpa
- f_r = 70 Mpa
- Kemiringan Atap = 15⁰

Penentuan Profil Baja

Profil yang dipilih (Asumsi)

Dipakai Profil C **Lc 125 x 50 x 20 x 3.2**

B = 50 mm	$I_x = 137 \text{ cm}^4$
H = 125 mm	$I_y = 21 \text{ cm}^4$
ht = 122 mm	$S_x = 22 \text{ cm}^3$
t = 3.2 mm	$S_y = 6.1 \text{ cm}^3$
a = 20 mm	A = 7.8 cm ²
c = 3.8 mm	$r_y = 1.9 \text{ cm}$
W = 6.13 Kg/m	$r_x = 4.8 \text{ cm}$



Perhitungan Beban

1. Beban Mati

$$\begin{aligned}\text{Berat Atap} &= 5.99 \text{ kg/m} \\ \text{Berat Gording} &= 6.13 \text{ kg/m} \\ \text{Beban Lain 10\%} &= \underline{1.2 \text{ kg/m}} + \\ \text{Tatal Beban Mati (qD)} &= 13.33 \text{ kg/m}\end{aligned}$$

$$Q_d x = 13.33 \cdot \cos 15^\circ = 12.88 \text{ kg/m}$$

$$Q_d y = 13.33 \cdot \sin 15^\circ = 3.451 \text{ kg/m}$$

2. Beban Hidup (qL)

$$\text{Beban Pekerja (Terpusat)} = 1.33 \text{ kN}$$

$$PL x = 1.33 \cdot \cos 15^\circ = 1.28 \text{ kN}$$

$$= 128 \text{ kg} = 12.84 \text{ N}$$

$$PL y = 1.33 \sin 15^\circ = 0.344 \text{ kN}$$

$$= 34.42 \text{ kg} = 3.44 \text{ N}$$

3. Beban Angin

$$\text{Angin Datang} = 3.8 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Angin Pergi} = -2.28 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban Angin yang menentukan} = 3.8 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban angin minimum SNI 1727:2013} = 38 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Maka dipakai angina rencana adalah } 38 \text{ kg/m}^2$$

$$q_w = 38 \text{ kg/m}$$

$$q_w x = 38 \text{ kg/m} \times \cos 15^\circ = 36.71 \text{ kg/m}$$

$$= 0.3671 \text{ N/mm}$$

$$q_w y = 38 \text{ kg/m} \times \sin 15^\circ = 9.84 \text{ kg/m}$$

$$= 0.0984 \text{ N/mm}$$

b. Perhitungan Momen yang terjadi akibat beban.

Momen akibat Beban Mati :

$$M_{dlx} = 1/8 \times 12.878 \text{ kg/m} \times (3.85 \text{ m})^2 = 23.86 \text{ kg-m}$$

$$M_{dly} = 1/8 \times 3.45 \text{ kg/m} \times (3.85 \text{ m})^2 = 6.39 \text{ kg-m}$$

Momen Akibat Beban Hidup :

$$M_{llx} = 1/4 \times 128.468 \text{ kg} \times 3.85 \text{ m} = 123.65 \text{ kg-m}$$

$$M_{lly} = 1/4 \times 34.4 \text{ kg} \times 3.85 \text{ m} = 33.13 \text{ kg-m}$$

Momen Akibat Beban Angin :

$$M_{wx} = 1/8 \times 36.71 \text{ kg/m} \times (3.85 \text{ m})^2 = 68.008 \text{ kg-m}$$

$$M_{wy} = 1/8 \times 9.84 \text{ kg/m} \times (3.85 \text{ m})^2 = 18.223 \text{ kg-m}$$

c. Perhitungan Beban Kombinasi

$$M_{u-1x} = 1.4 M_{dlx}$$

$$= 1.4 \times 23.86 \text{ kg-m} = 33.404 \text{ kg-m}$$

$$M_{u-1y} = 1.4 M_{dly}$$

$$= 1.4 \times 6.39 \text{ kg-m} = 8.951 \text{ kg-m}$$

$$M_{u-2x} = 1.2 M_{dlx} + 1.6 M_{llx} + 0.8 M_{wx}$$

$$= 280.879 \text{ kg-m}$$

$$M_{u-2y} = 1.2 M_{dly} + 1.6 M_{lly} + 0.8 M_{wy}$$

$$= 75.261 \text{ kg-m}$$

Maka Momen yang menentukan :

$$M_{ux} = 280.879 \text{ kg-m}$$


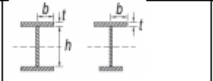
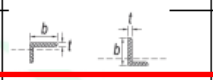

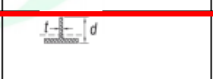
$$M_{uy} = 75.261 \text{ kg-m}$$

d. Kontrol Tegangan Pengaruh Tekuk Lokal (Gording)

Rasio Tebal terhadap lebar elemen tekan komponen struktur menahan lentur SNI 1729:2015 B4.1 Tabel B4,1b.

1. Kontrol Sayap

Tabel B4.1b
Rasio Tebal-terhadap-Lebar: Elemen Tekan
Komponen Struktur Menahan Lentur

Kasus	Deskripsi elemen	Rasio Ketebalan-terhadap-Lebar	Batasan Rasio Tebal-Lebar		Contoh
			λ_p (kompak)	λ_r (nonkompak)	
10	Sayap dari profil I canal panas, kanal, dan T	b/t	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
11	sayap dari profil tersusun bentuk I simetris ganda dan tunggal	b/t	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,95 \sqrt{\frac{k_r E}{F_L}}$ [a] [b]	
12	kaki dari siku tunggal	b/t	$0,54 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,91 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
13	sayap dari semua profil I dan kanal dalam lentur pada sumbu lemah	b/t	$0,38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,0 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
14	Badan dari T	d/t	$0,84 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,03 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

Rasio ketebalan terhadap lebar :

$$b/t = \frac{50 \text{ mm}}{3.2 \text{ mm}} = 15.625$$

$$\lambda = b/t$$

Batasan rasio tebal - lebar :

Kompak

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 10.97$$

Non Kompak

$$\lambda_r = 1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 1.0 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 28.868$$

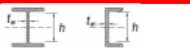





Syarat :

$$\lambda_p < b/t < \lambda_r$$

$$10.97 < 15.625 < 28.868 \text{ (Syarat Memenuhi)}$$

2. Kontrol Badan

Tabel B4.1b (Lanjutan)

Kasus	Deskripsi elemen	Rasio Ketebalan-terhadap-Lebar	Batasan Rasio Tebal-Lebar		Contoh	
			λ_p (kompak)	λ_r (nonkompak)		
15	Badan dari profil I simetris ganda dan kanal	$M t_w$	$3,76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$		
Elemen yang diperaku	16	Badan dari profil I simetris tunggal	$\frac{h_e}{h_p} \sqrt{\frac{E}{F_y}}$ $\left(0,54 \frac{M_e}{M_p} - 0,0 \right)$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$		
	17	Sayap dari PSB persegi dan boks ketebalan merata	b/t	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	18	Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara deretan sarana penyambungan atau las	b/t	$1,12 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$1,40 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	19	Badan dari PSB persegi dan boks	h/t	$2,42 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$5,70 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	
	20	PSB bulat	D/t	$0,07 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	$0,31 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

Rasio ketebalan terhadap lebar :

$$h/t = \frac{125 \text{ mm}}{3.2 \text{ mm}} = 39.063$$

$$\lambda = h/t$$

Batasan rasio tebal - lebar :

Kompak

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 108.542$$

Non Kompak

$$\lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 5.70 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 164.54$$

1. Menghitung Momen Nominal Akibat Pelelehan

$$\begin{aligned} Z_x &= 1/4 * ht * t^2 + a * t * (ht-a) + t * (b-2 * t) * (ht-t) \\ &= 1/4 * 125 * 3.2^2 + 20 * 3.2 * (125-20) + 3.2 * (50-(2*3.2)) * \\ &\quad (125-3.2) \\ &= 24033.54 \text{ mm}^3 \\ M_n &= f_y * Z_x \\ &= 240 \text{ Mpa} * 24033.54 \text{ mm}^3 \\ &= 5768049 \text{ N-mm} \\ &= 576.805 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

2. Menghitung Momen Nominal Akibat Tekuk Torsi Lateral

$$\begin{aligned} L_b &= 3.85 \text{ m} = 3850 \text{ mm} \\ L_p &= 1.76 * r_y * \sqrt{(E/F_y)} \\ &= 1.76 * (1.9 * 10) * \sqrt{(200000/240)} \\ &= 939.926 \text{ mm} \\ C_w &= I_w \\ &= I_y * h^2 / 4 \\ &= (21 * 10000) * 125^2 / 4 \\ &= 764014860 \\ R_{ts} &= \sqrt{\sqrt{\frac{C_w * I_y}{S_x}}} \\ &= \sqrt{\sqrt{\frac{764014860 * 21 * 10000}{22 * 1000}}} \\ &= 23.934 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J &= 2 * 1/3 * b * t^3 + 1/3 * (ht - 2*t) * t^3 + 2/3 * (a-t) * t^3 \\
 &= 2 * 1/3 * 50 * 3.2^3 + 1/3 * (125 - 2*3.2) * 3.2^3 + 2/3 * (20 - 3.2) * 3.2^3 \\
 &= 2422.647
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C &= \frac{h}{2} \sqrt{\frac{I_y}{C_w}} \\
 &= \frac{125 \text{ mm}}{2} \sqrt{\frac{21 \times 10000}{764014860}} = 1.026
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L_r &= 1.96 R_t s \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.75 F_y}{E}\right)^2}} \\
 &= 3195.008 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan Nilai Cb :

$$L = 3.85 \text{ m}$$

$$q = q_{dlx} + q_{wx}$$

$$= 12.878 \text{ kg/m} + 36.705 \text{ kg/m} = 49.583 \text{ kg/m}$$

$$P = P_l x = 128.468 \text{ kg}$$

$$V = \frac{P L x + (q_{dlx} + Q_{wx}) x 3.85}{2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{128.468 \text{ kg} + 49.583 \frac{\text{kg}}{\text{m}} x 3.85 \text{ m}}{2} \\
 &= 159.681 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

MA = (Nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa bresing N-mm)

$$= \frac{V * L}{4} - 0.5 * q * \left(\frac{L}{4}\right)^2$$

$$= 130.726 \text{ kg-m}$$

MB = (Nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibresing N-mm)

$$= \frac{V * L}{2} - 0.5 * q * \left(\frac{L}{4}\right)^2$$

$$= 215.518 \text{ kg-m}$$

MC = (Nilai mutlak momen pada titik tiga per empat segemen tanpa bresing N-mm)

$$= \frac{V * L}{4} - 0.5 * q * \left(\frac{L}{4}\right)^2$$

$$= 130.726 \text{ kg-m}$$

Momen Maksimum Mu = 280.879 kg-m

$$\begin{aligned} Cb &= \frac{12.5 Mmax}{2.5 Mmaks + 3 Ma + 4 Mb + 3 Mc} \\ &= \frac{12.5 * 280.879 \text{ kg-m}}{2.5 * 280.879 + 3 * 130.726 + 4 * 215.518 + 3 * 130.726} \\ &= 1.495 \end{aligned}$$

$$Fcr = \frac{Cb \pi^2 E}{\left(\frac{Lp}{Rts}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{Jc}{Sx he} \left(\frac{Lb}{Rts}\right)^2}$$

$$= 193.576 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} Mn &= Fcr * Sx < Mp \\ &= 193.576 \text{ Mpa} * (22 * 1000) \text{ mm}^3 \\ &= 423.931 \text{ Kg-m} < 576.805 \text{ kg-m} \\ &\text{(Syarat Memenuhi)} \end{aligned}$$

3. Menghitung Momen Nominal Akibat tekuk local sayap tekan
Berdasarkan SNI 1729:2015 Bab F3-2

$$M_n = M_p - (M_p - 0.7F_y * S_x) \left(\frac{\lambda - \lambda_{pt}}{\lambda_{rf} - \lambda_{pt}} \right)$$

$$= 576.805 - (576.805 - 0.7 * 240 * (22 * 1000)) \left(\frac{15.625 - 10.97}{28.868 - 10.97} \right)$$

$$= 5767898.61 \text{ N-mm}$$

$$= 576.790 \text{ Kg-m}$$

Momen Minimum $M_n \text{ min} = 423.931 \text{ Kg-m}$

$$\Phi M_n > M_u$$

$$0.9 \times 576.805 \text{ kg-m} > 280.879 \text{ kg-m}$$

$$519.124 \text{ Kg-m} > 280.879 \text{ kg-m}$$

(Syarat Memenuhi)

B. Perhitungan Kuda – Kuda

1. Data Perencanaan

- Jarak Antar Kuda-Kuda	= 3.85 m
- Jarak Antar Gording	= 1 m
- Bentang Kuda-Kuda	= 12.25 m
- Sudut Kemiringan Atap	= 15^0
- Panjang Miring Kuda-Kuda	= 6.40 m
- Berat Penutup Atap	= 5.99 kg/m ²
- Berat Gording	= 6.13 kg/m
- Fy	= 240 Mpa
- Fu	= 370 Mpa

Dipakai Profil Baja Kuda- Kuda :

WF 250 . 125 . 6. 9

Data Profil Baja :

W	= 29.6 kg/m	Ag = 37.7 cm ²
H	= 250 mm	Ix = 4050 cm ²
B	= 125 mm	Iy = 294 cm ⁴
tw	= 6 mm	ix = 10.4 cm
tf	= 90 mm	iy = 2.8 cm
Sx	= 324 cm ³	r = 12 mm
Sy	= 47 cm ³	

a. Perhitungan Pembebanan

Beban Mati :

$$\begin{aligned} \text{Berat Penutup Atap} &= 5.99 \text{ kg/m}^2 \times 3.85 \text{ m} \times 1 \text{ m} \\ &= 23.06 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Gording} &= 6.13 \text{ kg/m} \times 3.85 \text{ m} \\ &= 23.6 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_d &= 23.060 \text{ kg} + 23.602 \text{ kg} \\ &= 46.662 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Beban Lain (10\%)} = 4.666 \text{ kg}$$

$$Q_d \text{ Total} = 51.328 \text{ Kg}$$

Beban Hidup:
Beban Pekerja = 133 Kg

Beban Angin:
Arah Angin Datang = 38 Kg/m² (SNI 1727:2013)
Q_w = 38 Kg/m² x 3.85 m x 1m
= 146.3 kg

Arah Angin Pergi = 38 Kg/m² (SNI 1727:2013)
Q_w = 38 Kg/m² x 3.85 m x 1m
= 146.3 kg

b. Gaya – Gaya Dalam (Output Gaya-Gaya Dalam)

Kombinasi 1 (1.4 D)
P_u = 1727.58 Kg
V_u = 523.9 Kg
M_u = 725.97 Kg-m

Kombinasi 2 (0.9D + 1.0W)
P_u = 1109 Kg
V_u = 336.79 Kg
M_u = 466.7 Kg-m

Kombinasi 3 (1.2D+1.6L)
P_u = 1416 Kg
V_u = 540.94 Kg
M_u = 739.96 Kg-m

Kombinasi 4 (Envelope)
P_u = 2434.44 Kg
V_u = 764.24 Kg
M_u = 1044.11 Kg-m

Maka Kombinasi pembebanan Maksimum

$$P_{max} = 2434 \text{ kg}$$

$$V_{max} = 764 \text{ kg}$$

$$M_{max} = 1044 \text{ kg-m}$$

c. Perhitungan Tekan Nominal

$$P_{max} = 2434.44 \text{ kg}$$

$$A_g = 37.66 \text{ cm}^2 = 3766 \text{ mm}^2$$

$$F_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$L = 6.40 \text{ m} = 6400 \text{ mm}$$

$$L_{\text{Lateral}} = 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$$

Pengecekan Rasio Tebal Terhadap Lebar (SNI 03-1729-2015 Tabel B4.1a)

$$\lambda = b/2t_f$$

$$= \frac{125 \text{ mm}}{2 \times 90} = 0.694$$

$$\lambda_r = 0.56\sqrt{E/F_y}$$

$$= 0.56 \sqrt{200000/240 \text{ Mpa}}$$

$$= 16.17$$

Maka : **(Penampang Non Langsing)**

Perhitungan Tekan Nominal (SNI 03-1729-2015 Pasal E3)

Tekuk Lentur dari Komponen Struktur Tanpa Elemen Langsing.

A. Kearah Sumbu X

- Hitung Kelangsingan Batang

$$\text{Faktor Panjang Efektif (} k \text{)} = 1.0$$

$$L \cdot k = 1000 \text{ mm} \times 1 = 1000 \text{ mm}$$

$$L_k/r_x = \frac{1000 \text{ mm}}{103.7 \text{ mm}} = 9.64 < 200 \text{ (Syarat Memenuhi)}$$

- Kekuatan Nominal Terfaktor Batang Tekan
Berdasarkan SNI 03-1729:2015 Pasal E3

$$= 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$= 4.71 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 136 > 9.64 \text{ Maka Untuk Nilai Fcr}$$

Dipakai

$$F_o = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

$$= \frac{3.14^2 \times 200000 \text{ Mpa}}{(9.64)^2} = 21226.933 \text{ Mpa}$$

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_o} \right]$$

$$= \left[0.658 \frac{240}{21226.933} \right] = 238.867 \text{ Mpa}$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g$$

$$= 238.867 \text{ Mpa} \times 3766 \text{ mm}^2$$

$$= 899572.868 \text{ N}$$

$$= 89957 \text{ Kg}$$

B. Kearah Sumbu Y

- Hitung Kelangsingan Batang
Faktor Panjang Efektif (k) = 1.0
 $L \cdot k = 1000 \text{ mm} \times 1 = 1000 \text{ mm}$
 $L_k/r_y = \frac{1000 \text{ mm}}{28 \text{ mm}} = 35.842 < 200 \text{ (Syarat Memenuhi)}$
- Kekuatan Nominal Terfaktor Batang Tekan
Berdasarkan SNI 03-1729:2015 Pasal E3

$$= 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$= 4.71 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 136 > 35.842 \text{ Maka Untuk Nilai}$$

Fcr Dipakai

$$\begin{aligned}
 F_o &= \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \\
 &= \frac{3.14^2 \times 200000 \text{ Mpa}}{(35.842)^2} = 1536.520 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{cr} &= \left[0.658 \frac{F_y}{F_o} \right] \\
 &= \left[0.658 \frac{240}{1536.52} \right] = 224.81 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_n &= F_{cr} \times A_g \\
 &= 224.81 \text{ Mpa} \times 3766 \text{ mm}^2 \\
 &= 846640.346 \text{ N} \\
 &= 84664 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Maka Untuk Kuat Tekan Nominal Batang Diambil Nilai yang kecil

$$\begin{aligned}
 P_n &= 84664 \text{ Kg} \\
 \phi P_n &= 0.9 \times 84664 \text{ kg} = 76197.63 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Syarat : $\phi P_n > P_u \text{ max}$
 $76197.63 \text{ Kg} > 2434.44 \text{ Kg}$
 (Syarat Memenuhi)

d. Perhitungan Momen Nominal

$$\begin{aligned}
 F_r &= 70 \text{ Mpa} \\
 M_{\text{max}} &= 1044.11 \text{ kg-m}
 \end{aligned}$$

Pengecekan Rasio Tebal Terhadap Lebar Berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel B4.1b

1. Untuk Badan

$$\begin{aligned}
 \lambda &= b/2t_f \\
 &= \frac{125 \text{ mm}}{2 \times 9 \text{ mm}} = 6.94
 \end{aligned}$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11$$

$$\lambda_r = 1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 29$$

Syarat :

$$\lambda < \lambda_p$$

$$6.94 < 11 \text{ (Badan Kompak)}$$

2. Untuk Sayap

$$\lambda = h/t_w$$

$$= \frac{250 \text{ mm}}{6 \text{ mm}} = 41.7$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 109$$

$$\lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 164.54$$

Syarat :

$$\lambda < \lambda_p$$

$$41.7 < 109 \text{ (Sayap Kompak)}$$

1. Menghitung Momen Nominal

$$\begin{aligned} Z_x &= \frac{t_w * (h - 2t_f)^2}{4} + (h - t_f) * t_f * b_f \\ &= \frac{6 * (250 - 2 * 9)^2}{4} + (250 - 9) * 9 * 125 \\ &= 351861 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= F_y * Z_x \\ &= 240 \text{ Mpa} * 351861 \text{ mm}^3 \\ &= 84446640 \text{ N-mm} \\ &= 8444.664 \text{ kg-m} \end{aligned}$$

2. Menghitung Momen Nominal Akibat Tekuk Torsi Lateral

$$L_b = 640 \text{ m} = 6400 \text{ mm}$$

$$L_p = 1.76 * r_y * \sqrt{E/F_y}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1.76 * (2.8*10) * \sqrt{(200000/240)} \\
 &= 1417.510 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C_w &= I_w \\
 &= I_y * h^2/4 \\
 &= (294*10000) * 250^2 / 4 \\
 &= 45937500000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{ts} &= \sqrt{\sqrt{\frac{C_w x I_y}{S_x}}} \\
 &= \sqrt{\sqrt{\frac{45937500000 x 294 x 10000}{324 x 1000}}} \\
 &= 33.6788
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J &= \frac{2*b*t*f^3 + (h-tf)*tw^3}{3} \\
 &= \frac{2*125*9^3 + (250-9)*6^3}{3} = 78102
 \end{aligned}$$

$$C = 1 \text{ (SNI 03-1729-2015 Pasal F2-8a)}$$

$$\begin{aligned}
 L_r &= 1.96 R_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h} + \sqrt{\left(\frac{J_c}{S_x h}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.75 F_y}{E}\right)^2}} \\
 &= 4526.24 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Menentukan Nilai C_b :

$$L = 6.40 \text{ m}$$

MA = (Nilai mutlak momen pada titik seperempat dari segmen tanpa bresing N-mm)

$$= 102.220 \text{ kg-m} \quad (\text{Output SAP 2000})$$

MB = (Nilai mutlak momen pada sumbu segmen tanpa dibresing N-mm)

$$= 493.740 \text{ kg-m} \quad (\text{Output SAP 2000})$$

MC = (Nilai mutlak momen pada titik tiga per empat segemen tanpa bresing N-mm)

$$= 348.800 \text{ kg-m}$$

Momen Maksimum Mu = 1044.110 kg-m

$$\begin{aligned} C_b &= \frac{12.5 M_{max}}{2.5 M_{maks} + 3 M_a + 4 M_b + 3 M_c} \\ &= \frac{12.5 * 1044.110 \text{ kg-m}}{2.5 * 1044.11 + 3 * 102.22 + 4 * 493.74 + 3 * 348.8} \\ &= 2.198 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \frac{C_b \pi^2 E}{\left(\frac{L_p}{R_{ts}}\right)^2} \sqrt{1 + 0.078 \frac{J_c}{S_x h e} \left(\frac{L_b}{R_{ts}}\right)^2} \\ &= 231.585 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_n &= F_{cr} * S_x < M_p \\ &= 231.585 \text{ Mpa} * (324 * 1000) \text{ mm}^3 \\ &= 7503.358 \text{ Kg-m} < 8444.664 \text{ kg-m} \\ &\quad \text{(Syarat Memenuhi)} \end{aligned}$$

1. Menghitung Momen Nominal Akibat tekuk local sayap tekan Berdasarkan SNI 1729:2015 Bab F3-2

Momen Minimum Mn min = 7503.358 Kg-m

$$\Phi M_n > M_u$$

$$0.9 \times 7503.358 \text{ kg-m} > 1044.110 \text{ kg-m}$$

$$6753.0224 \text{ Kg-m} > 1044.110 \text{ kg-m}$$

(Syarat Memenuhi)

e. Perhitungan Geser Nominal

$$V\text{-max} = 764 \text{ Kg}$$

Cek kebutuhan pengaku transversal

$$\text{Tidak Perlu Bila } \frac{h}{tw} \leq 2.46 \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$= \frac{h}{tw} = \frac{250 \text{ mm}}{6 \text{ mm}} = 41.67$$

$$= 2.46 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2.46 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 71.014$$

Maka : Tidak Perlu Pengaku Transversal

Sehingga Untuk Perhitungan Komponen Struktur dengan badan tidak diperkaku maka perhitungan geser berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal G2.1(a)

Untuk Badan komponen struktur Profil Canal :

$$= \frac{h}{tw} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{fy}}$$

$$= \frac{h}{tw} = \frac{250 \text{ mm}}{6 \text{ mm}} = 41.67$$

$$= 2.24 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2.24 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 64.7$$

Maka : Syarat Memenuhi,

Sehingga Nilai $C_v = 1 \text{ } \emptyset = 1$

$$A_w = h \times tw$$

$$= 250 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$$

$$= 1500 \text{ mm}^2$$

Maka Kuat Gesernya Adalah :

$$V_n = 0.6 * fy * A_w * C_v$$

$$= 0.6 * 240 \text{ Mpa} * 1500 \text{ mm}^2 * 1$$

$$= 216000 \text{ N}$$

$$= 21600 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned}\phi V_n &= 1 \times 21600 \text{ Kg} \\ &= 21600 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\phi V_n > V_u$$

$$21600 \text{ Kg} > 764.24 \text{ Kg}$$

(Syarat Memenuhi)

C. Perhitungan Kolom Baja

1. Data Perencanaan

Mutu Bahan

Fy : 240 Mpa

Fu : 370 Mpa

E : 200000 Mpa

Tinggi Kolom : 1000 mm

2. Pemilihan Profil Baja

Dipakai Profil Baja Kolom :

WF 250 . 125 . 6 . 9

Data Profil Baja :

W = 29.6 kg/m

Ag = 37.7 cm²

H = 250 mm

Ix = 4050 cm²

B = 125 mm

Iy = 294 cm⁴

tw = 6 mm

ix = 10.4 cm

tf = 9 mm

iy = 2.8 cm

Sx = 324 cm³

r = 12 mm

Sy = 47 cm³

3. Gaya-Gaya Dalam (Output SAP 2000)

a. Kombinasi 1 (1.4D)

Pu = 1717.54 kg

Vu = 811.28 kg

Mu = 648.02 Kg-m

b. Kombinasi 2 (0.9D+1.0W)

Pu = 1104.13 kg

Vu = 521.24 kg

Mu = 416.58 Kg-m

- c. Kombinasi 3 (1.2D+ 1.6L)
- Pu = 1791.61 kg
 Vu = 2609.4 kg
 Mu = 641.39 Kg-m
- d. Kombinasi 4 (Envelope)
- Pu = 2233.04 kg
 Vu = 994.9 kg
 Mu = 919.29 Kg-m
- e. Kombinasi Pembebanan Maksimum
- Pu maks = 2233.04 kg
 Vu maks = 994.9 kg
 Mumaks = 919.29 Kg-m

4. Perhitungan Tekan Nominal

Pu Max = 2233.04 Kg
 Ag = 37.66 cm² = 3766 mm²
 Fy = 240 Mpa
 Fu = 370 Mpa
 L = 1000 mm

Pengecekan Rasio Tebal Terhadap Lebar (SNI 03-1729-2015
 Tabel B4.1a)

$$\lambda = b/2tf$$

$$= \frac{125 \text{ mm}}{2 \times 9} = 6.94$$

$$\begin{aligned} \lambda_r &= 0.56\sqrt{E/F_y} \\ &= 0.56 \sqrt{200000/240 \text{ Mpa}} \\ &= 16.17 \end{aligned}$$

Maka : **(Penampang Non Langsing)**

Perhitungan Tekan Nominal (SNI 03-1729-2015 Pasal E3)
Tekuk Lentur dari Komponen Struktur Tanpa Elemen
Langsing.

A. K arah Sumbu X

- Hitung Kelangsingan Batang

$$\text{Faktor Panjang Efektif (k)} = 1.0$$

$$L * k = 1000 \text{ mm} \times 1 = 1000 \text{ mm}$$

$$Lk/rx = \frac{1000 \text{ mm}}{103.7 \text{ mm}} = 9.64 < 200 \text{ (Syarat Memenuhi)}$$

- Kekuatan Nominal Terfaktor Batang Tekan
Berdasarkan SNI 03-1729:2015 Pasal E3

$$= 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$= 4.71 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 136 > 9.64 \text{ Maka Untuk Nilai } F_{cr}$$

Dipakai

$$F_o = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

$$= \frac{3.14^2 \times 200000 \text{ Mpa}}{(9.64)^2} = 21226.933 \text{ Mpa}$$

$$F_{cr} = \left[0.658 \frac{F_y}{F_o} \right]$$

$$= \left[0.658 \frac{240}{21226.933} \right] = 238.867 \text{ Mpa}$$

$$P_n = F_{cr} \times A_g$$

$$= 238.867 \text{ Mpa} \times 3766 \text{ mm}^2$$

$$= 899572.868 \text{ N}$$

$$= 89957 \text{ Kg}$$

B. Kearsah Sumbu Y

- Hitung Kelangsingan Batang

$$\text{Faktor Panjang Efektif (k)} = 1.0$$

$$L \cdot k = 1000 \text{ mm} \times 1 = 1000 \text{ mm}$$

$$Lk/ry = \frac{1000 \text{ mm}}{28 \text{ mm}} = 35.842 < 200 \text{ (Syarat Memenuhi)}$$

- Kekuatan Nominal Terfaktor Batang Tekan

Berdasarkan SNI 03-1729:2015 Pasal E3

$$= 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$= 4.71 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 136 > 35.842 \text{ Maka Untuk Nilai}$$

Fcr Dipakai

$$\begin{aligned} F_o &= \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \\ &= \frac{3.14^2 \times 200000 \text{ Mpa}}{(35.842)^2} = 1536.520 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_{cr} &= \left[0.658 \frac{F_y}{F_o} \right] \\ &= \left[0.658 \frac{240}{1536.52} \right] = 224.81 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_n &= F_{cr} \times A_g \\ &= 224.81 \text{ Mpa} \times 3766 \text{ mm}^2 \\ &= 846640.346 \text{ N} \\ &= 84664 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Maka Untuk Kuat Tekan Nominal Batang Diambil Nilai yang kecil

$$P_n = 84664 \text{ Kg}$$

$$\phi P_n = 0.9 \times 84664 \text{ kg} = 76197.63 \text{ Kg}$$

Syarat : $\phi P_n > P_u \text{ max}$

$$76197.63 \text{ Kg} > 2233.04 \text{ Kg}$$

(Syarat Memenuhi)

5. Perhitungan Momen Nominal

$$F_r = 70 \text{ Mpa}$$

$$M_{\max} = 919.29 \text{ kg-m}$$

Pengecekan Rasio Tebal Terhadap Lebar Berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel B4.1b

1. Untuk Badan

$$\begin{aligned}\lambda &= b/2t_f \\ &= \frac{125 \text{ mm}}{2 \times 9 \text{ mm}} = 6.94\end{aligned}$$

$$\lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 11$$

$$\lambda_r = 1.0 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 29$$

Syarat :

$$\lambda < \lambda_p$$

$$6.94 < 11 \text{ (Badan Kompak)}$$

2. Untuk Sayap

$$\begin{aligned}\lambda &= h/t_w \\ &= \frac{250 \text{ mm}}{6 \text{ mm}} = 41.7\end{aligned}$$

$$\lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 109$$

$$\lambda_r = 5.70 \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 164.54$$

Syarat :

$$\lambda < \lambda_p$$

$$41.7 < 109 \text{ (Sayap Kompak)}$$

1. Menghitung Momen Nominal (SNI 03-1729-2015 Pasal F2) Akibat Pelelehan

$$Z_x = \frac{t_w \cdot (h - 2t_f)^2}{4} + (h - t_f) \cdot t_f \cdot b_f$$

$$= \frac{6 \cdot (250 - 2 \cdot 9)^2}{4} + (250 - 9) \cdot 9 \cdot 125$$

$$= 351861 \text{ mm}^3$$

$$M_n = F_y \cdot Z_x$$

$$= 240 \text{ Mpa} \times 351861 \text{ mm}^3$$

$$= 84446640 \text{ N-mm}$$

$$= 8444.664 \text{ kg-m}$$

$$\phi M_n = 0.9 \times 8444.664 \text{ kg-m}$$

$$= 7600.20 \text{ kg-m}$$

Syarat : $\phi M_n > M_u \text{ max}$
 $7600.20 \text{ Kg-m} > 919.29 \text{ Kg-m}$
 (Syarat Memenuhi)

2. Perhitungan Geser Nominal

$$V\text{-max} = 994.9 \text{ Kg}$$

Cek kebutuhan pengaku transversal

Tidak Perlu Bila $\frac{h}{tw} \leq 2.46 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$

$$= \frac{h}{tw} = \frac{250 \text{ mm}}{6 \text{ mm}} = 41.67$$

$$= 2.46 \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 2.46 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 71.014$$

Maka : Tidak Perlu Pengaku Transversal

Sehingga Untuk Perhitungan Komponen Struktur dengan badan tidak diperkaku maka perhitungan geser berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal G2.1(a)

Untuk Badan komponen struktur Profil Canal :

$$= \frac{h}{tw} \leq 2.24 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

$$= \frac{h}{tw} = \frac{250 \text{ mm}}{6 \text{ mm}} = 41.67$$

$$= 2.24 \sqrt{\frac{E}{fy}} = 2.24 \sqrt{\frac{200000 \text{ Mpa}}{240 \text{ Mpa}}} = 64.7$$

Maka : Syarat Memenuhi,
Sehingga Nilai $C_v = 1 \text{ } \checkmark = 1$

$$\begin{aligned} A_w &= h \times tw \\ &= 250 \text{ mm} \times 6 \text{ mm} \\ &= 1500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka Kuat Gesernya Adalah :

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 * f_y * A_w * C_v \\ &= 0.6 * 240 \text{ Mpa} * 1500 \text{ mm}^2 * 1 \\ &= 216000 \text{ N} \\ &= 21600 \text{ Kg} \\ \phi V_n &= 1 \times 21600 \text{ Kg} \\ &= 21600 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &> V_u \\ 21600 \text{ Kg} &> 994.9 \text{ Kg} \\ (\text{Syarat Memenuhi}) \end{aligned}$$

D. Perhitungan Penggantung Gording

1. Data Perencanaan :

- Lebar Struktur Atap	: 11.675 m
- Panjang Struktur Atap Baja	: 18.225 m
- Jarak Gording	: 3.85 m
- Bahan Atap	: Atap Zincalum 0.6ctc
- Berat Penutup Atap	: 5.99 kg/m ²
- Kemiringan Atap	: 15 ⁰
- Mutu Baja	: BJ 37
- Fy	: 240 Mpa
- Fu	: 370 Mpa
- Diameter Penggantung (D)	: 13 mm
- Jumlah Penggantunag	: 2 Buah
- Luas Bruto	: 132.665 mm ²
- Luas Netto	: 119.399 mm ²

2. Perhitungan Beban :

Beban Mati (qD)	
Beban Gording	: 13.4 Kg/m
Beban Atap	: 5.99 kg/m
Beban Pengikat	: 1.939 kg/m
Beban Lain (10%qd)	: <u>1.94 kg/m</u> +
Total Beban Mati Gording	= 23.3 Kg/m
	= 23.3 x 3.85 x 6
	= 537 Kg

Beban Hidup (ql)	
Beban Pekerja	: 100 kg
Px	: 100 cos 15 x 6
	: 580 Kg

Beban Hujan	
ds	: 5 mm
dn	: 10 mm
R	: 0.0098 (ds+dn)
	: 14.7 kg/m ²
qR	: 14.7x6x 3.85= 328 kg

Beban Angin (WD)	
Beban Angin Minimum	: 38 kg/m ²
(SNI 1727:2013 Pasal 27.1.5)	
W Tekan	: 38 x 3.85 x 6 = 878 Kg
W Hisab	: 38 x 3.85 x 6 = 878 Kg

3. Perhitungan Kombinasi Pembebanan

Tu	= 1.4 D	= 752.487 kg
Tu	= 1.2D + 1.6L + 0.5 R	= 1736.28 Kg
Tu	= 1.2D + 1.6R + 0.5W	= 730.888 kg
Tu	= 1.2D + 1.0W + 1.0L	= 510.744 Kg
Tu	= 1.2D + 1.0W + 1.0 L	= 346.744 kg
Tu	= 0.9D + 1.0W	<u>= 1361.54 Kg +</u>
	Tu Max	= 1736.28 Kg

4. Perencanaan Batang Tarik

Tu = 1736.28 Kg

a. Kondisi Leleh

$$\begin{aligned}
 P_u &= \phi f_y A_g \\
 &= 0.9 \times 240 \times 132.665 \\
 &= 28655.6 \text{ N} \\
 &= 2865.56 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 &Tu < P_u \\
 &1736.28 < 2865.56 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

b. Kondisi Putus

$$\begin{aligned}
 P_u &= 0.75 f_u A_g \\
 &= 0.75 \times 370 \times 132.665 \\
 &= 33133.1 \text{ N} \\
 &= 3313.31 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 &Tu < P_u \\
 &1736.28 < 3313.31 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

E. Perhitungan Ikatan Angin

1. Data Perencanaan :

- Lebar Struktur Atap : 11.675 m
- Panjang Struktur Atap Baja : 18.225 m
- Jarak Gording : 3.85 m
- Bahan Atap : Atap Zincalum 0.6ctc
- Berat Penutup Atap : 5.99 kg/m²
- Kemiringan Atap : 15⁰
- Mutu Baja : BJ 37
- Fy : 240 Mpa
- Fu : 370 Mpa
- Diameter Penggantung (D) : 13 mm
- Jumlah Penggantunag : 2 Buah
- Luas Bruto : 132.665 mm²
- Luas Netto : 119.399 mm²

2. Perhitungan Beban :

Beban Angin (WD)

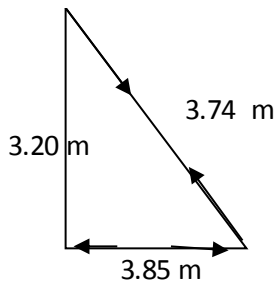
Beban Angin Minimum : 38 kg/m²

(SNI 1727:2013 Pasal 27.1.5)

W Tekan : $38 \times 3.85 \times 6 = 878 \text{ Kg}$

W Hisab : $38 \times 3.85 \times 6 = 878 \text{ Kg}$

3. Sudut yang dibentuk Ikatan Angin



$$\alpha = \text{Arctg} (3.20/3.74) \\ = 41^0$$

$$\text{Reaksi RA} = \text{RB} = 878 \text{ kg}/2 = 438.9 \text{ kg}$$

Perhitungan Gaya Rangka Batang :

Batang 1

$$\alpha = 41^{\circ}$$

$$\sum v = 0$$

$$= RA - P - S1 * \cos \alpha$$

$$= -439 + 878 - S1 * 0.76$$

$$S = 1732.31 \text{ Kg}$$

4. Perencanaan Batang Tarik

$$Pu = 1732 \text{ Kg}$$

Mutu Baja : B37

Fy : 240 Mpa

Fu : 370 Mpa

a. Untuk Kondisi Leleh

$$Pu = \phi fy Ag$$

$$Ag \text{ Perlu} = \frac{Pu}{\phi * fy}$$

$$= \frac{1732}{0.9 * 240} = 80.199 \text{ mm}^2$$

b. Untuk Kondisi Fraktur :

$$Pu = 0.75 \phi fu Ag$$

$$Ag \text{ Perlu} = \frac{Pu}{0.75 \phi * fy}$$

$$= \frac{1732}{0.75 * 0.9 * 240} = 83.234 \text{ mm}^2$$

Direncanakan Ikatan Angin

Diameter D = 13 mm

Ag = 132.665 mm²

Cek Syarat :

$A_g > A_{g\text{perlu}}$

$133 > 83.2 \text{ mm}^2$ (Syarat Memenuhi)

Kontrol Tegangan

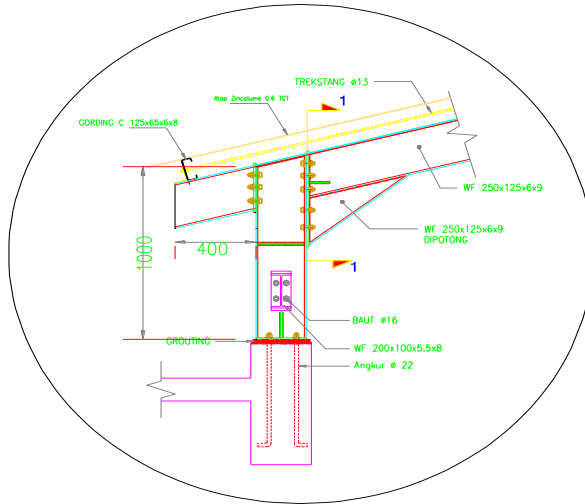
$\sigma < f_y$

$P_u/A_g < 2400 \text{ Kg/cm}^2$

$1305.78 < 2400 \text{ Kg/cm}^2$ (Syarat Memenuhi)

F. Perhitungan Sambungan Baja Profil Atap Baja

1. Sambungan A (Kuda-kuda dengan Kolom)



Gambar 4.99. Sambungan Kuda-Kuda Dengan Kolom Baja

Data Perencanaan :

Lebar Struktur Atap Baja	: 11.675 m
Panjang Struktur	: 18.225 m
Jarak Gording	: 1 m
Jarak Antar Kuda-Kuda	: 3.85 m
Bahan Atap	: Atap Zincalume 0.6ctc
Berat Penutup Atap	: 5.99 kg/m ²
Mutu Baja	: BJ 37
Fy	: 240 Mpa
Fu	: 370 Mpa

Berdasarkan SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya yang terjadi pada titik sambungan kuda-kuda dengan kolom adalah sebagai berikut:

$$V_u = 764 \text{ kg}$$

$$M_u = 1044 \text{ kg.m}$$

1. Perencanaan sambungan baut

Apabila direncanakan:

$$\text{Tipe} = \text{A325 (SNI 03-1729-2015 Tabel J3.2)}$$

$$f_{nt} = 620 \text{ Mpa}$$

$$f_{nv} = 372 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diameter baut, } d_b = 24 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter lubang, } d_o = 27 \text{ mm (SNI 03-1729-2015 Tabel J3.3.M)}$$

$$\text{Jumlah baut} = 10 \text{ buah}$$

$$\text{Mutu plat sambung} = \text{BJ 41}$$

$$F_y = 250 \text{ Mpa}$$

$$F_u = 410 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tebal plat sambung, } t_p = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi plat tambah} = 150 \text{ mm}$$

Untuk jarak spasi baut dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal J3.3 dan J3.5 dimana jarak spasi baut:

$$1. S > 2.67d_b = S = 64.1 \text{ mm}$$

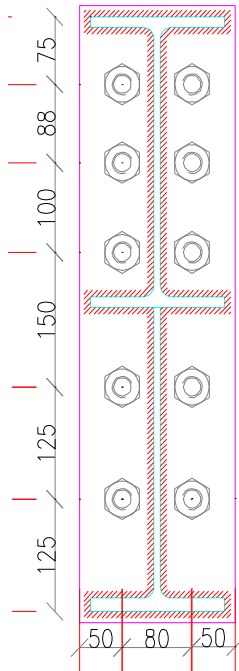
$$2. S < 15T_p = S = 120 \text{ mm}$$

$$3. S < 305 = S = 305 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Antar Baut} = 80 \text{ mm}$$

Untuk jarak tepi dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel J3.4M dan J3.5, dimana untuk baut ukuran 24 mm

- | | |
|-----------------|--------------|
| 1. $S > 30$ mm | $S = 30$ mm |
| 2. $S < 12 T_p$ | $S = 96$ mm |
| 3. $S < 150$ mm | $S = 150$ mm |
| Jarak Tepi Baut | $= 50$ mm |



Gambar 4.100. Posisi dan Jumlah Baut Sambungan Kuda-Kuda dan Kolom

a. Perhitungan akibat geser pada baut

- Tinjauan terhadap geser baut (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.6)

$$R_n = F_{nv} \cdot A_b$$

$$= 372 \text{ Mpa} \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (24 \text{ mm})^2 \right) = 168.203,5 \text{ N}$$

- Tinjauan terhadap tumpu baut (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.10.(a))

$$R_n = 1,2 \cdot \ell_c \cdot t \cdot F_u \leq 2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u$$

$$= 1,2 \cdot 80 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 410 \text{ Mpa} \leq 2,4 \cdot 24 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 410 \text{ Mpa}$$

$$= 314.880 \text{ N} \leq 188.928 \text{ N}$$

Maka dipakai $R_n = 188.928 \text{ N}$

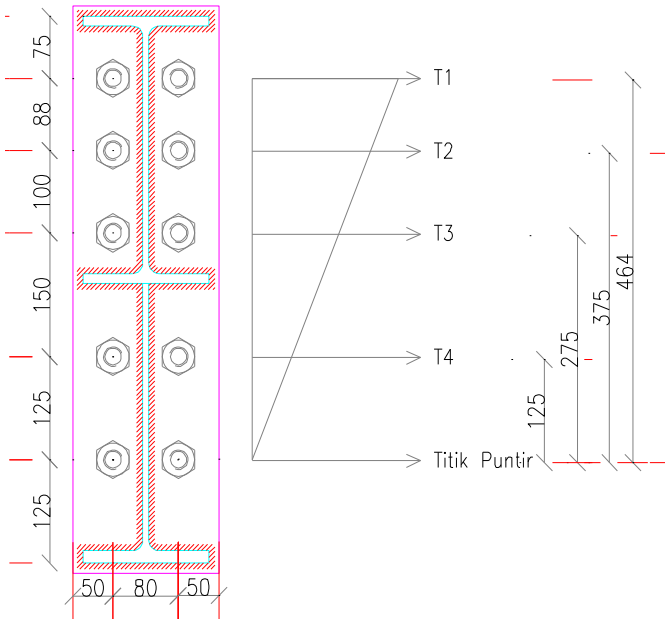
Sehingga untuk kekuatan 1 baut dipakai yang paling kecil, yakni $R_n = 168.204 \text{ N} = 16.820,4 \text{ kg}$

$$\emptyset \cdot R_n \geq V_u$$

$$0,75 \cdot 168.204 \text{ kg} \geq 764 \text{ kg}$$

$$12.615 \text{ kg} \geq 764 \text{ kg (OK!)}$$

- b. Perhitungan akibat gaya momen:
 $M_u = 1044 \text{ kg.m} = 10440000 \text{ N.mm}$



Gambar 4.101. Tegangan Tarik Pada Baut

Menghitung gaya tarik akibat momen (T_u):

$$\begin{aligned} \sum d_n^2 &= (464\text{mm})^2 + (375\text{mm})^2 + (275\text{mm})^2 + (125\text{mm})^2 \\ &= 447171 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Untuk T1, maka:

$$T1 = \frac{M \times d}{\sum dn^2} = \frac{10440000 \text{ N-mm} \times 464 \text{ mm}}{447171 \text{ mm}^2}$$

$$T1 = 10832.903 \text{ N}$$

- Untuk T2, maka:

$$T2 = \frac{M \times d}{\sum dn^2} = \frac{10440000 \text{ N-mm} \times 375 \text{ mm}}{447171 \text{ mm}^2}$$

$$T2 = 8755.040 \text{ N}$$

- Untuk T3, maka:

$$T3 = \frac{M \times d}{\sum dn^2} = \frac{10440000 \text{ N-mm} \times 275 \text{ mm}}{447171 \text{ mm}^2}$$

$$T3 = 6420.363 \text{ N}$$

- Untuk T4, maka:

$$T4 = \frac{M \times d}{\sum dn^2} = \frac{10440000 \text{ N-mm} \times 125 \text{ mm}}{447171 \text{ mm}^2}$$

$$T4 = 2918.347 \text{ N}$$

Dari perhitungan di atas maka nilai Tn yang dipakai adalah yang terbesar, yakni Tu = 10832.903 N = 1083.290 kg

Selanjutnya, untuk kekuatan tarik baut dihitung sebagai berikut:

$$Rn = Fnt \cdot Ab$$

$$= 620 \text{ Mpa} \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (24 \text{ mm})^2 \right) = 280339 \text{ N}$$

$$= 28033.9 \text{ kg}$$

$$\emptyset \cdot Rn \geq Tu$$

$$0,75 \cdot 28033.9 \text{ kg} \geq 1083,3 \text{ kg}$$

$$21025.4 \text{ kg} \geq 1083,3 \text{ kg (OK!)}$$

2. Perencanaan sambungan las sudut

Apabila direncanakan:

Tebal plat = 8 mm

Sambungan las dengan:

Mutu logam pengisi = FE70xx

$F_{EXX} = 4921 \text{ kg/cm}^2 = 492,1 \text{ N/mm}^2$

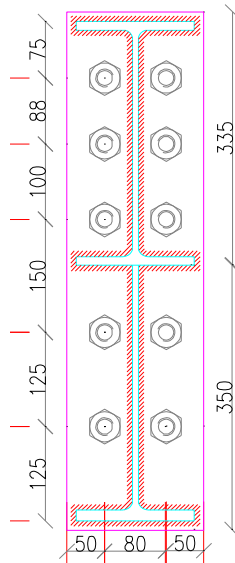
tebal minimum las sudut = 5 mm (SNI 03-1729-2015 Tabel J2.4)

tebal maksimum las sudut = 6 mm

(SNI 03-1729-2015 Pasal J2.2b)

diambil tebal las pakai = 6 mm

Profil yang di las WF 250.125.6.9



Gambar 4.102. Panjang Sambungan Las

Menghitung panjang las (L_w):

$$L_w = (2 \times 350) + (2 \times 335) + (6 \times 125)$$

$$L_w = 2120 \text{ mm}$$

Menghitung luas efektif (A_{we}):

$$A_{we} = L_w \cdot \text{tebal las}$$

$$A_{we} = 2120 \text{ mm} \cdot 6 \text{ mm} = 12720 \text{ mm}^2$$

Tinjau ketahanan las (SNI 03-1729-2015 Pasal J2.4):

- Ketahanan terhadap las:

$$\emptyset.R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot A_{we}$$

$$\emptyset.R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 492,1 \text{ N/mm}^2 \cdot 12720 \text{ mm}^2$$

$$= 2816780 \text{ N}$$

- Ketahanan terhadap bahan dasar:

$$\emptyset.R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot A_{we}$$

$$\emptyset.R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \text{ Mpa} \cdot 12720 \text{ mm}^2$$

$$= 2346840 \text{ N}$$

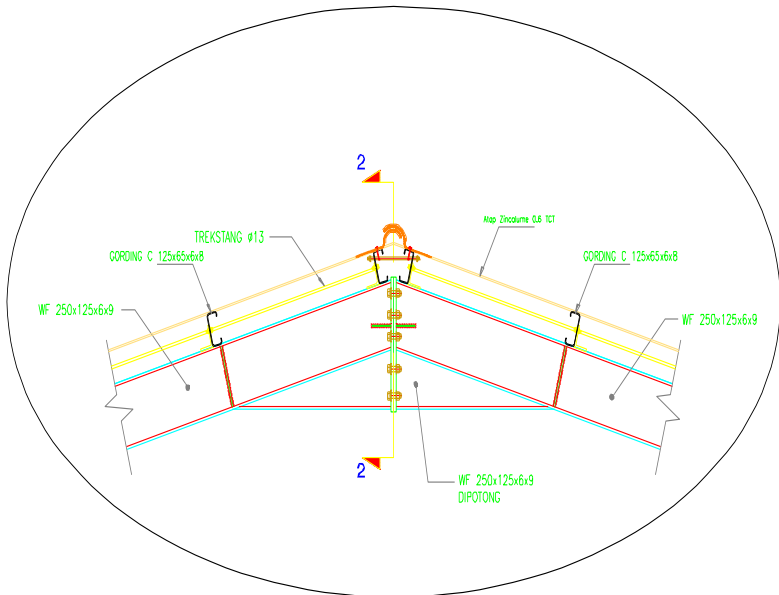
Sehingga dipakai nilai $\emptyset.R_n$ terkecil yakni = 2346840 N = 234684 kg

Kontrol:

$$\emptyset.R_n > V_u$$

$$234684 \text{ kg} > 764 \text{ kg (OK!)}$$

2. Sambungan B (Antar Kuda-kuda)



Gambar 4.103. Sambungan Antar Kuda-Kuda

Data Perencanaan :

Lebar Struktur Atap Baja	: 11.675 m
Panjang Struktur	: 18.225 m
Jarak Gording	: 1 m
Jarak Antar Kuda-Kuda	: 3.85 m
Bahan Atap	: Atap Zinalum 0.6ctc
Berat Penutup Atap	: 5.99 kg/m ²
Mutu Baja	: BJ 37
Fy	: 240 Mpa
Fu	: 370 Mpa

Berdasarkan SAP 2000 v.14, didapatkan gaya-gaya yang terjadi pada titik sambungan kuda-kuda dengan kolom adalah sebagai berikut:

$$V_u = 741.55 \text{ kg}$$

$$M_u = 479.4 \text{ kg.m}$$

1. Perencanaan sambungan baut

Apabila direncanakan:

$$\text{Tipe} = \text{A325 (SNI 03-1729-2015 Tabel J3.2)}$$

$$f_{nt} = 620 \text{ Mpa}$$

$$f_{nv} = 372 \text{ Mpa}$$

$$\text{Diameter baut, } d_b = 24 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter lubang, } d_o = 27 \text{ mm (SNI 03-1729-2015 Tabel J3.3.M)}$$

$$\text{Jumlah baut} = 10 \text{ buah}$$

$$\text{Mutu plat sambung} = \text{BJ 41}$$

$$F_y = 250 \text{ Mpa}$$

$$F_u = 410 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tebal plat sambung, } t_p = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi plat tambah} = 150 \text{ mm}$$

Untuk jarak spasi baut dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Pasal J3.3 dan J3.5 dimana jarak spasi baut:

$$4. \quad S > 2.67d_b = S = 64.1 \text{ mm}$$

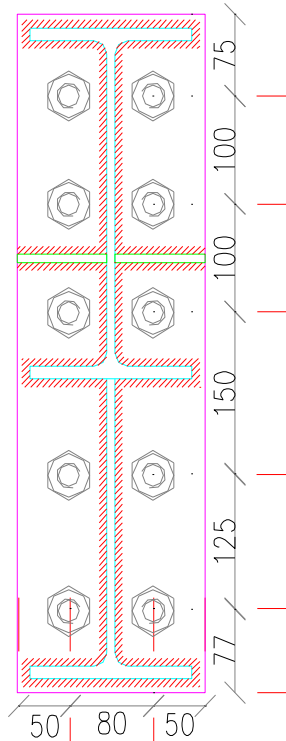
$$5. \quad S < 15t_p = S = 120 \text{ mm}$$

$$6. \quad S < 305 = S = 305 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak Antar Baut} = 80 \text{ mm}$$

Untuk jarak tepi dihitung berdasarkan SNI 03-1729-2015 Tabel J3.4M dan J3.5, dimana untuk baut ukuran 24 mm

- | | |
|-----------------|--------------|
| 4. $S > 30$ mm | $S = 30$ mm |
| 5. $S < 12 T_p$ | $S = 96$ mm |
| 6. $S < 150$ mm | $S = 150$ mm |
| Jarak Tepi Baut | $= 50$ mm |



Gambar 4.104. Posisi dan Jumlah Baut Sambungan Anatar Kuda-Kuda

a. **Perhitungan akibat geser pada baut**

- Tinjauan terhadap geser baut (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.6)

$$R_n = F_{nv} \cdot A_b$$

$$= 372 \text{ Mpa} \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (24 \text{ mm})^2 \right) = 168.203,5 \text{ N}$$

- Tinjauan terhadap tumpu baut (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.10.(a))

$$R_n = 1,2 \cdot \ell_c \cdot t \cdot F_u \leq 2,4 \cdot d \cdot t \cdot F_u$$

$$= 1,2 \cdot 80 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 410 \text{ Mpa} \leq 2,4 \cdot 24 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \cdot 410 \text{ Mpa}$$

$$= 314.880 \text{ N} \leq 188.928 \text{ N}$$

Maka dipakai $R_n = 188.928 \text{ N}$

Sehingga untuk kekuatan 1 baut dipakai yang paling kecil, yakni $R_n = 168.204 \text{ N} = 16.820,4 \text{ kg}$

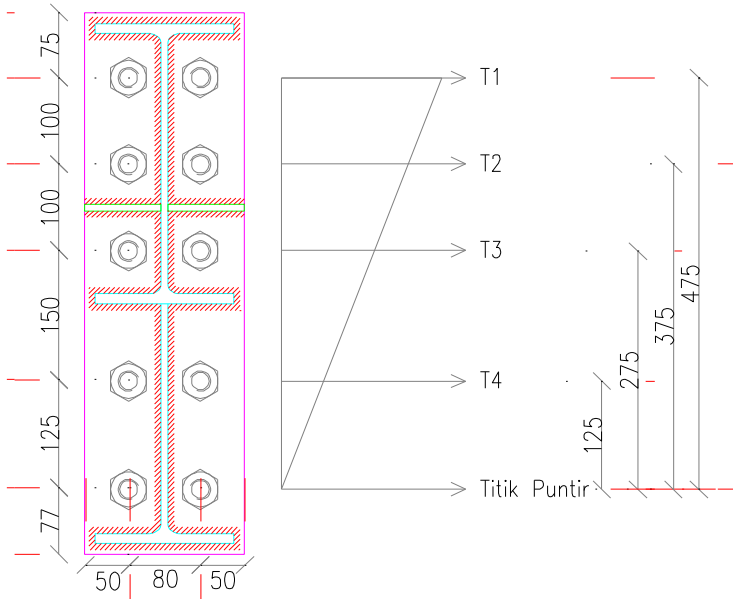
$$\emptyset \cdot R_n \geq V_u$$

$$0,75 \cdot 168.204 \text{ kg} \geq 741,6 \text{ kg}$$

$$12.615 \text{ kg} \geq 741,6 \text{ kg (OK!)}$$

b. Perhitungan akibat gaya momen:

$$M_u = 479.4 \text{ kg.m} = 4794000 \text{ N.mm}$$



Gambar 4.105. Tegangan Baut Pada Sambungan

Menghitung gaya tarik akibat momen (T_u):

$$\begin{aligned} \sum d_n^2 &= (475\text{mm})^2 + (375\text{mm})^2 + (275\text{mm})^2 + (125\text{mm})^2 \\ &= 457500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

- Untuk T1, maka:

$$T1 = \frac{M \times d}{\sum dn^2} = \frac{4794000 \text{ N-mm} \times 475 \text{ mm}}{457500 \text{ mm}^2}$$

$$T1 = 4977.377 \text{ N}$$

- Untuk T2, maka:

$$T2 = \frac{M \times d}{\sum dn^2} = \frac{4794000 \text{ N-mm} \times 375 \text{ mm}}{457500 \text{ mm}^2}$$

$$T2 = 3929.508 \text{ N}$$

- Untuk T3, maka:

$$T3 = \frac{M \times d}{\sum dn^2} = \frac{4749000 \text{ N-mm} \times 275 \text{ mm}}{457500 \text{ mm}^2}$$

$$T3 = 2881.639 \text{ N}$$

- Untuk T4, maka:

$$T4 = \frac{M \times d}{\sum dn^2} = \frac{4749000 \text{ N-mm} \times 125 \text{ mm}}{457500 \text{ mm}^2}$$

$$T4 = 1309.836 \text{ N}$$

Dari perhitungan di atas maka nilai Tn yang dipakai adalah yang terbesar, yakni $Tu = 4977.377 \text{ N} = 497.738 \text{ kg}$

Selanjutnya, untuk kekuatan tarik baut dihitung sebagai berikut:

$$Rn = Fnt \cdot Ab$$

$$= 620 \text{ Mpa} \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (24 \text{ mm})^2 \right) = 280339 \text{ N}$$

$$= 28033.9 \text{ kg}$$

$$\emptyset \cdot Rn \geq Tu$$

$$0,75 \cdot 28033.9 \text{ kg} \geq 4977 \text{ kg}$$

$$21025.4 \text{ kg} \geq 4977 \text{ kg} \text{ (OK!)}$$

2. Perencanaan sambungan las sudut

Apabila direncanakan:

Tebal plat = 8 mm

Sambungan las dengan:

Mutu logam pengisi = FE70xx

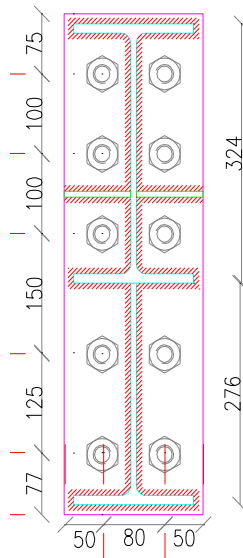
$F_{EXX} = 4921 \text{ kg/cm}^2 = 492,1 \text{ N/mm}^2$

tebal minimum las sudut = 5 mm (SNI 03-1729-2015 Tabel J2.4)

tebal maksimum las sudut = 6 mm
(SNI 03-1729-2015 Pasal J2.2b)

diambil tebal las pakai = 6 mm

Profil yang di las WF 250.125.6.9



Gambar 4.106. Panjang Pengelasan Pada Sambungan

Menghitung panjang las (L_w):

$$L_w = (2 \times 276) + (2 \times 324) + (8 \times 125)$$

$$L_w = 2200 \text{ mm}$$

Menghitung luas efektif (A_{we}):

$$A_{we} = L_w \cdot \text{tebal las}$$

$$A_{we} = 2200 \text{ mm} \cdot 6 \text{ mm} = 13200 \text{ mm}^2$$

Tinjau ketahanan las (SNI 03-1729-2015 Pasal J2.4):

- Ketahanan terhadap las:

$$\phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot A_{we}$$

$$\phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 492,1 \text{ N/mm}^2 \cdot 13200 \text{ mm}^2$$

$$= 2923074 \text{ N}$$

- Ketahanan terhadap bahan dasar:

$$\phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot A_{we}$$

$$\phi \cdot R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \text{ Mpa} \cdot 13200 \text{ mm}^2$$

$$= 2435400 \text{ N}$$

Sehingga dipakai nilai $\phi \cdot R_n$ terkecil yakni = 2435400 N = 243540 kg

Kontrol:

$$\phi \cdot R_n > V_u$$

$$243540 \text{ kg} > 741.55 \text{ kg (OK!)}$$

3. Sambungan C (Kolom dengan Plat Landas)

Data Perencanaan :

Lebar Struktur Atap Baja	:	11.675 m
Panjang Struktur	:	18.225 m
Jarak Gording	:	1 m
Jarak Antar Kuda-Kuda	:	3.85 m
Bahan Atap	:	Atap Zinalum 0.6ctc
Berat Penutup Atap	:	5.99 kg/m ²
Mutu Baja	:	BJ 37
	Fy	: 240 Mpa
	Fu	: 370 Mpa

Dimensi kolom baja WF 250.125.6.9

Beban yang terjadi pada ujung kolom berdasarkan hasil dari program bantu SAP 2000 v.14 didapatkan:

Pu	= 2233.04 kg	= 22330.4 N
Vu	= 994.9 kg	= 9949 N
Mu	= 919.29 kg.m	= 9192900 N.mm

Kolom beton yang dipakai

B	= 350 mm
H	= 350 mm
fc'	= 35 Mpa

Baut pada angkur:

Tipe baut angkur	= A-325
Diameter baut	= 22 mm
fnt	= 620 Mpa
fntv	= 372 Mpa

1. Perencanaan dimensi plat landas:

Mencari luas perlu Plat Landas (A)

$$F_c' \geq P_u / A$$

$$35 \text{ Mpa} \geq (22330.4 \text{ N}) / A$$

$$A \geq 638.011 \text{ mm}^2$$

Apabila direncanakan:

$$b \text{ plat} = 300 \text{ mm}$$

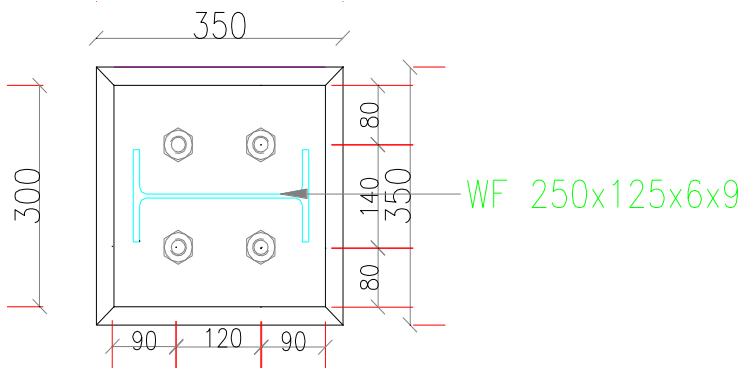
$$h \text{ plat} = 300 \text{ mm}$$

Maka A rencana :

$$A_r = 90000 \text{ mm}^2$$

Kontrol :

$$A_r > A \text{ (Syarat Memenuhi)}$$



Gambar 4.107. Sambungan Kolom Dengan Pelat Landas

2. Perhitungan tebal plat landas:

Tegangan yang terjadi dibawah plat landas, f_{pu} :

$$f_{pu} = 0,85 \cdot f_c' = 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} = 29,75 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus penampang, } S &= 1/6 \cdot b \cdot t_p^2 \\ &= 1/6 \cdot 300 \text{ mm} \cdot t_p^2 \\ &= 50 \text{ mm} \cdot t_p^2 \end{aligned}$$

Sehingga tebal penampang yang dibutuhkan adalah:

$$f_y \geq \frac{M}{S}$$

$$f_y \geq \frac{\frac{1}{2} \cdot f_{pu} \cdot m^2}{S}$$

$$240 \text{ Mpa} \geq \frac{\frac{1}{2} \cdot 29,75 \text{ Mpa} \cdot (80 \text{ mm})^2}{50 \text{ mm} \cdot t_p^2}$$

$$t_p \geq \sqrt{\frac{\frac{1}{2} \cdot 29,75 \text{ Mpa} \cdot (80 \text{ mm})^2}{50 \text{ mm} \cdot 240 \text{ Mpa}}}$$

$$t_p \geq 2,817 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}$$

Sehingga tebal plat landas yang dipakai adalah tebal 5 mm

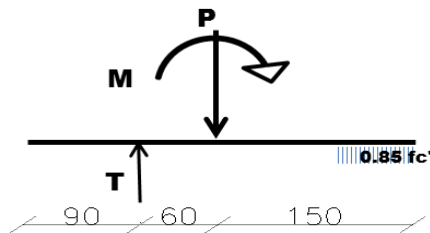
3. Perhitungan jumlah angkur pada plat landas:

Data-data angkur:

Diameter angkur = 22 mm

f_{nt} = 620 Mpa

f_{nv} = 372 Mpa



Gambar 4.108. Gaya Dalam yang Terjadi Pada Pelat Landas

$$\Sigma V = 0$$

$$T - P - 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a = 0$$

$$\Sigma M = 0$$

$$P \cdot 60 \text{ mm} + M - 0,85 \cdot f_c \cdot a \cdot b = 0$$

$$22330,4 \text{ N} \cdot 60 \text{ mm} + 9192900 \text{ N}\cdot\text{mm} - 0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot a \cdot 300 \text{ mm} \cdot (210 \text{ mm} - \frac{1}{2} a) = 0$$

$$10532724 \text{ N}\cdot\text{mm} - (1874250 \text{ N}) a + (4462,5 \text{ N/mm}) a^2 = 0$$

$$4462,5 a^2 - 1874250 a + 10532724 = 0$$

Persamaan diatas dapat diselesaikan dengan rumus ABC:

$$a_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

$$a_{1,2} = \frac{-(-1874250) \pm \sqrt{(-1874250)^2 - 4 \cdot 4462,5 \cdot 10532724}}{2 \cdot 4462,5}$$

$$a_1 = 414,30 \text{ mm}$$

$$a_2 = 5,70 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan di atas, yang dipakai adalah nilai $a = 5,70 \text{ mm}$, sehingga:

$$T - P - 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a = 0$$

$$T = P + 0,85 \cdot f_c \cdot b \cdot a = 0$$

$$T = 22330,4 \text{ N} + (0,85 \cdot 35 \text{ Mpa} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 5,70 \text{ mm})$$

$$T = 73175,909 \text{ N} = 7317,591 \text{ kg}$$

Didapatkan nilai tegangan tarik yang terjadi pada angker sebesar 7317.591 kg

Untuk kuat tarik satu baut adalah:

$$\begin{aligned}\varnothing T_n &= F_{nt} \cdot A_b \\ &= 620 \text{ Mpa} \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \\ &= 235562.8 \text{ N} = 23556.28 \text{ kg}\end{aligned}$$

Sehingga untuk jumlah angker yang dibutuhkan adalah:

$$N = \frac{T_u}{\varphi \cdot T_n} = \frac{7317.591\text{kg}}{23556.28\text{kg}} = 0.31 \approx 2 \text{ buah}$$

Didapatkan total kebutuhan angkur yang dipasang untuk 1 sisinya adalah 2, sehingga untuk kebutuhan keseluruhan adalah = 2 . 2 buah = 4 buah angkur.

Perhitungan angkur terhadap gaya geser

$$V_u = 9949 \text{ N}$$

Tinjauan terhadap geser baut (SNI 03-1729-2015 Pasal J3.6):

$$\begin{aligned}R_n &= F_{nv} \cdot A_b \\ &= 372\text{Mpa} \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (22\text{mm})^2 \right) = 141337.7 \text{ N}\end{aligned}$$

Dikarenakan 4 angkur, maka total kuat geser angkur:

$$4 \times 141337.7 \text{ N} = 565350.7 \text{ N} > 9949 \text{ N (OK!)}$$

4. Panjang penyaluran angkur:

$$L_h = \frac{T_u/2}{0,75 \cdot f_c' \cdot db} = \frac{73175.909N/2}{0,75 \cdot 35Mpa \cdot 22mm} = 633.558 \text{ mm}$$

Maka diambil panjang penyaluran sepanjang = 650 mm

5. Perencanaan sambungan las sudut:

Apabila direncanakan:

Tebal plat = 5 mm

Sambungan las dengan:

Mutu logam pengisi = FE70xx

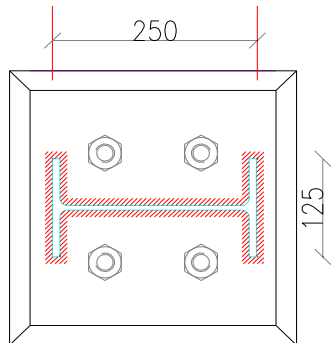
$F_{EXX} = 4921 \text{ kg/cm}^2 = 492,1 \text{ N/mm}^2$

tebal minimum las sudut = 5 mm (SNI 03-1729-2015 Tabel J2.4)

tebal maksimum las sudut = 6
(SNI 03-1729-2015 Pasal J2.2b)

diambil tebal las pakai = 6 mm

Profil yang di las WF 250.125.6.9



Gambar 4.109. Panjang Pengelasan Pada Sambungan

Menghitung panjang las (Lw):

$$L_w = (2 \times 250) + (4 \times 125) = 1000 \text{ mm}$$

Menghitung luas efektif (Awe):

$$A_{we} = L_w \cdot \text{tebal las} = 1000 \text{ mm} \cdot 6 \text{ mm} = 6000 \text{ mm}^2$$

Tinjau ketahanan las (SNI 03-1729-2015 Pasal J2.4):

- Ketahanan terhadap las:

$$\emptyset.R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot F_{EXX} \cdot A_{we}$$

$$\emptyset.R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 492,1 \text{ N/mm}^2 \cdot 6000 \text{ mm}^2$$

$$= 13286700 \text{ N}$$

- Ketahanan terhadap bahan dasar:

$$\emptyset.R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot f_u \cdot A_{we}$$

$$\emptyset.R_n = 0,75 \cdot 0,6 \cdot 410 \text{ Mpa} \cdot 6000 \text{ mm}^2$$

$$= 999000 \text{ N}$$

Sehingga dipakai nilai $\emptyset.R_n$ terkecil yakni = 999000 N = 99900 kg

Kontrol:

$$\emptyset.R_n > V_u$$

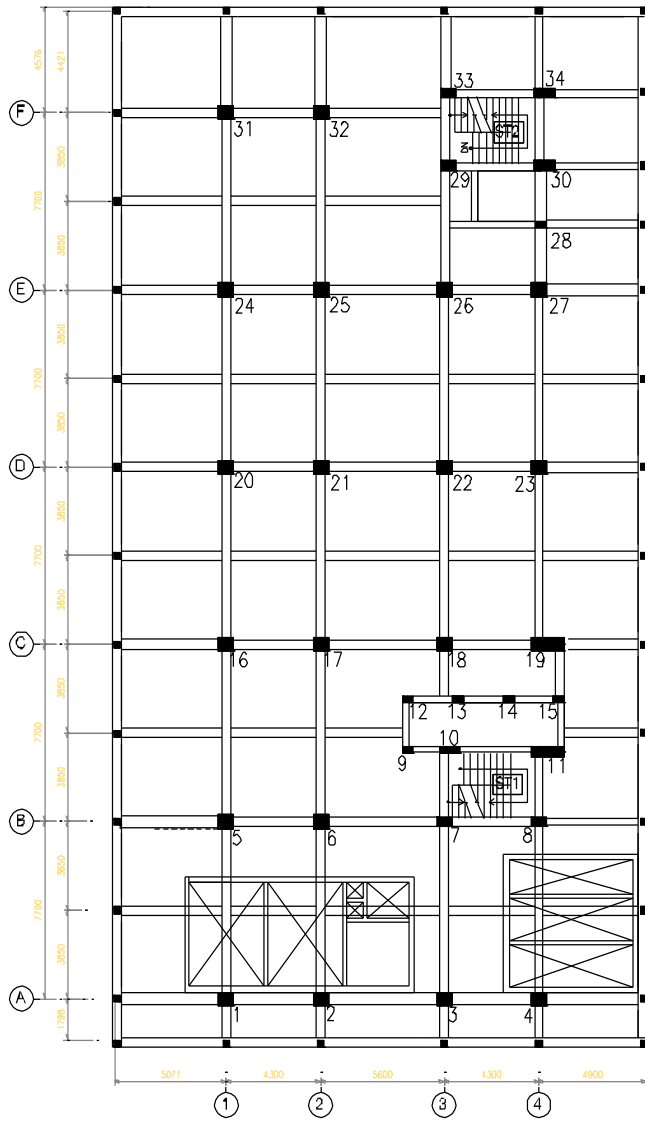
$$99900 \text{ kg} > 9949 \text{ kg (OK!)}$$

4.6.6. Perhitungan Fondasi

Pada perhitungan fondasi hanya disajikan dalam bentuk tabel dan hanya menyajikan output gaya-gaya dalam hasil analisa SAP 2000.

Table 4.63. Output Gaya-Gaya Dalam SAP 2000

No	Type Kolom	As	Join	Aksial (Ton)	Geser (kN)	Momen X (kN-m)	Momen Y (kN-m)
1	C3	A-1	17	235.99	59.32	2.43	170.45
2	C3	A-2	19	321.47	69.01	40.69	203.1
3	C3	A-3	21	325.12	73.96	33.67	199.8
4	C3	A-4	23	216.65	58.83	6.02	165.78
5	C3	B-1	78	384.45	1.49	4.16	6.03
6	C3	B-2	80	511.25	12.86	19.88	33.75
7	C8	B-3	82	371.2	31.81	23.71	183.57
8	C8	B-4	84	235.51	16.75	18.29	175.66
9	C7	B-C	138	147.02	12.07	12.8	2.08
10	C5	B-C	136	177.62	21.14	4.06	26.81
11	C2	B-C	134	189.01	30.5	15.29	6.71
12	C7	B-C	179	141.22	12.28	8.87	2.83
13	C7	B-C	181	112.98	5.89	2.73	1.42
14	C7	B-C	183	87.77	5.59	1.45	12.89
15	C7	B-C	177	66.07	1.93	2.55	4.84
16	C3	C-1	233	410.64	1.17	3.44	6.92
17	C3	C-2	235	525.11	10.19	18.77	33.72
18	C3	C-3	237	400.84	56.04	2.24	204.14
19	C1	C-4	239	322.79	48.22	87.04	77.9
20	C3	D-1	291	397.07	1.32	1.83	0.42
21	C3	D-2	293	539.62	12.98	60.85	1.08
22	C3	D-3	295	542.89	22.09	48.23	8.44
23	C3	D-4	297	408.07	44.01	81.71	154.97
24	C3	E-1	347	404.02	1.86	1.51	0.92
25	C3	E-2	349	556.52	13.46	58.33	12.59
26	C3	E-3	351	486.89	24.04	46.02	195.55
27	C3	E-4	353	309.32	46.45	35.43	158.53
28	C7	E-F	568	105.29	18.43	23.45	8.64
29	C8	E-F	525	322.46	18.95	25.52	48.84
30	C4	E-F	523	194.66	12.88	24.33	28.33
31	C3	F-1	444	261.14	38.41	5.38	135.14
32	C3	F-2	446	368.93	45.27	64.22	156.09
33	C8	F-3	416	248.21	12.46	15.31	30.17
34	C4	F-4	418	149.74	7.7	23.12	16.33



Gambar 4.110. Denah Penomoran Kolom Untuk Fondasi

4.7. Metode Pelaksanaan dan Perhitungan Durasi Kerja

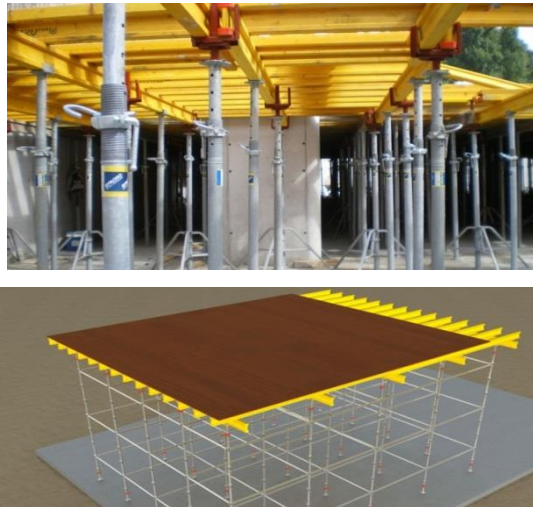
4.7.1. Metode Pelaksanaan

Pembahasan metode pelaksanaan pada tugas akhir ini lebih fokus pada pekerjaan pelaksanaan struktur lantai beton prategang. Pelat lantai ini terletak pada lantai 11 dengan elevasi + 38,70 m dengan luas lantai beton prategang adalah 15,7 m x 14,9m dengan tebal pelat 250 mm.

4.7.2.1. Metode Pemilihan Alat dan Bahan

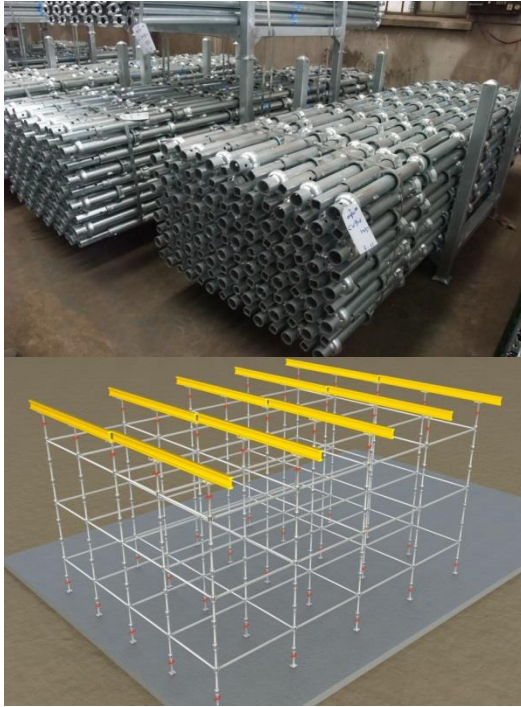
Pemilihan bahan-bahan dan peralatan dalam suatu pekerjaan konstruksi harus benar-bener dilakukan dengan teliti dan dengan tenaga ahli yang mempunyai. Tahapan ini sangat mempengaruhi kualitas dan produktivitas pekerjaan. Adapun material atau bahan-bahan serta alat-alat yang dipersiapkan pada pekerjaan ini adalah:

1. Bekisting System Peri



Gambar 4.111. Bekisting Pelat Lantai

2. Perancah Scaffolding



Gambar 4.112. Perancah Scaffolding Jenis Cuplock

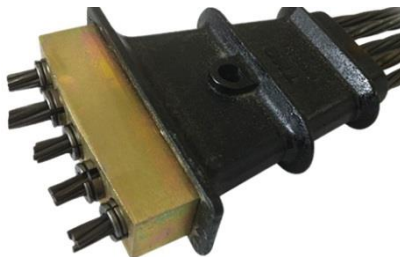
3. Beton Mutu f_c' 41.5 Mpa (K-500)



Gambar 4.113. Beton Segar Mutu K 500

4. Angkur Aktif Flat Slab

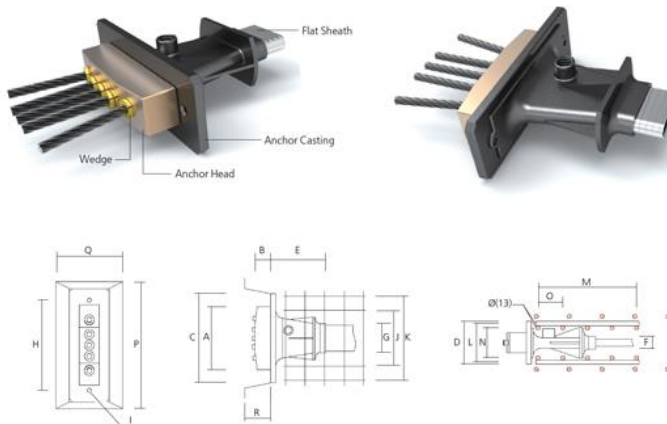
Berdasarkan hasil analisa pelat prategang menggunakan strand 7 wire dengan diameter 12.7 mm. pada analisa tersebut didapatkan jumlah strand dalam 1 M pelat adalah 10 strand . Maka berdasarkan tabel type ukuran angkur yang dikeluarkan dari freyssinet, tendon digunakan unit type 5 S 13 ASTM-A 416/80 grade 270 Kpsi sebanyak 2 tendon.



Gambar 4.114. Model Angkur Aktif

Table 4.64. Type Standard Angkur aktif slab (freyssinet prestressing manual)

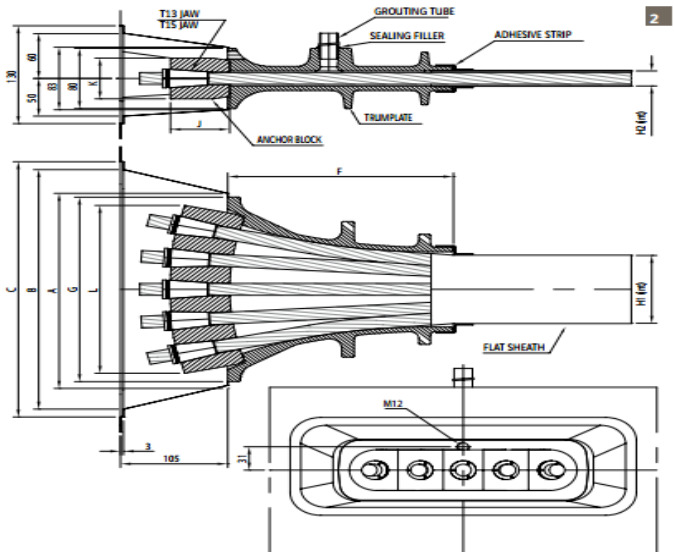
STANDARD	GRADE	SIZE	NOM. DIA. mm.	NOM. SECTION mm. ²	NOM. WEIGHT Kg/m	SPECIFIED BREAKING LOAD		SPECIFIED LOAD AT 1% ELONGATION	
						kN	kips	kN	kips
Euronorm 138-6/79 Standard	1770 MPa	½" - T13	12.50	93.00	0.730	164	36.9	139	31.3
	1860 MPa	½" - T13	12.50	93.00	0.730	173	38.9	147	33.1
	1670 MPa	0.6" - T15	15.20	139.0	1.090	232	52.2	197	44.3
	1770 MPa	0.6" - T15	15.20	139.0	1.090	246	55.3	209	47.0
Euronorm 138-6/79 Super	1860 MPa	½" - T13	12.90	100.0	0.785	186	41.8	158	35.5
	1770 MPa	5/8" - T13	15.70	150.0	1.180	265	59.6	225	50.6
	250 kpsi	½" - T13	12.70	92.90	0.730	160.1	36.0	144.2	32.4
A.S.T.M. A 416/80	270 kpsi	½" - T13	12.70	98.71	0.775	183.7	41.3	165.4	37.2
	250 kpsi	0.6" - T15	15.24	139.35	1.094	240.2	54.0	216.3	48.6
	250 kpsi	0.6" - T15	15.24	140.00	1.102	260.7	58.6	234.7	52.8



Gambar 4.115. Angkur Aktif Flat Slab

Table 4.65. Ukuran Angkur Multi Strand Flat Slab freyssnet

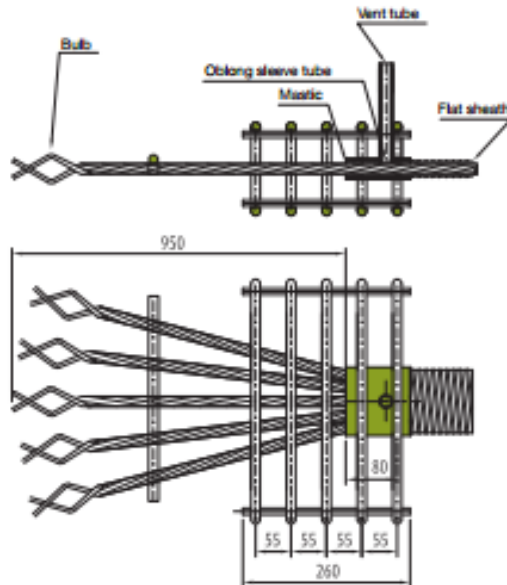
Dimension Anchor	Recess			Trumplate		Smooth sheath		Corrugated sheath		Anchor block		
	A	B	C	F	G	H1	H2	H1	H2	J	K	L
3B13	124	187	208	117	124	40	20	58	21	60	45	111
3B15	164	227	248	147	164	70	20	58	21	57	54	138
4B13	164	227	248	147	164	70	20	58	21	53	55	155
4B15	202	265	286	180	192	70	20	75	21	59	54	181
5B13	202	265	286	180	192	70	20	75	21	50	55	187
5B15	255	318	339	221	245	90	20	90	21	58	54	223



Gambar 4.116. Detail Ukuran Angkur Aktif freyssnet

5. Angkur Pasif

berdasarkan hasil analisa digunakan angkur multi strand, maka untuk tendon multi strand type 5 S 13 . Berdasarkan spesifikasi angkur pasif dari Integrated solutions for building prestressing by post-tensioning digunakan angkur tipe pasif type G.



Gambar 4.117. Angkur Pasif dan Tulangan Angkur

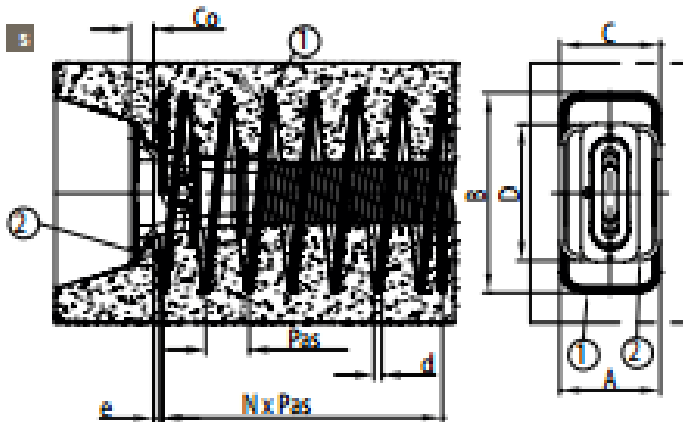
6. Tulangan Hoop Spiral

Tulangan hoop spiral dipasang pada daerah pengankuran angkur aktif. Berdasarkan Integrated solutions for building prestressing by post-tensioning.

Table 4.66. Type dan jenis kategori tulangan hoop daerah angkur

Unit	1 B500 steel						2 B500 steel		
	Pitch	d	N	A	B	Co	e	C	D
3813	60	8	4	120	200	45	8	120	120
4813	60	10	6	140	240	45	8	140	160
5813	60	10	6	140	260	45	8	140	190
3815	60	10	6	140	240	45	8	140	160
4815	60	10	6	140	280	45	8	140	190
5815	60	12	6	140	320	45	10	140	240

Berdasarkan tabel 4.16 tulangan hoop dipilih sesuai dengan jenis tendon yang didesain yaitu 5 B 13



Gambar 4.118. Detail Penulangan hoop pada daerah pengankuran pada angkur aktif

7. Jacking Pump

Dalam proses jacking digunakan alat E.O.H.P pumps untuk melakukan penarikan tendon dengan spesifikasi sebagai berikut.

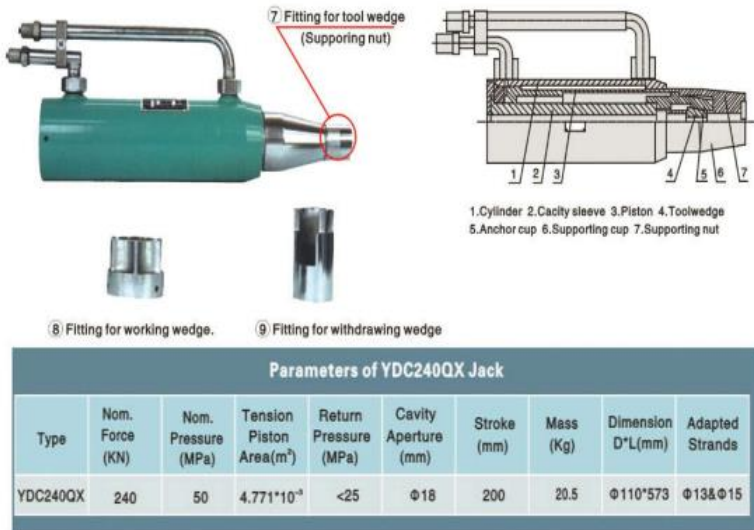
Table 4.67. Kesesuaian berdagai jenis Power Pack

SALIENT FEATURES OF THE POWER PACK	UNITS	E.O.H.P. Power Pack			H.O.H.P. Pump
		MK-I	MK-II	MK-III	
Test Pressure (Max.)	Kg.f/cm ²	600	650	650	640
Working Pressure (Max.)	Kg.f/cm ²	450	580	580	550
Oil Delivery (Max.)	Ltr./min	1.50	1.50	2.50	0.20 (S/A) 1.50 (D/A)
Oil Tank Capacity:	Ltr.	25	60		-
-- Do --	Ltr.	10	25		-
T.E.F.C. Electric Motor: 440 Volts, 3 ph, 1440 rpm	hp / KW	2.0 / 1.49	3.0 / 2.24	5.0 / 3.73	-
Dimensions -	mm.	575	630		600
	mm.	335	950		350
	mm.	705	800		980
Machine Weight:	Dry	kgs.	45.0	110.0	58.0
	With Oil	kgs.	66.0	162.0	-
Recommended Sizes of Prestressing Cable	-	4S13 - 5S13	4K13 - 12K13	19K13 - 27K13	4S13 - 5S13
		4S15 - 5S15	4K15 - 7K15	12K15 - 27K15	4S15 - 5S15
		4K13 - 7K13	or Equivalent	or Equivalent	4K13 - 7K13
JACK RECOMMENDATION	-	SC-2 & K100	K-100 & K-200	K-500 & K-700	SC-2 & K-100

Table 4.68. Pemilihan Type Jack terhadap type angkur

JACK TYPE	ANCHORAGE TYPE		e	f	g	h	i	j	k	l
K 100	4 K 13	-	635	200	185	275	785	190	126	192
	7 K 13	4 K 15	635	200	185	275	785	190	126	192
K 200	7 K 13	4 K 15	720	200	220	350	875	230	228	274
	12 K 13	7 K 15	726	200	220	350	875	230	231	274
K 350	12 K 13	7 K 15	820	250	267	440	970	270	235	324
	19 K 13	12 K 15	820	250	267	440	970	270	230	324
K 500	19 K 13	12 K 15	940	250	267	515	1090	310	230	410
	27 K 13	19 K 15	933	250	267	515	1090	310	222	410
K 700	27 K 13	19 K 15	881	260	350	610	1030	360	142	478
	37 K 13	27 K 15	973	260	350	610	1125	360	104	478
K 1000	37 K 13	27 K 15	1062	220	400	710	1220	410	268	535
	55 K 13	37 K 15	1171	220	400	710	1320	410	279	535

Berdasarkan tabel 4.17 dan 4.18 digunakan power pack tipe MK-1 dengan tipe jack K-100 menggunakan jenis hydraulic jack mono-strand jack YDC240QX-200.

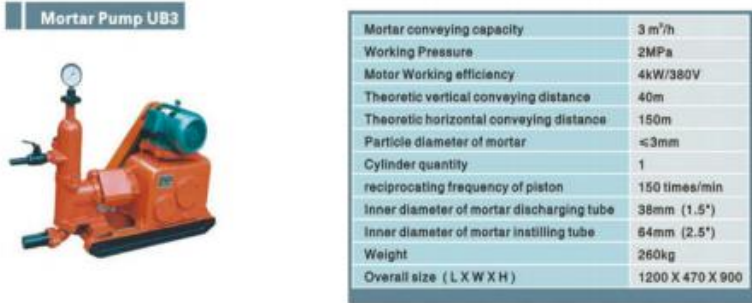


Gambar 4.119. Hydraulic Jack Mono-Strand Jack YDC240QX-200

8. Grouting Pump

Grouting pump digunakan untuk memasukkan semen mortar kedalam selongsong, karena proses grouting dilantai 11 sehingga dipilih grout pump yang mudah dipindah yaitu menggunakan grouting machine/strand pushing machine.

Grouting Machine/Strand Pushing Machine

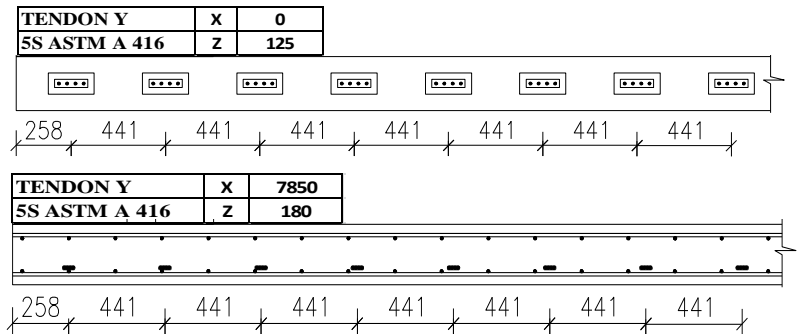


Gambar 4.120. Grouting Machine

4.7.2.2. Metode Instalasi dan Perakitan

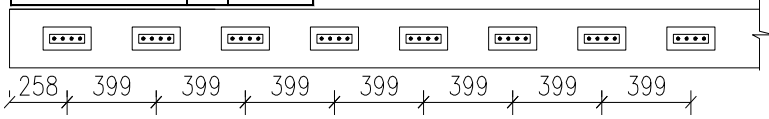
1. Instalasi Tendon

Pemasangan tendon dipasang sesuai dengan gambar rencana dengan memperhatikan detail kordinat pemasangan tendon. Tendon dipasang dengan dua arah yaitu arah X dan Arah y dimana arah X dipasang lebih dulu.

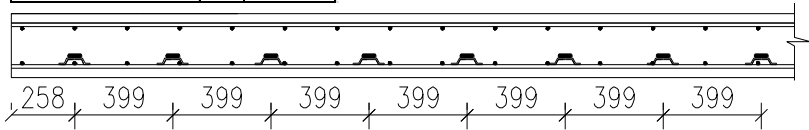


Gambar 4.121. Kordinat Tendon Arah Y As 1-2

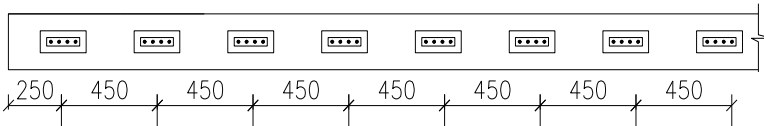
TENDON Y	X	0
5S ASTM A 416	Z	125



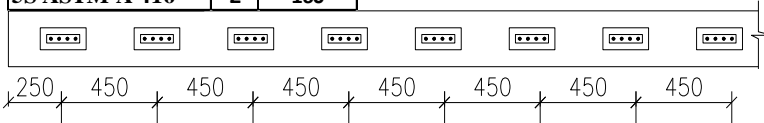
TENDON Y	X	7850
5S ASTM A 416	Z	180



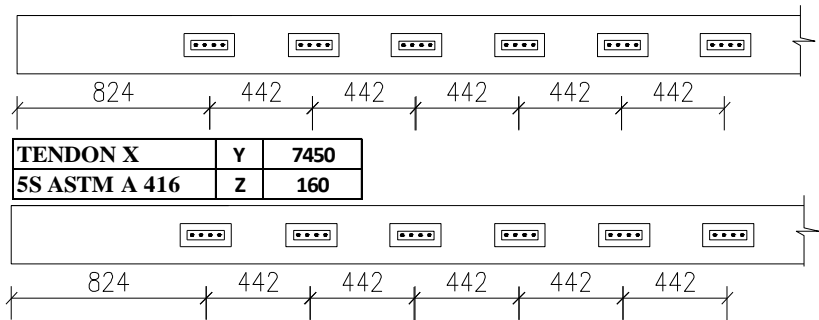
Gambar 4.122. Kordinat Tendon Arah Y As 3-4



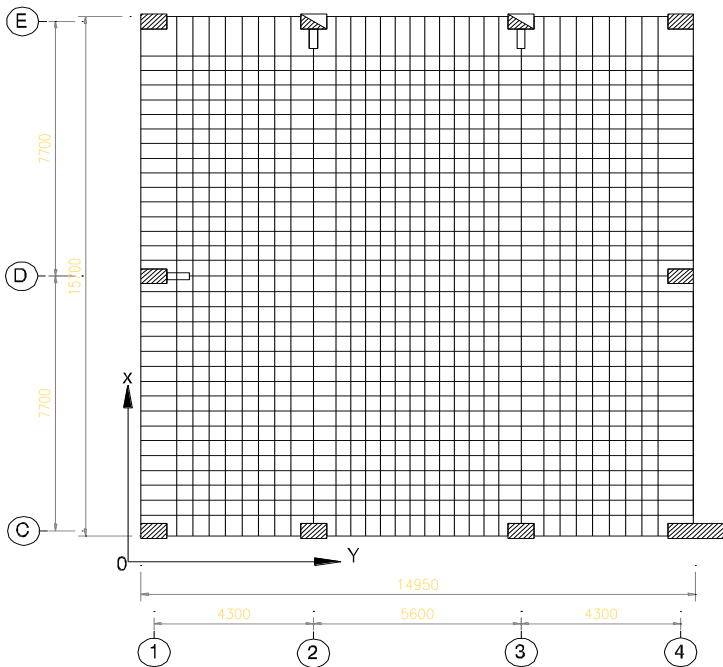
TENDON X	Y	7450
5S ASTM A 416	Z	160



Gambar 4.123. Kordinat Tendon Arah X As C-D



Gambar 4.124. Kordinat Tendon X As D-E



Gambar 4.125. Denah Tata Letak Tendon

Table 4.69. Elevasi Pemasangan Tendon

ELEVASI PEMASANGAN TENDON			
ARAH X		ARAH Y	
L (M)	Z (MM)	L (M)	Z (MM)
0.00	-125.00	0.00	-125.00
1.00	-133.61	1.00	-137.84
2.00	-141.04	2.00	-149.07
3.00	-147.28	3.00	-158.69
4.00	-152.33	4.00	-166.69
5.00	-156.19	5.00	-172.53
6.00	-158.64	6.00	-176.57
7.00	-159.65	7.00	-179.01
7.45	-160.00	7.85	-180.00
8.00	-159.57	8.00	-179.83
9.00	-158.33	9.00	-178.66
10.00	-155.86	10.00	-175.53
11.00	-151.94	11.00	-170.78
12.00	-146.73	12.00	-164.41
13.00	-140.34	13.00	-156.24
14.00	-132.75	14.00	-145.93
14.90	-125.00	15.00	-133.99
		15.70	-125.00



Gambar 4.126. Proses Instalasi dan Pemasangan Tendon



Gambar 4.127. Instalasi Tendon

2. Pemasangan Angkur Aktif

Angkur aktif dipasang pada bekisting pelat sebelum tendon dipasang.



Gambar 4.128. Pemasangan Angkur Aktif pada bekisting

3. Perakitan Angkur Pasif

Angkur pasif dibuat dengan menggunakan strand yang digunkan pada ujung strand dengan memuat pembesaran sesuai ukuran yang ditentukan.



Gambar 4.129. Perakitan dan Pemasangan Angkur Pasif

4. Perakitan dan Pemasangan Selongsong

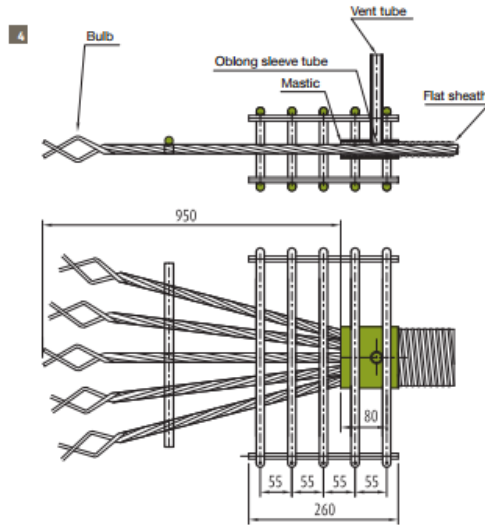
Selongsong yang dibuat dengan menggunakan lapisan tipis yang tetap ditempat.harus berupa bahan yang tidak memungkinkan tembusnya pasta semen.



Gambar 4.130. Pemasangan Selongsong

5. Pemasangan Tulangan Angkur

Tulangan ankur merupakan tulangan non prategang yang dipasang pada daerah pengankuran baik pada daerah ankur aktif dan ankur pasif



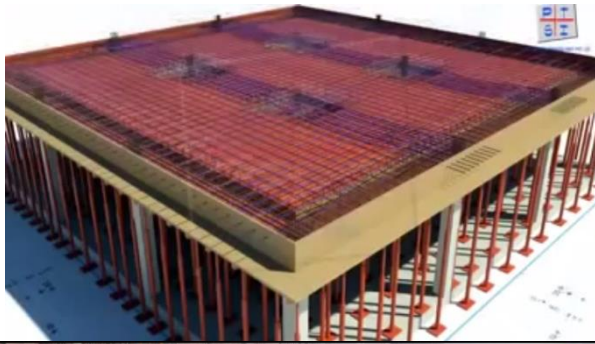
Gambar 4.131. Pemasangan Tulangan Angkur

4.7.2.3. Metode Pengecoran

1. Tahap Persiapan dan pengecekan

Tahap ini merupakan tahapan penting maka seorang quality control dan pengawas lapangan memeriksa dan melakukan ceklis. Hal hal yang harus diperhatikan :

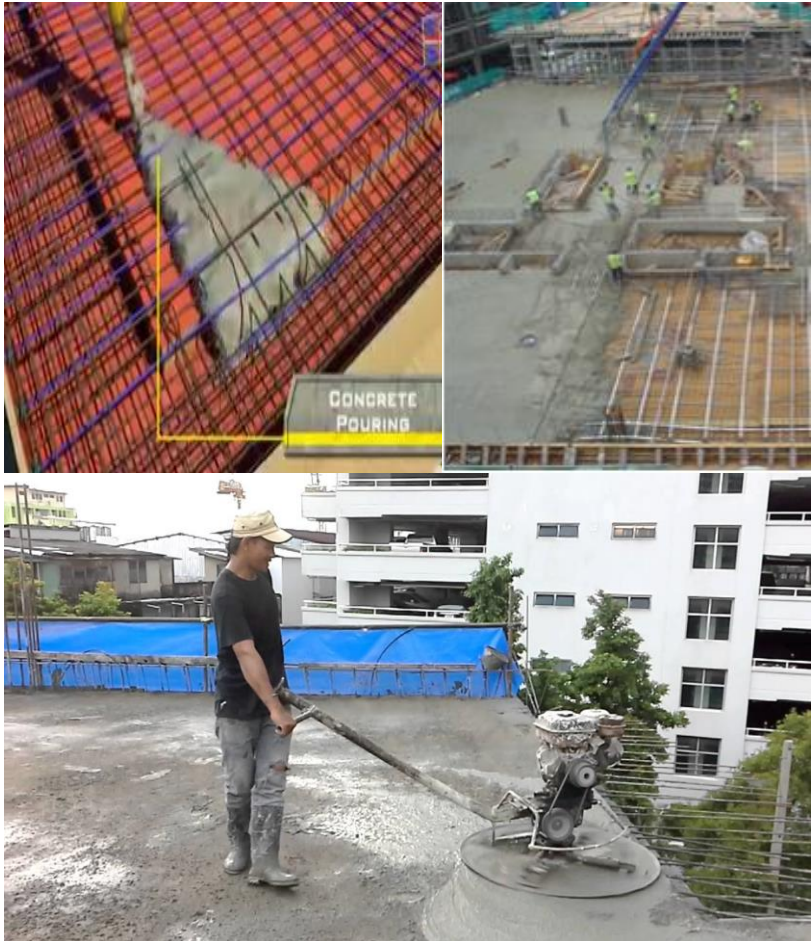
1. Kekuatan bekisting
2. Dimensi bekisting (kesikuan dan ketepatan ukuran)
3. Pemeriksaan jarak tulangan non prategang
4. Pemeriksaan jarak dan kordinat baja prategang serta jumlah nya.
5. Pemeriksaan tulangan angkur pada angkur aktif dan pasif



Gambar 4.132. Persiapan Sebelum Pengecoran Pelat Lantai Prategang

2. Tahap Pengecoran

Pengecoran pelat lantai beton prategang menggunakan beton mutu tinggi yaitu K-500 atau $f_c' 41.5$ Mpa.



Gambar 4.133. Proses Pengecoran Pelat Lantai Prategang

4.7.2.4. Metode Stressing

Metode stressing dilakukan satu arah sehingga menggukan ankur aktif dan ankur pasif. Posisi stressing berada pada sisi ankur aktif. Adapun pada pelat prategang ini stressing dilakukan 2 tahap penarikan dengan sistem post-tension adapun tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Pada penarikan tahap pertama dilakukan dengan memberikan gaya prategang awal sebesar 30% dari gaya prategang akhir. Pada tahap ini mutu beton telah mencapai 28 Mpa dengan dibuktikan pengujian benda uji dilapangan. Pada tahap ini beban yang bekerja hanya berat sendiri pelat prategang.
2. Pada penarikan tahap kedua dilakukan dengan memberikan gaya prategang sebesar 100% dari gaya prategang akhir. Pada tahap ini mutu beton telah mencapai mutu rencana yaitu 41.5 Mpa dengan dibuktikan pengujian benda uji dilapangan atau beton sudah 28 hari. Pada tahap ini beban yang bekerja hanya berat sendiri pelat prategang sehingga pelat prategang akan mengalami lendutan ke atas.



Gambar 4.134. Pemasangan Kepala Ankur Aktif dan Marking



Gambar 4.135. Stressing Tendon Slab



Gambar 4.136. Mencatat dan mengamati Pressure Guage

4.7.2.5. Metode Finishing

1. Pemotongan Strand Sisa

Pemotongan dilakukan setelah proses stressing selesai. Proses ini ditujukan supaya rapi dan bersih serta memberikan kemudahan dalam proses plester beton.



Gambar 4.137. Proses Pemotongan Strands

2. Plester Daerah Pengankuran Angkur Aktif

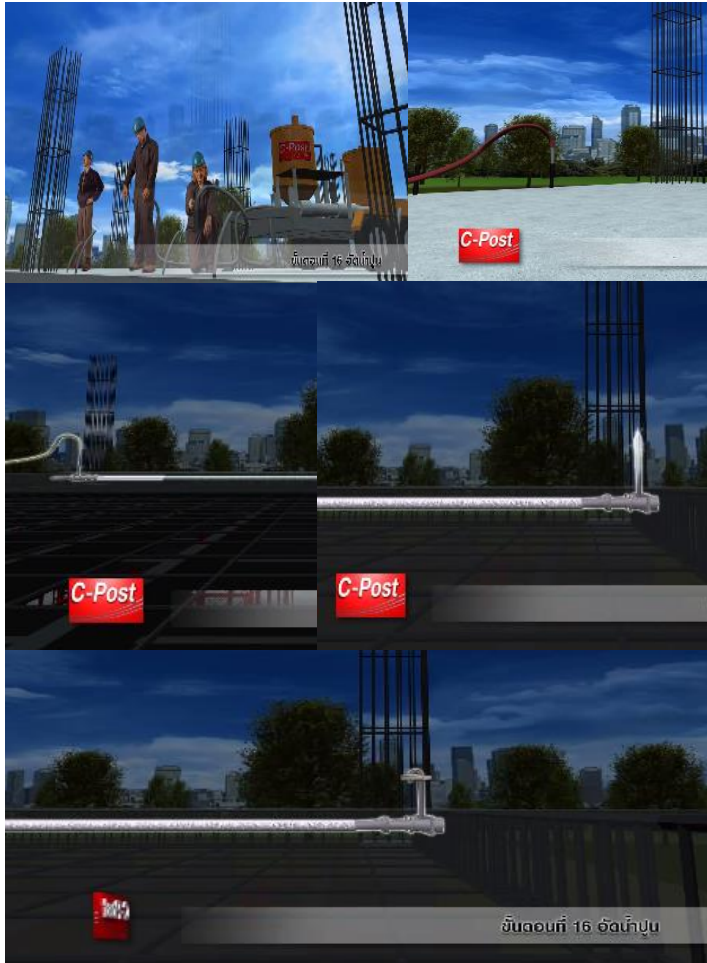
Plester ini bertujuan supaya tendon sisa dan ankur tidak cepat korosi/berkarat.



Gambar 4.138. Plester Angkur Aktif

3. Grouting Selongsong Tendon

Untuk memberikan proteksi permanen pada baja pasca-tarik dan untuk mengembangkan lekatan antar baja prategang dan beton disekitarnya.



Gambar 4.139. Proses Grouting Pada Selongsong Tendon

4.7.2. Perhitungan Durasi Kerja Pelat Prategang

A. Analisa Produktifitas Pekerjaan

1 Pekerjaan Bekisting Pelat Lantai (M2)					
No	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
I	Data Pekerjaan				
	Volume	V	214.42	m ²	
	Elevasi		38.7	m	
II	Asumsi				
	Jam Kerja Efektif	Tk	7	Jam	
	Scaffolding		2	Set	
	Tenaga Kerja				
	a. Pekerja		0.320	OH	
	b. Tukang Kayu		0.33	OH	
	c. Kepala Tukang		0.033	OH	
	d. Mandor		0.06	OH	
	Proses Produksi				Lokasi Pekerjaan
	III	Alat			
Alat Bantu Tukang					
IV	Bahan				
	Kayu Balok Bekisting		0.065	M3	
	Multriplek 9 mm		0.35	Lbr	
	Paku Biasa		0.6	Kg	
	Minyak Bekisting		0.2	Ltr	
	Scaffolding		2	Set	Sewa
V	Jumlah Anggota Group Kerja				
	a. Pekerja		5		
	b. Tukang Kayu		10		
	c. Kepala Tukang		0.55		
	d. Mandor		1		
V	Waktu Pengerjaan				
	Produktivitas (Koef. X Volume)		71	Hari/org	
	Waktu Pengerjaan		7	Hari	

2 Pekerjaan Pemasangan Rubber Sheet					
No	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
I	Data Pekerjaan				
	Volume	V	21.28	m ²	
	Elevasi		38.7	m	
II	Asumsi				
	Jam Kerja Efektif	Tk	7	Jam	
	Tenaga Kerja				
	a. Pekerja		0.045	OH	
	b. Tukang Kayu		0.045	OH	
	c. Kepala Tukang		0.015	OH	
d. Mandor		0.01	OH		
III	Alat				
	Alat Bantu Tukang				
IV	Bahan				
	Rubber Sheet		21.28	M ²	
V	Jumlah Anggota Group Kerja				
	a. Pekerja		2		
	b. Tukang Batu		2		
	c. Kepala Tukang		1		
	d. Mandor		0		
V	Waktu Pengerjaan				
	Produktivitas (Koef. X Volume)		1	Hari/org	
	Waktu Pengerjaan		1	Hari	

3 Pekerjaan Pemasangan Besi Tulangan Non Prategang Bawah					
No	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
I	Data Pekerjaan				
	Volume	V	1229.19	Kg	
	Elevasi		38.7	m	
II	Asumsi				
	Jam Kerja Efektif	Tk	7	Jam	
	Tenaga Kerja				
	a. Pekerja		0.007	OH	
	b. Tukang Kayu		0.007	OH	
	c. Kepala Tukang		0.007	OH	
	d. Mandor		0.003	OH	
III	Alat				
	Alat Bantu Tukang				
IV	Bahan				
	Baja Tulangan D 12		1229.19	Kg	
V	Jumlah Anggota Group Kerja				
	a. Pekerja		2		
	b. Tukang Besi		4		
	c. Kepala Tukang		2		
	d. Mandor		1		
V	Waktu Pengerjaan				
	Produktivitas (Koef. X Volume)		9	Hari/org	
	Waktu Pengerjaan		2	Hari	

4 Pekerjaan Instalasi Selongsong					
No	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
I	Data Pekerjaan				
	Volume	V	949.4	m1	
	Elevasi		38.7	m	
II	Asumsi				
	Jam Kerja Efektif	Tk	7	Jam	
	Tenaga Kerja				
	a. Pekerja		0.045	OH	
	b. Tukang Besi		0.025	OH	
	c. Kepala Tukang		0.04	OH	
d. Mandor		0.04	OH		
III	Alat				
	Alat Bantu Tukang				
IV	Bahan				
	Selongsong Alumunium		949.4	m1	
V	Jumlah Anggota Group Kerja				
	a. Pekerja		3		
	b. Tukang Besi		8		
	c. Kepala Tukang		1		
	d. Mandor		1		
V	Waktu Pengerjaan				
	Produktivitas (Koef. X Volume)		24	Hari/org	
	Waktu Pengerjaan		3	Hari	

5 Pekerjaan Pembuatan Angkur Pasif					
No	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
I	Data Pekerjaan				
	Volume	V	62	Unit	
	Elevasi		38.7	m	
II	Asumsi				
	Jam Kerja Efektif	Tk	7	Jam	
	Tenaga Kerja				
	a. Pekerja		0.050	OH	
	b. Tukang Besi		0.15	OH	
	c. Kepala Tukang		0.03	OH	
	d. Mandor		0.03	OH	
III	Alat				
	Clam Angkur				
	Alat Bantu Tukang				
V	Jumlah Anggota Group Kerja				
	a. Pekerja		3		
	b. Tukang Besi		3		
	c. Kepala Tukang		1		
	d. Mandor		1		
V	Waktu Pengerjaan				
	Produktivitas (Koef. X Volume)		9	Hari/org	
	Waktu Pengerjaan		3	Hari	

6 Pekerjaan Instalasi Tendon					
No	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
I	Data Pekerjaan				
	Volume	V	4718	Kg	
	Elevasi		38.7	m	
II	Asumsi				
	Jam Kerja Efektif	Tk	7	Jam	
	Tenaga Kerja				
	a. Pekerja		0.005	OH	
	b. Tukang Besi		0.005	OH	
	c. Kepala Tukang		0.003	OH	
	d. Mandor		0.003	OH	
III	Alat				
	Alat Bantu Tukang				
IV	Bahan				
	Strand 7 Wire				
V	Jumlah Anggota Group Kerja				
	a. Pekerja		3		
	b. Tukang Besi		8		
	c. Kepala Tukang		1		
	d. Mandor		1		
V	Waktu Pengerjaan				
	Produktivitas (Koef. X Volume)		24	Hari/org	
	Waktu Pengerjaan		3	Hari	

7 Pekerjaan Pemasangan Tulangan Angkur					
No	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
I	Data Pekerjaan				
	Volume	V	355	Kg	
	Elevasi		38.7	m	
II	Asumsi				
	Jam Kerja Efektif	Tk	7	Jam	
	Tenaga Kerja				
	a. Pekerja		0.007	OH	
	b. Tukang Kayu		0.007	OH	
	c. Kepala Tukang		0.007	OH	
	d. Mandor		0.003	OH	
III	Alat				
	Alat Bantu Tukang				
IV	Bahan				
	Baja Tulangan D 12		355	Kg	
V	Jumlah Anggota Group Kerja				
	a. Pekerja		2		
	b. Tukang Besi		2		
	c. Kepala Tukang		2		
	d. Mandor		1		
V	Waktu Pengerjaan				
	Produktivitas (Koef. X Volume)		2	Hari/org	
	Waktu Pengerjaan		1	Hari	

8 Pekerjaan Pemasangan Besi Tulangan Non Prategang Atas					
No	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
I	Data Pekerjaan				
	Volume	V	1229.19	Kg	
	Elevasi		38.7	m	
II	Asumsi				
	Jam Kerja Efektif	Tk	7	Jam	
	Tenaga Kerja				
	a. Pekerja		0.007	OH	
	b. Tukang Kayu		0.007	OH	
	c. Kepala Tukang		0.007	OH	
	d. Mandor		0.003	OH	
III	Alat				
	Alat Bantu Tukang				
IV	Bahan				
	Baja Tulangan D 12		1229.19	Kg	
V	Jumlah Anggota Group Kerja				
	a. Pekerja		2		
	b. Tukang Besi		4		
	c. Kepala Tukang		2		
	d. Mandor		1		
V	Waktu Pengerjaan				
	Produktivitas (Koef. X Volume)		9	Hari/org	
	Waktu Pengerjaan		2	Hari	

9 Pengecoran Beton					
No	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
I	Data Pekerjaan				
	Volume	V	56.28	m ³	
	Elevasi		38.7	m	
II	Asumsi				
	Jam Kerja Efektif	Tk	7	Jam	
	Tenaga Kerja				
	a. Pekerja		0.200	OH	
	b. Tukang Kayu		0.2	OH	
	c. Kepala Tukang		0.01	OH	
	d. Mandor		0.01	OH	
III	Alat				
	Alat Bantu Tukang				
	Concrete Pump				
	Vibrator Concrete				
IV	Bahan				
	Beton Ready Mix K500		56.28	Kg	
V	Jumlah Anggota Group Kerja				
	a. Pekerja		4		
	b. Tukang Besi		8		
	c. Kepala Tukang		1		
	d. Mandor		1		
V	Waktu Pengerjaan				
	Produktivitas (Koef. X Volume)		11	Hari/org	
	Waktu Pengerjaan		1	Hari	

10 Pekerjaan Stressing					
No	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
I	Data Pekerjaan				
	Volume	V	62	Unit	
	Elevasi		38.7	m	
II	Asumsi				
	Jam Kerja Efektif	Tk	7	Jam	
	Tenaga Kerja				
	a. Asisten Ahli		0.09	OH	
	b. Ahli		0.09	OH	
	c. Leader		0.09	OH	
III	Alat				
	Alat Bantu Tukang				
	Concrete Pump				
	Vibrator Concrete				
IV	Bahan				
V	Jumlah Anggota Group Kerja				
	a. Asisten Ahli		2		
	b. Ahli		1		
	c. Leader		1		
V	Waktu Pengerjaan				
	Produktivitas (Koef. X Volume)		1	Hari/org	
	Waktu Pengerjaan		1	Hari	

11 **Pek. Pemotongan Strand Sisa dan Plester**

No	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
I	Data Pekerjaan				
	Volume	V	64	Titik	
	Elevasi		38.7	m	
II	Asumsi				
	Jam Kerja Efektif	Tk	7	Jam	
	Tenaga Kerja				
	a. Pekerja		0.040	OH	
	b. Tukang Kayu		0.04	OH	
	c. Kepala Tukang		0.01	OH	
	d. Mandor		0.01	OH	
III	Alat				
	Alat Bantu Tukang				
	Gerinda				
IV	Bahan				
	Mortar		64	Kg	
V	Jumlah Anggota Group Kerja				
	a. Pekerja		2		
	b. Tukang Besi		2		
	c. Kepala Tukang		1		
	d. Mandor		1		
V	Waktu Pengerjaan				
	Produktivitas (Koef. X Volume)		3	Hari/org	
	Waktu Pengerjaan		1	Hari	

12 Pek. Grouting					
No	Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
I	Data Pekerjaan				
	Volume	V	64	Titik	
	Elevasi		38.7	m	
II	Asumsi				
	Jam Kerja Efektif	Tk	7	Jam	
	Tenaga Kerja				
	a. Pekerja		0.060	OH	
	b. Tukang Kayu		0.06	OH	
	c. Kepala Tukang		0.035	OH	
	d. Mandor		0.035	OH	
III	Alat				
	Alat Bantu Tukang				
	Gerinda				
IV	Bahan				
	Mortar		64	Kg	
V	Jumlah Anggota Group Kerja				
	a. Pekerja		3		
	b. Tukang Besi		3		
	c. Kepala Tukang		1		
	d. Mandor		1		
V	Waktu Pengerjaan				
	Produktivitas (Koef. X Volume)		4	Hari/org	
	Waktu Pengerjaan		1	Hari	

B. Time Schedule

Judul TAT : Desain Struktur dan Metode Pelaksanaan Pelat Beton Prategang
 Pada Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru
 Pokok Pembahasan : Pelat Lantai Beton Prategang
 Institusi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
 Tahun : 2017

NO	Uraian	Bobot (%)	Durasi (Hari)	MINGGU I							MINGGU II							Persentasi Bobot	Keterangan
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
A Pek. Bekisting																			
1	Pek. Bekisting dan Perancah	16.84	7	0.84	1.68	2.53	4.21	2.53	3.37	1.68									
B Pek. Instalasi dan																			
1	Pek. Pemasangan Rubber Bearing	1.20	1						1.20										
2	Pek. Pemasangan Besi Tulangan Non Prategang	4.60	2						0.92	3.68									
3	Pek. Pemasangan Angkur Aktif	3.76	1						3.76										
4	Pek. Instalasi Selongsong Prategang	6.12	3						0.61	4.90	0.61								
5	Pek. Pembuatan Angkur Pasif	0.48	3						0.38	0.05	0.05								
6	Pek. Instalasi Tendon	35.74	3				2.86				11.44	21.44							
7	Pek. Pemasangan Tulangan Angkur	1.33	1									1.33							
8	Pek. Pemasangan Besi Tulangan Non Prategang Atas	4.60	2							0.23	4.37								
C Pek. Pengecoran																			
1	Pek. Pengecoran Beton	22.22	1										22.22						
D Pek. Stressing																			
1	Pek. Stressing Awal	1.30	1											1.30					
2	Pek. Stressing Akhir	1.30	1																
E Pek. Finishing																			
1	Pek. Pemotongan Tendon Sisa dan Plester	0.22	1												0.22				
2	Pek Grouting	0.31	1													0.31			
Total Bobot		100.00																	
Bobot Rencana				0.84	1.68	2.53	4.21	5.39	4.95	6.97	8.62	12.33	27.14	22.22	1.30	0.22	0.31		
Bobot Rencana Kumulatif				0.84	2.53	5.05	9.26	14.65	19.60	26.57	35.20	47.52	74.66	96.88	98.17	98.39	98.70		

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

4.8. Rencana Anggaran Pelaksanaan (RAP) Pelat Prategang

4.7.1. Perhitungan Volume Pekerjaan

ACTUAL CHECK

Judul TAT : Desain Struktur dan Metode Pelaksanaan Pelat Beton Prategang
 Pada Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru
 Pokok Pembahasan : Pelat Lantai Beton Prategang
 Institusi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
 Tahun : 2017

No	Uraian Pekerjaan	Analisa Hitungan	Volume	Satuan
1	Pekerjaan Bekisting & Perancah	Diket : $P = 15.1 \text{ m}$ $L = 14.2 \text{ m}$ $V = P \times L$ 15.1×14.2 $= 214.4 \text{ M2}$	214.42	M2
2	Pekerjaan Pemasangan Rubber Bearing	Diket : $P = 53.2 \text{ m}$ $L = 0.4 \text{ m}$ $V = P \times L$ 53.2×0.4 $= 21.28 \text{ M2}$	21.28	M2
3	Pekerjaan Pemasangan Besi Tulangan Non Prategang Bawah	Diket : $P = 15700 \text{ mm}$ $L = 14900 \text{ mm}$ $s = 250 \text{ mm}$ $D = 10 \text{ mm}$ $N_x = (15700-80)/250 + 1$ $= 63 \text{ Btg}$ $N_y = (14900-80)/250 + 1$ $= 60 \text{ Btg}$ $L_x = (15700 + (2 \times Ld))$ $= 16500 \text{ mm}$ $L_y = (14900 + (2 \times Ld))$ $= 15700 \text{ mm}$ $W_x = (0.006165 \times 10^3 \times L_x \times N_x)$ $= 645.73 \text{ Kg}$ $W_y = (0.006165 \times 10^3 \times L_y \times N_y)$ $= 583.45 \text{ Kg}$ $W_T = 1229.19 \text{ Kg}$	1229.19	Kg
4	Pekerjaan Pemasangan Angkur Akti	Diket : $N_x = 32 \text{ Set}$ $N_y = 30 \text{ Set}$ $N_T = 62 \text{ Set}$	62	Set

No	Uraian Pekerjaan	Analisa Hitungan	Volume	Satuan
5	Pekerjaan Pemasangan&Pembuata Angkur Pasif	Jumlah Angkur $N_x = 32$ Set $N_y = 30$ Set $N_T = 62$ Set	62	Set
6	Pekerjaan Instalasi Selongsong Baja Prategang	Dimensi Pelat Prategang $P = 15700$ mm $L = 14900$ mm $N_x = 32$ Tendon $N_y = 30$ Tendon Panjang Selongsong $P_x = 502.4$ m $P_y = 447$ m Total : $P_T = 949.4$ m	949.4	M
7	Pekerjaan Instalasi Tendon	Dimensi Pelat Prategang $P = 15.7$ m $L = 14.9$ m Spesifikasi Angkur $N = 5$ Strand $N_x = 32$ Tendon $N_y = 30$ Tendon Panjang Tendon $P_x = 502$ m $P_y = 447$ m Total : $P_T = 949.4$ m Panjang Total Strand 7 wr $P_s = (949.4 \times 5)$ $= 4747$ m Berat Strand $Dia = 12.7$ mm $Bj = 7850$ Kg/m ³ Berat = 4718 Kg	4718	Kg
8	Pekerjaan Pemasangan Tulangan Angkur	$N = 62$ Bh $Dia = 13$ mm Berat Tulangan Angkur $P = 5.5$ m $W = 0.006165 \times 13 \times 13 \times 5.5$ $= 6$ Kg $W_T = 355$ Kg	355	Kg

No	Uraian Pekerjaan	Analisa Hitungan	Volume	Satuan
9	Pekerjaan Pemasangan Besi Tulangan Non Prategang Atas	Diket : $P = 15700 \text{ m}$ $L = 14900 \text{ m}$ $s = 250 \text{ mm}$ $D = 10 \text{ mm}$ $N_x = (15700-80)/250 + 1$ $= 63 \text{ Btg}$ $N_y = (14900-80)/250 + 1$ $= 60 \text{ Btg}$ $L_x = (15700 + (2 \times Ld))$ $= 16500 \text{ mm}$ $L_y = (14900 + (2 \times Ld))$ $= 15700 \text{ mm}$ $W_x = (0.006165 \times 10 \times 10 \times L_x \times N_x)$ $= 645.73 \text{ Kg}$ $W_y = (0.006165 \times 10 \times 10 \times L_y \times N_y)$ $= 583.45 \text{ Kg}$ $W_T = 1229.19 \text{ Kg}$	1229.19	Kg
10	Pekerjaan Pengecoran Beton	Diket : $P = 15700 \text{ mm}$ $L = 14900 \text{ mm}$ $T = 250 \text{ mm}$ $V = 58.48 \text{ M3}$ Volume Tendon $P = 949.4 \text{ m}$ $A = 0.001 \text{ m}^2$ $V = 1.329 \text{ M3}$ Volume Tul. Non Prategang $V = 0.877 \text{ m}^3$ Total Volume Beton $V = 56.28 \text{ M3}$	56.28	M3
11	Pekerjaan Stressing Awal	Jumlah Tendon $N_x = 32 \text{ Tendon}$ $N_y = 30 \text{ Tendon}$ $N_T = 62 \text{ Tendon}$	62	Tendon
12	Pekerjaan Stressing Akhir	Jumlah Tendon $N_x = 32 \text{ Tendon}$ $N_y = 30 \text{ Tendon}$ $N_T = 62 \text{ Tendon}$	62	Tendon

No	Uraian Pekerjaan	Analisa Hitungan	Volume	Satuan
13	Pekerjaan Pemotongan Tendon dan Plester	Jumlah Tendon N x = 32 Titik N Y = 30 Titik N T = 62 Titik	62	Titik
14	Pekerjaan Grouting	Jumlah Tendon N x = 32 Titik N Y = 30 Titik N T = 62 Titik	62	Titik

4.7.2. Harga Satuan Upah dan Bahan

Judul TAT : Desain Struktur dan Metode Pelaksanaan Pelat Beton Pr
 Pada Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru
 Pokok Pembahasan : Pelat Lantai Beton Prategang
 Institusi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
 Tahun : 2017

No	Uraian	Satuan	Harga Satuan	Keterangan
A. Upah				
1	Mandor	Hari	Rp 100,000.00	
2	Kepala Tukang	Hari	Rp 90,000.00	
3	Tukang	Hari	Rp 80,000.00	
4	Pekerja	Hari	Rp 75,000.00	
5	Operator	Hari	Rp 100,000.00	
6	Pembantu Operator	Hari	Rp 80,000.00	
7	Sopir	Hari	Rp 80,000.00	
8	Pembantu Sopir	Hari	Rp 75,000.00	
9	Mekanik	Hari	Rp 100,000.00	
9	Pembantu Mekanik	Hari	Rp 80,000.00	
B. Bahan				
1. Kayu				
1	Kayu Bekisting	M3	Rp 2,932,500.00	
2	Multiplex 9 mm	Lbr	Rp 169,575.00	
3	Minyak Bekisting	Ltr	Rp 12,113.00	
2. Paku				
1	Paku Biasa 1/2" - 5"	M3	Rp 19,125.00	
3. Besi dan Baja				
1	Baja Tulangan	Kg	Rp 16,579.00	
4	Baja Prategang (Strand D 12.7)	Kg	Rp 36,000.00	
4. Beton				
1	Beton Ready Mix K-500	M3	Rp 1,774,163.00	
2	Sika Grout 215 (25kg)	Zak	Rp 150,000.00	
5. Bahan Prategang				
1	Angkur Aktif Slab	Set	Rp 298,000.00	
2	Selongsong	M1	Rp 18,000.00	
3	Rubber Sheet	M2	Rp 270,000.00	
C. Alat				
1	Grouting Machine	Jam	Rp 17,857.14	Sewa
2	Strand Pushing Machine	Jam	Rp 71,428.57	Sewa
3	Strand Stressing	Jam	Rp 28,571.43	Sewa
4	Klaim Strand	Jam	Rp 21,428.57	Sewa
5	Vibrator Concrete	Jam	Rp 17,857.14	Sewa

4.7.3. Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Judul TAT : Desain Struktur dan Metode Pelaksanaan Pelat Beton Prategang
 Pada Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru
 Pokok Pembahasan : Pelat Lantai Beton Prategang
 Institusi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
 Tahun : 2017

No	Uraian	Harga Satuan	Upah	Bahan	Alat	Jumlah
1	Pekerjaan Bekisting & Perancah					
	Bahan					
	0.065 M3 Kayu Balok Bekisting	Rp 2,932,500		Rp 190,613		
	0.350 Lbr Multiplek 9 mm	Rp 169,575		Rp 59,351		
	0.600 Kg Paku Biasa	Rp 19,125		Rp 11,475		
	0.200 Ltr Minyak Bekisting	Rp 12,113		Rp 2,423		
	2.000 Set Scaffolding	Rp 45,000		Rp 90,000		
	Upah					
	0.320 OH Pekerja	Rp 75,000	Rp 24,000.00			
	0.330 OH Tukang Kayu	Rp 80,000	Rp 26,400.00			
	0.033 OH Kepala Tukang	Rp 90,000	Rp 2,970.00			
0.006 OH Mandor	Rp 100,000	Rp 600.00				
Jumlah Total		Rp 53,970.00	Rp 353,861	Rp -	Rp 407,831.35 Rp 407,831.35	
2	1 Kg Kabel Prestressed (Strand)					
	Bahan					
	1.050 Kg Strand 7 Wire	Rp 36,000		Rp 37,800		
	Upah					
	0.005 OH Pekerja	Rp 75,000	Rp 375.00			
	0.005 OH Tukang Besi	Rp 80,000	Rp 400.00			
	0.005 OH Kepala Tukang	Rp 90,000	Rp 450.00			
0.003 OH Mandor	Rp 100,000	Rp 300.00				
Jumlah Total		Rp 1,525.00	Rp 37,800	Rp -	Rp 39,325.00 Rp 39,325.00	

No	Uraian	Harga Satuan	Upah	Bahan	Alat	Jumlah
3	1 M2 Pemasangan Rubber Bearing					
	<u>Bahan</u>					
	1.050 M2 Rubber Bearing	Rp 270,000		Rp 283,500		
	<u>Upah</u>					
	0.045 OH Pekerja	Rp 75,000	Rp 3,375.00			
	0.045 OH Tukang Batu	Rp 80,000	Rp 3,600.00			
	0.015 OH Kepala Tukang	Rp 90,000	Rp 1,350.00			
0.010 OH Mandor	Rp 100,000	Rp 1,000.00				
Jumlah Total		Rp 9,325.00	Rp 283,500	Rp -		Rp 292,825.00 Rp 292,825.00
4	1 Kg Baja Tulangan					
	<u>Bahan</u>					
	1.050 Kg Besi Beton	Rp 16,579		Rp 17,408		
	<u>Upah</u>					
	0.007 OH Pekerja	Rp 75,000	Rp 525.00			
	0.007 OH Tukang Besi	Rp 80,000	Rp 560.00			
	0.007 OH Kepala Tukang	Rp 90,000	Rp 630.00			
0.003 OH Mandor	Rp 100,000	Rp 300.00				
Jumlah Total		Rp 2,015.00	Rp 17,408	Rp -		Rp 19,422.95 Rp 19,422.95
5	1 Unit Angkur Aktif					
	<u>Bahan</u>					
	1.000 Set Angkur Aktif	Rp 298,000		Rp 298,000		
	<u>Upah</u>					
	0.070 OH Pekerja	Rp 75,000	Rp 5,250.00			
	0.070 OH Tukang Besi	Rp 80,000	Rp 5,600.00			
	0.030 OH Kepala Tukang	Rp 90,000	Rp 2,700.00			
0.030 OH Mandor	Rp 100,000	Rp 3,000.00				
Jumlah Total		Rp 16,550.00	Rp 298,000	Rp -		Rp 314,550.00 Rp 314,550.00
6	1 Unit Angkur Pasif					
	<u>Alat</u>					
	0.500 jm Klam Strand	Rp 21,429		Rp 10,714		
	<u>Upah</u>					
	0.050 OH Pekerja	Rp 75,000	Rp 3,750.00			
	0.250 OH Tukang Besi	Rp 80,000	Rp 20,000.00			
	0.030 OH Kepala Tukang	Rp 90,000	Rp 2,700.00			
0.030 OH Mandor	Rp 100,000	Rp 3,000.00				
Jumlah Total		Rp 29,450.00	Rp 10,714	Rp -		Rp 40,164.29 Rp 40,164.29

No	Uraian	Harga Satuan	Upah	Bahan	Alat	Jumlah
7	1 M Instalasi Selongsong Baja Prategang					
	Bahan					
	1.050 M Selongsong Baja	Rp 18,000		Rp 18,900		
	Upah					
	0.045 OH Pekerja	Rp 75,000	Rp 3,375.00			
	0.045 OH Tukang Besi	Rp 80,000	Rp 3,600.00			
	0.040 OH Kepala Tukang	Rp 90,000	Rp 3,600.00			
0.040 OH Mandor	Rp 100,000	Rp 4,000.00				
	Jumlah Total		Rp 14,575.00	Rp 18,900	Rp -	Rp 33,475.00 Rp 33,475.00
8	1 M3 Pekerjaan Beton					
	Bahan					
	1.100 M3 Beton K 500	Rp 1,774,163		Rp 1,951,579		
	Alat					
	0.125 Unit Vibrator	Rp 17,857			Rp 2,232.14	
	Upah					
	0.400 OH Pekerja	Rp 75,000	Rp 30,000.00			
0.800 OH Tukang Batu	Rp 80,000	Rp 64,000.00				
0.010 OH Kepala Tukang	Rp 90,000	Rp 900.00				
0.010 OH Mandor	Rp 100,000	Rp 1,000.00				
	Jumlah Total		Rp 95,900.00	Rp 1,951,579	Rp 2,232.14	Rp 2,049,711.44 Rp2,049,711.44
9	1 Tendon Pekerjaan Stressing					
	Alat					
	0.050 Jam Strand Pushing Machi	Rp 71,429			Rp 3,571.43	
	0.050 Jam Strand Stressing	Rp 28,571			Rp 1,428.57	
	Upah					
	0.090 OH Asisten Ahli	Rp 250,000	Rp 22,500.00			
	0.090 OH Ahli	Rp 400,000	Rp 36,000.00			
0.090 OH Leader	Rp 500,000	Rp 45,000.00				
	Jumlah Total		Rp 103,500	Rp -	Rp 5,000.00	Rp 108,500.00 Rp 108,500.00

No	Uraian	Harga Satuan	Upah	Bahan	Alat	Jumlah
10	1 Titik Pekerjaan Pemotongan Tendon dan Plester					
	<u>Bahan</u>					
	0.008 M3 Mortar	Rp 350,000		Rp 2,625		
	<u>Alat</u>					
	0.075 Unit Gerinda	Rp 75,000			Rp 5,625.00	
	<u>Upah</u>					
	0.040 OH Pekerja	Rp 75,000	Rp 3,000.00			
	0.040 OH Tukang Kayu	Rp 80,000	Rp 3,200.00			
	0.020 OH Kepala Tukang	Rp 90,000	Rp 1,800.00			
	0.020 OH Mandor	Rp 100,000	Rp 2,000.00			
Jumlah Total		Rp 10,000.00	Rp 2,625	Rp 5,625.00	Rp 18,250.00	Rp 18,250.00
11	1 Titik Pekerjaan Grouting					
	<u>Bahan</u>					
	0.035 M3 Sika Grouting	Rp 150,000		Rp 5,250		
	<u>Alat</u>					
	0.100 Unit Grouting Machine	Rp 17,857			Rp 1,785.71	
	<u>Upah</u>					
	0.080 OH Pekerja	Rp 75,000	Rp 6,000.00			
	0.080 OH Tukang Kayu	Rp 80,000	Rp 6,400.00			
	0.035 OH Kepala Tukang	Rp 90,000	Rp 3,150.00			
	0.035 OH Mandor	Rp 100,000	Rp 3,500.00			
Jumlah Total		Rp 19,050.00	Rp 5,250	Rp 1,785.71	Rp 26,085.71	Rp 26,085.71

4.7.4. Harga Satuan Pekerjaan

Judul TAT : Desain Struktur dan Metode Pelaksanaan Pelat Beton Prategang
 Pada Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru
 Pokok Pembahasan : Pelat Lantai Beton Prategang
 Institusi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
 Tahun : 2017

No	Uraian	Satuan	Harga Satuan	Keterangan
1	Pek. Bekisting dan Perancah	M ²	Rp 407,831.35	
2	Pek. Pemasangan Rubber Bearing	M ²	Rp 292,825.00	
3	Pek. Pemasangan Besi Tulangan Non Prategang Bawah	Kg	Rp 19,422.95	
4	Pek. Pemasangan Besi Tulangan Non Prategang Atas	Kg	Rp 19,422.95	
5	Pek. Pemasangan Angkur Aktif	Set	Rp 314,550.00	
6	Pek. Pembuatan Angkur Pasif	Unit	Rp 40,164.29	
7	Pek. Instalasi Selongsong Prategang	Ml	Rp 33,475.00	
8	Pek. Instalasi Tendon	Kg	Rp 39,325.00	
9	Pek. Pemasangan Tulangan Angkur	Kg	Rp 19,422.95	
10	Pek. Pengecoran Beton	M ³	Rp 2,049,711.44	
11	Pek. Stressing Awal	Strand	Rp 108,500.00	
12	Pek. Stressing Akhir	Strand	Rp 108,500.00	
13	Pek. Pemotongan Tendon Sisa dan Plest	Titik	Rp 18,250.00	
14	Pek Grouting	M ³	Rp 26,085.71	

4.7.5. Rencana Anggaran Pelaksanaan Pelat Beton Prategang

Judul TAT : Desain Struktur dan Metode Pelaksanaan Pelat Beton Prategang
 Pada Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru
 Pokok Pembahasan : Pelat Lantai Beton Prategang
 Institusi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
 Tahun : 2017

N O	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Sub Total (Rp)	Total (Rp)
A	Pek. Bekisting					
1	Pek. Bekisting dan Perancah	M2	214.42	Rp 407,831	Rp 87,447,198	Rp 87,447,198
B	Pek. Instalasi dan					
1	Pek. Pemasangan Rubber Bearing	M2	21.28	Rp 292,825	Rp 6,231,316	Rp 300,193,093
2	Pek. Pemasangan Besi Tulangan Non Prategang	Kg	1229.19	Rp 19,423	Rp 23,874,449	
3	Pek. Pemasangan Angkur Aktif	Set	62	Rp 314,550	Rp 19,502,100	
4	Pek. Instalasi Selongsong Prategang	M1	949.4	Rp 33,475	Rp 31,781,165	
5	Pek. Pembuatan Angkur Pasif	Unit	62	Rp 40,164	Rp 2,490,186	
6	Pek. Instalasi Tendon	Kg	4718	Rp 39,325	Rp 185,538,789	
7	Pek. Pemasangan Tulangan Angkur	Kg	355	Rp 19,423	Rp 6,900,640	
8	Pek. Pemasangan Besi Tulangan Non Prategang Atas	Kg	1229.19	Rp 19,423	Rp 23,874,449	
C	Pek. Pengecoran					Rp 115,349,771
1	Pek. Pengecoran Beton	M3	56.28	Rp 2,049,711	Rp 115,349,771	Rp 115,349,771
D	Pek. Stressing					Rp 13,454,000
1	Pek. Stressing Awal	Titik	62	Rp 108,500	Rp 6,727,000	
2	Pek. Stressing Akhir	Titik	62	Rp 108,500	Rp 6,727,000	
E	Pek. Finishing					Rp 2,748,814
1	Pek. Pemotongan Tendon Sisa dan Plester	Titik	62	Rp 18,250	Rp 1,131,500	
2	Pek Grouting	Titik	62	Rp 26,086	Rp 1,617,314	
TOTAL (Rp)						Rp519,192,876.61

4.7.6. Rekapitulasi Rencana Anggaran Pelaksanaan

Judul TAT : Desain Struktur dan Metode Pelaksanaan Pelat Beton Prategang
Pada Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru
Pokok Pembahasan : Pelat Lantai Beton Prategang
Institusi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Tahun : 2017

No	Lingkup Pekerjaan	Jumlah Harga (Rp)	Keterangan
1	Pek. Bekisting	Rp 87,447,198.07	
2	Pek. Instalasi dan Perakitan	Rp 300,193,093.00	
3	Pek. Pengecoran	Rp 115,349,771.25	
4	Pek. Stressing	Rp 13,454,000.00	
5	Pek. Finishing	Rp 2,748,814.29	
TOTAL		Rp 519,192,876.61	

BAB X

PENUTUP

5. 1. Kesimpulan

Dari Analisa dan perhitungan yang disajikan pada bab-bab sebelumnya didapatkan kesimpulan sesuai tujuan penulisan tugas akhir ini “ Desain Struktur dan Metode Pelaksanaan Pelat Lantai Beton Prategang Pada Hotel Pesonna Pekanbaru”. Dengan Hasil Analisa dan Perhitungan Sebagai Berikut :

1. Dimensi-dimensi struktur
 - a. Struktur Sekunder
 - Balok Anak B24A = 25/40 cm
 - Balok Lift BL24A = 25/40 cm
 - Tebal Pelat Lantai
 - Lantai Ground = 150 mm
 - Lantai 1- Dak = 120 mm
 - Tebal Pelat Tangga = 150 mm
 - b. Struktur Utama
 1. Balok Struktur
 - Balok B46 = 40/60 cm
 - Balok B35 = 30/50 cm
 2. Kolom Struktur
 - Kolom C1 = 60/150 cm
 - Kolom C2 = 50/120 cm
 - Kolom C3 = 60/70 cm
 - Kolom C4 = 45/100 cm
 - Kolom C6 = 60/70 cm
 - Kolom C7 = 30/50 cm
 - Kolom C8 = 45/70 cm
 - Kolom C9 = 30/30 cm

3. Pelat Prategang
 - Tebal Pelat = 250 mm
 - Luas = 15.7 m x 14.9 m
2. Desain pelat lantai prategang menggunakan material beton mutu tinggi K-500 dan menggunakan baja prategang 270 Kpsi. Menggunakan tendon dengan 5 strand 7 wire dan menggunakan ankur aktif tipe flat slab fressynet. Pelat prategang menggunakan 32 ankur aktif dan pasif arah X dan 30 ankur aktif dan pasif arah Y.
3. Pelat prategang diberi gaya prategang satu sisi dengan arah x dan arah y. Gaya prategang yang diberikan pada satu tendon yaitu sebesar 1102.2 kN dengan kehilangan gaya prategang 17.7%. sistem pemberian gaya prategang menggunakan sistem post –tension dengan dua tahap penarikan. Tahap pertama pemberian gaya prategang dilakukan pada saat umur beton 28 Mpa dengan gaya prategang 330.66 kN(30%) setelah dilakukan pengujian kuat tekan dilaboratorium dan tahap kedua setelah mutu beton mencapai kuat tekan rencana dengan gaya prategang 100%.
4. Pelat prategang dapat dikerjakan dengan rencana anggaran biaya pelaksanaan sebesar Rp. 519.193.000. Dengan Lama Pelaksanaan 14 hari dan 1 hari pada hari ke 28.

5. 2. Saran

Berdasarkan analisa dan hasil perhitungan yang dilakukan pada tugas akhir ini, maka disarankan:

1. Pada perencanaan gedung perlunya mempertimbangkan perbandingan dimensi antar tinggi dan lebar nya sehingga didapatkan dimensi elemen struktur yang ideal.
2. Dalam perencanaan pelat prategang perlunya memperhatikan ketersediaan bahan dan material yang digunakan. Dalam pelaksanaan seharusnya dilaksanakan

sesuai dengan spesifikasi bahan dan material dalam dokumen perencanaan.

3. Dalam pelaksanaan pelat prategang harus dilaksanakan oleh tenaga ahli dan harus mengikuti prosedur pelaksanaan sesuai dengan kaidah-kaidah yang berlaku. Hal yang harus diperhatikan pada pekerjaan instalasi pemasangan tendon yaitu elevasi tendon.
4. Pelat prategang memiliki harga yang relative mahal tapi dari segi keindahan dan kemudahan pelaksanaan interior ruangan jauh lebih mudah. Oleh karnanya pelat prategang dianjurkan dilaksanakan utuh dalam satu gedung, sehingga pelat prategang menjadi ekonomis dan efektif.
5. Pada tugas akhir terapan ini pelat prategang mempunyai pelat dua arah (two way slab), Namun pelat dua arah bisa didesain menjadi pelat satu arah (one way slab) dengan cara membagi atau memecah pelat menjadi beberapa sekmen. Pada perencanaan pelat prategang satu arah akan lebih menghemat tendon hampir 50 persen.
6. Pada tugas akhir terapan ini pemberian gaya prategang dilakukan sebanyak dua kali tahap penarikan, Namun karena jumlah tendon pelat prategang banyak maka penarikan tendon dapat dilakukan satu kali tahapan dengan syarat umur beton telah mencapai umur rencana.

DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committee 318. "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-99) and Commentary (318 R-99) American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2000, pp.392.
- Budiadi, Andri. 2008. *Desain Praktis Beton Prategang*. Yogyakarta : ANDI
- Imran, Iswandi dan Fajar, Hendrik. 2014. *Perencanaan Lanjut Struktur Beton Bertulang: Berdasarkan SNI 03-1726-2012*. Bandung : ITB Press
- Lin.T.Y., dan Ned H. Burns. 2000. *Desain Struktur Beton Prategang Ed. 3 Jil. Diterjemahkan oleh : Mediana*. Jakarta : Erlangga
- Nawy, Edward G. 2001. *Beton Prategang : Suatu Pendekatan Mendasar Ed. 3 Jil. 1*. Diterjemahkan oleh : Bambang Suryoatmoko. Jakarta : Erlangga.
- Nawy, Edward G. 2001. *Beton Prategang : Suatu Pendekatan Mendasar Ed.3 Jil.2*. Diterjemahkan oleh : Bambang Suryoatmono. Jakarta : Erlangga
- Prestressed Concrete Institute. *PCI Design Handbook, Precast and Prestressed Concrete*, 5 th ed. Prestressed Concrete Institute, Chicago, 1999.
- Rofiq, Muhammad Ali. 2017. *Perencanaan Struktur Gedung Odua Weston Hotel Jambi Dengan Menggunakan Sistem Pelat Pratekan. Tugas Akhir Terapan*, Departemen Teknik Infrastruktur Sipil , Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Standard Nasional Indonesia. 2012. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 1726-2012*. Badan Standarisasi Nasional, 2012.

Standard Nasional Indonesia. 2012. *Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Bangunan Gedung SNI 7833-2012*. Badan Standarisasi Nasional, 2012.

Standard Nasional Indonesia. 2013. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 2847-2013*. Badan Standarisasi Nasional.

Standard Nasional Indonesia. 2013. *Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI 1727-2013*. Badan Standarisasi Nasional.

Standard Nasional Indonesia. 2015. *Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural SNI 1729-2015*. Badan Standarisasi Nasional.

CV. MOMENT AREA

GEOLOGIC DRILLING LOG

PEMBANGUNAN GEDUNG DINAS PASAR, DINAS KOPERASI, DINAS PERINDUSTRIAN

LOCATION : JL. BADAQ, KULIM-PEKANBARU	BORING MACHINE : YBM S 05		BORE HOLE NUMBER	BH - 04
START : 18 AGUSTUS 2014	DRILL MASTER : ROBERT PURBA			
DATE : 31 AGUSTUS 2014	LOGGED BY : ROBERT PURBA			
TOTAL DEPTH : 56,00 meter	CHECKED BY : YULY ASTUTY, ST. MT			
FINAL GWL : meter				

DATE	G.WL (M)	DEPTH (M)	THICKNESS OF ROCK / SOIL (m)	End of Depth (M)	SOIL TYPE	SOIL AND / OR ROCK DESCRIPTION	GRAPH N - VALUE			DEPTH (M)	SOIL SAMPLE	NO. OF BLOW / CM	Dia Casing			
							10	20	30					40	50	60
18 AGUSTUS 2014		01			V V V V	LEMPUNG BERLANAU, KUNING, KADAR AIR RENDAH, PLASTIS TINGGI							01			
		02	2,45	2,45	= = = =								02		15	
		03			V V V V	LEMPUNG BERPASIR, KUNING, KADAR AIR SEDANG, PLASTIS TINGGI							03			
		04	2,00	4,45	:: :: ::								04		20	
		05			= = = =								05			
		06			= = = =								06		24	
		07			= = = =								07			
		08			V V V V								08		15	
		09			V V V V	LANAU BERLEMPUNG, KEMERAHAN, KADAR AIR RENDAH, PLASTIS SEDANG							09			
		10			V V V V								10		21	
		11			= = = =								11			
		12			= = = =								12		26	
		13			= = = =								13			
		14	10,00	14,45	= = = =								14		23	
	15			= = = =								15				
	16			= = = =								16		24		
	17			V V V V	LANAU BERLEMPUNG, KUNING KEMERAHAN, KADAR AIR RENDAH PLASTIS SEDANG							17				
	18			V V V V								18		25		
	19			= = = =								19				
	20	6,00	20,45	= = = =								20		18		
	21			= = = =								21				
	22			= = = =								22		60		
	23			= = = =								23				
	24			V V V V	LANAU BERLEMPUNG, KEMERAHAN, KADAR AIR TINGGI PLASTIS SEDANG							24		15		
	25			V V V V								25				
	26			= = = =								26		17		
	27			= = = =								27				
	28	8,00	28,45	= = = =								28		22		
	29			= = = =								29				
	30			V V V V	LANAU BERLEMPUNG, KUNING KEMERAHAN, KADAR AIR TINGGI PLASTIS SEDANG							30		36		

Legend :

- Silt
- Clay
- Sand

- Undisturbed Sample (UDS)
- Disturbed Sample (DS)
- SPT

CV. MOMENT AREA

GEOLOGIC DRILLING LOG

PEMBANGUNAN GEDUNG DINAS PASAR, DINAS KOPERASI, DINAS PERINDUSTRIAN

LOCATION : JL. BADAQ, KULIM-PEKANBARU	BORING MACHINE : YBM S 05		BORE HOLE NUMBER	BH - 04
START : 18 AGUSTUS 2014	DRILL MASTER : ROBERT PURBA			
DATE : 31 AGUSTUS 2014	LOGGED BY : ROBERT PURBA			
TOTAL DEPTH : 56,00 meter	CHECKED BY : YULY ASTUTY, ST. MT			
FINAL GWL : 0,00 meter				

DATE	G.WL (M)	DEPTH (M)	THICKNESS OF ROCK / SOIL (m)	End of Depth (M)	SOIL TYPE	SOIL AND / OR ROCK DESCRIPTION	GRAPH N - VALUE			DEPTH (M)	SOIL SAMPLE	NO. OF BLOW / 30 CM	Dia Casing						
							10	20	30					40	50	60	70	N / 15 CM N 1	N / 15 CM N 2
30 AGUSTUS 2014		31			====	LANAU BERLEMPUNG, KUNING KEMERAHAN, KADAR AIR TINGGI PLASTIS SEDANG													
		32	4,00	32,45	VVVV														
		33				LEMPUNG BERPASIR, KEMERAHAN, KADARA AIR SEDANG, PLASTIS SEDANG													
		34			VVVV														
		35			VVVV														
		36			VVVV														
		37			VVVV														
		38			VVVV														
		39			VVVV														
		40			VVVV														
	41			VVVV															
31 AGUSTUS 2014		42			VVVV	LEMPUNG BERPASIR, KEMERAHAN, KADARA AIR SEDANG, PLASTIS TINGGI													
		43			VVVV														
		44			VVVV														
		45			VVVV														
		46			VVVV														
		47			VVVV														
		48			VVVV	LANAU BERLEMPUNG, ABU-ABU, KADAR AIR SEDANG PLASTIS SEDANG													
		49			VVVV														
		50			VVVV														
		51			VVVV														
	52			VVVV															
	53			VVVV	LANAU BERLEMPUNG, ABU-ABU GELAP, KADAR AIR SEDANG PLASTIS SEDANG														
	54			VVVV															
	55			VVVV															
	56			VVVV															
	57			VVVV															
	58			VVVV															
	59			VVVV															
	60			VVVV															

Legend :

- ==== Silt
- VVVV Clay
- :::: Sand

- Undisturbed Sample (UDS)
- Disturbed Sample (DS)
- S P T

Integrated solutions for building prestressing by post-tensioning



D E S I G N , B U I L D , M A I N T A I N



FREYSSINET
SUSTAINABLE TECHNOLOGY

The Freyssinet Group

Freyssinet brings together an unrivalled set of skills in the specialist civil engineering sector. It implements high-added-value solutions in two major fields: construction and repair.

With over 5,000 employees, Freyssinet is involved in numerous major projects on five continents, making it the world leader in its specialist fields: prestressing; construction methods; cable-stayed structures; structural accessories; and structural repairs, reinforcement and maintenance.

Freyssinet is highly involved in sustainable development issues and has set up a number of initiatives, particularly to reduce the environmental impact of its construction sites and enhance its social responsibility policy.

Freyssinet is a subsidiary of the Soletanche Freyssinet group, a world leader in the soils, structures and nuclear sectors.

*Cover photos:
Telecom Tower, Malaysia*

For over 50 years Freyssinet has been involved in the construction of buildings and skyscrapers, optimising their structure through the benefits of prestressed floor technology.

With its integrated prestressing design, supply and installation solutions, Freyssinet makes its expertise and know-how available to contracting authorities and architects to design ever more functional and durable structures, while taking implementation constraints into consideration.

Technical support from the architectural design phase

Contemporary architectural trends favour large uninterrupted floor areas, flexible internal layout and spaces that are easy to modify and move around in, while considerably improving the durability of buildings. All of these requirements can be met through the use of prestressing by post-tensioning, which enables the creation of large unobstructed floor areas with a minimum number of columns and reduced floor thicknesses.

Freyssinet supports its customers from the design stage in order to optimise structures with a view to cutting construction costs and lead times, while meeting their architectural requirements.

Complete integration of prestressing works into the construction cycle

When prestressing operations form part of the construction programme, the constraints associated with scheduling and phasing the works constitute a major challenge. Freyssinet's numerous strengths mean that it is able to guarantee its customers a quality service performed in strict accordance with production cycles:

- The Freyssinet prestressing system, which is CE certified and marked, has been designed for high on-site productivity;
- Freyssinet-designed installation equipment enables fast, high-quality execution;
- Lastly, Freyssinet's specialist teams meet the training and qualification requirements of standard CWA 14646.

Contents

Post-tensioning benefits	p3
Prestressing design	p6
Multi-strand prestressing anchor	p8
Single-strand prestressing anchor	p12
Installation works	p14



POST-TENSIONING BENEFITS

Freyssinet has developed compact prestressing systems suitable for prestressing thin elements. These systems make it possible to significantly improve the slabs commonly used in buildings.

Main benefits

- Larger slab spans require fewer columns, providing great freedom in terms of layout;
- Depending on slab type, elimination of soffits or reduced floor thicknesses. The saving in height thus obtained can result in an increase in the number of storeys in the structure;
- Savings in materials (concrete and steel);
- Foundations are smaller and simpler;
- Shorter lead times due to fast installation.

As well as:

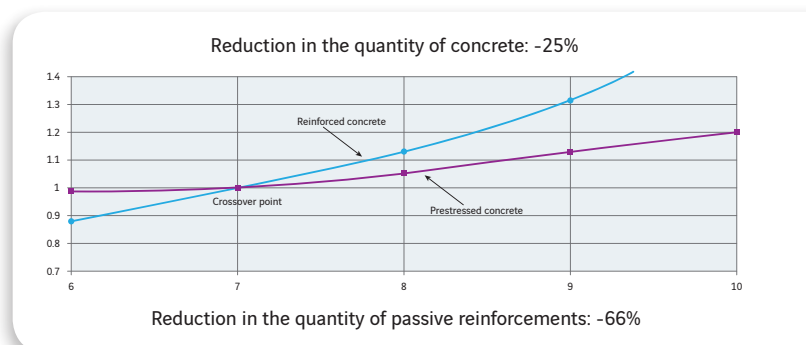
- Elimination of deflection in routine service;
- Reduction in number or even elimination of slab contraction joints and floor expansion joints;
- Better control of shrinkage cracking for improved watertightness and hence greater durability.

The use of floors prestressed by post-tensioning results in a 20% reduction in greenhouse gas emissions compared with traditional reinforced concrete designs.

A variety of applications

Freyssinet prestressing systems can be used in floors, foundation slabs and building transfer structures, as well as in industrial slabbing systems. They are a cost-effective, reliable solution for optimising a wide range of structures:

- Residential buildings;
- High-rise office buildings;
- Shopping centres;
- Underground or above-ground car parks;
- Hospitals;
- Schools;
- Business centres;
- Industrial buildings;
- Sports halls;
- Docks, etc.



1 - Blige Street Tower (Australia)
2 - Park Towers (UAE)

Cost comparison for floor systems as a function of span (m)

A VARIETY OF APPLICATIONS



Building floors

These are often thin slabs, continuous over several spans and resting on columns at certain points. Prestressing increases slab bending strength relative to permanent loads and variable loads. Tendons can be arranged in two orthogonal directions or in a preferential direction with added passive reinforcements at right angles.

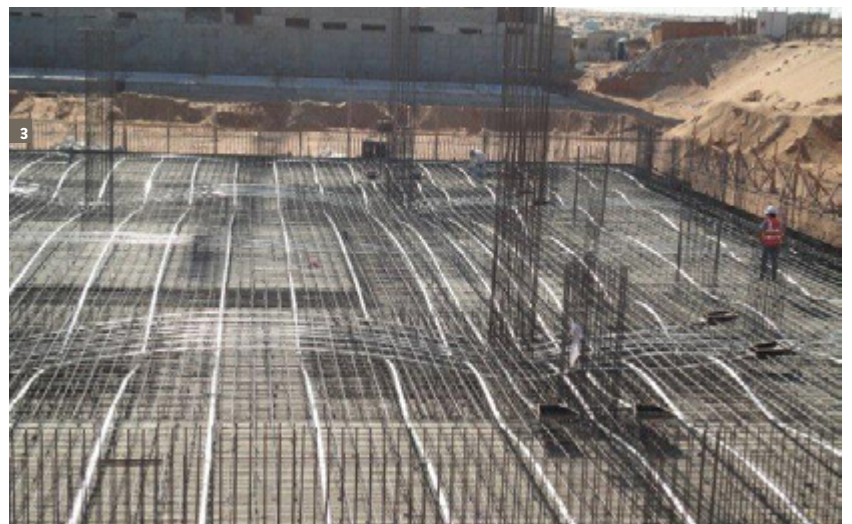
The benefits brought about by prestressing in building floors are numerous:

- For high-rise buildings:
 - Height between floors reduced to the minimum, enabling material savings to be achieved in vertical elements, structural or otherwise;
 - A shorter construction cycle on each storey, reducing the overall project lead-time and the amount of formwork;
 - The lowest possible floor mass, reducing the loads transmitted to the foundations and loads in cross-bracing when subject to seismic stress.
- For buildings with large plan dimensions:
 - Larger column-free areas, which are more functional and allow for better use of space;
 - For certain commercial or industrial buildings, deflection and crack opening are strictly controlled.

Foundation slabs

Foundation slabs are in direct contact with the ground and enable buildings to be erected on soils with poor mechanical properties.

The undulating layout of the prestressing compensates for permanent and variable loads. The permanent compression of the concrete also improves foundation slab sealing against any water ingress.



- 1 - Mirage Towers (Mexico)
- 2 - Prestressed floor - Cardinal Place (Great Britain)
- 3 - Foundation slab - Aster Building (Saudi Arabia)
- 4 - Transfer slab - The Elysian (Ireland)
- 5&6 - Multimodal platform - Botany Bay (Australia)

Transfer slabs

Transfer structures are often very thick slabs, subject to heavy loading, which absorb the loads from columns above that are not aligned with the columns below. They are generally used in high-rise buildings to clear a space without load-bearing elements or to effect the transition into car park levels.

Prestressing enables the height of transfer slabs to be substantially reduced; in certain cases Freyssinet will be able to offer high-strength tendons equipped with anchors from its C system for civil engineering structures.

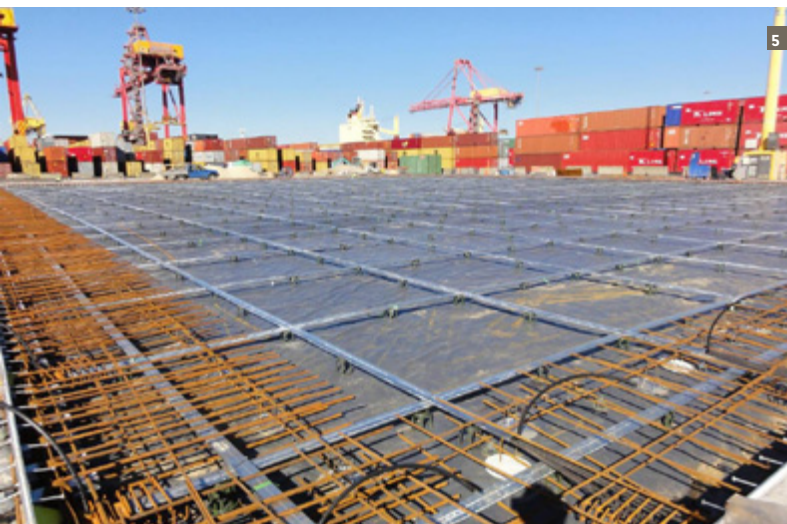
Industrial slabs

These slabs bear directly on the foundation soil. The prestressing tendons are straight, centred and arranged in both directions. They allow for the reduction or even elimination of passive reinforcements in the main run of the slab. They improve bending strength and ensure shrinkage cracking is kept under control.

Freyssinet builds very large industrial slabbing areas, while reducing in number of or even eliminating contraction joints. These joints are vulnerable to wear due to traffic and their elimination is particularly appreciated where automated conveyor systems are installed, for which surfaces must be absolutely flat.

The permanent compression of the concrete by prestressing provides concrete foundation slabs with improved watertightness.

Phased work means that disruption can be reduced to a minimum for the operator.



PRESTRESSING DESIGN

Working closely with the architect and the design consultants in charge of the overall design of the project, Freyssinet revises the design then conducts a detailed study of the floors, supplying all the calculation data required for sizing the vertical elements in particular. Freyssinet is also available to put forward optimised variants of the basic reinforced concrete systems.

In order to reduce the thickness of the slabs and fully or partly eliminate passive reinforcements, Freyssinet uses professional, recognised 2D or 3D finite element design software that complies with regulations and local practice, in order to determine floor dimensions.

Right from the preliminary phase, these design programs make it possible for quantities to be fully verified and calculated precisely:

- for slab floors, punching shear strength due to permanent and service loads;
- for slabs on beams, deflection due to service loads on their own, or even shear forces or cracks opening up.

Bonded prestressing

Prestressing by post-tensioning is generally of the bonded type, i.e. made up of steel strands housed in a duct, which is injected with cement grout after tensioning. This arrangement enables strand loads to be transferred to the concrete structure by bonding, which allows for passive reinforcement to be optimised and significantly reduced.

Among other benefits, internal prestressing in concrete makes it possible to guarantee an improvement in fire protection and ensures that tendons can be re-anchored in the event of openings being made at a later date.

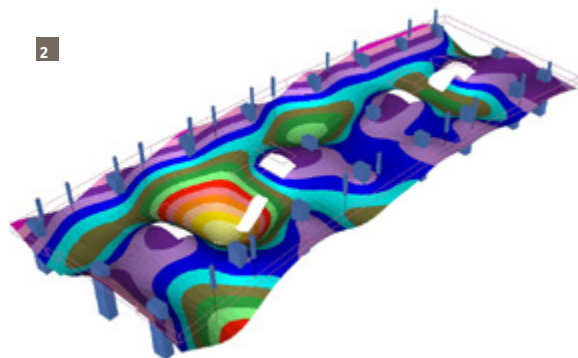
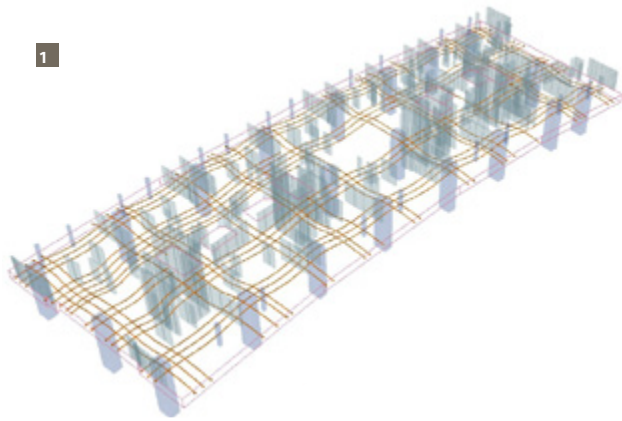
Unbonded prestressing

For projects involving specific stresses, Freyssinet can also offer unbonded prestressing made up of greased sheathed strands installed in the reinforcement prior to concreting. The strands remain mechanically independent of the structure throughout the service life of the structure and slide freely in the concrete.

Unbonded prestressing reduces the space occupied in the thickness of the slab and offers greater freedom in horizontal alignment.

Prefabrication

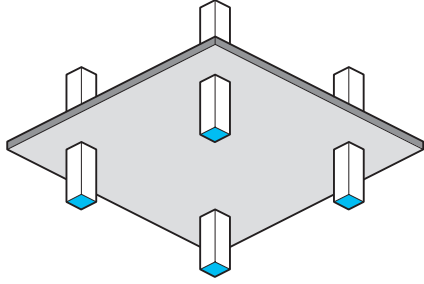
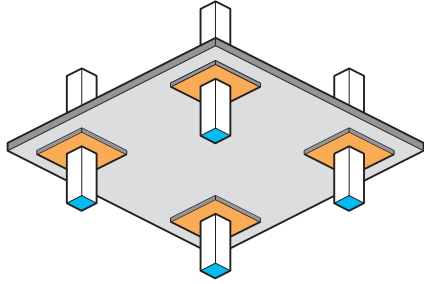
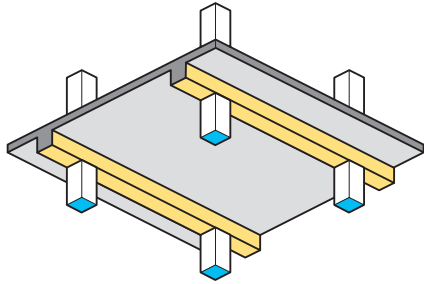
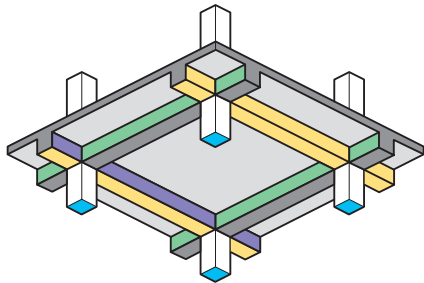
If appropriate, Freyssinet can put forward a mixed system combining prefabricated elements with prestressed elements cast in situ to optimise lead times and reduce costs.



1 - Prestressing layout
2 - Graphic depiction of deformation

Rules for preliminary sizing of prestressed concrete floors

The table below describes the main types of prestressed concrete floors and can be used for fast preliminary sizing.

	Diagram	Service load (kN/m ²)	L/h ratio (with passive reinforce- ments)
<p>Slab floor (load-bearing in both directions)</p> <p>Relatively light or medium service loads.</p>		1.5	45
		2.5	40
		5	35
<p>Slab floor with capitals</p> <p>Same applications but for larger spans and medium service loads. Capital drop between 0.75 h and 1.5 h and overhang between 3 h and 6 h.</p>		1.5	50
		2.5	45
		5	40
<p>Slab load-bearing in a single direction</p> <p>Recommended for floors with a prevailing span in one direction.</p>		1.5	55
		2.5	45
		5	35
<p>Slab load-bearing in both directions</p> <p>Spans approximately equal in both directions.</p>		1.5	70
		2.5	60
		5	50

MULTI-STRAND PRESTRESSING

Type B Active/Passive Anchors

1 The Freyssinet type B prestressing system consists of internal prestressing tendons with 3 to 5 T13 or T15 strands.

Type B anchors consist of active or passive anchors; they are made up the following elements:

- A cast trumplate embedded in concrete that distributes the prestressing load into the structure;
- A block and its jaws, bearing on the trumplate, which anchors the strands.

The construction provisions stipulated in the project must comply with current local regulations, as well the technical specifications, Freyssinet procedures and technical approval, as appropriate, relating to the use and installation of a type B prestressing system.

Bonded prestressing

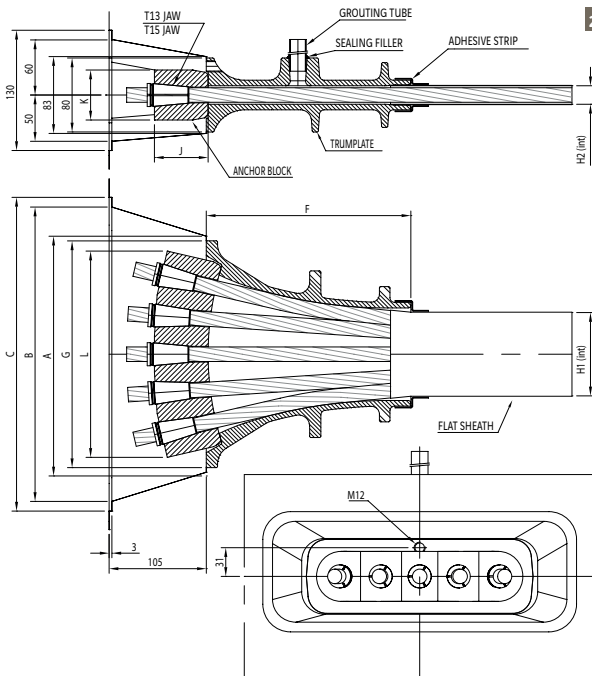
In this configuration, type B anchors are used with uncoated strands in a metal or plastic corrugated flat sheath, for ease of insertion into thin elements. The strands are threaded into their ducts prior to concreting in order to overcome duct crushing problems, which might subsequently impede strand threading.

Once the strands have been tensioned and excess lengths cut off, the duct is injected with cement grout.

Unbonded prestressing

For specific projects, system B anchors can be used with strands protected with grease, coated with an individual HDPE sheath, in order to effect unbonded prestressing. The strands are then incorporated directly into the reinforcement, before concreting.

Once the strands have been tensioned and excess lengths cut off, the anchor is injected with cement grout.



Dimension Anchor	Recess			Trumplate		Smooth sheath		Corrugated sheath		Anchor block		
	A	B	C	F	G	H1	H2	H1	H2	J	K	L
3B13	124	187	208	117	124	40	20	58	21	60	45	111
3B15	164	227	248	147	164	70	20	58	21	57	54	138
4B13	164	227	248	147	164	70	20	58	21	53	55	155
4B15	202	265	286	180	192	70	20	75	21	59	54	181
5B13	202	265	286	180	192	70	20	75	21	50	55	187
5B15	255	318	339	221	245	90	20	90	21	58	54	223



ANCHOR

Prestressing strands

The table below shows the main features of the most common strands that can be used with the Freyssinet prestressing system.

Name	Class MPa	Nominal reinforcement diameter (mm)	Nominal reinforcement cross-section (mm ²)	Nominal weight (kg/m)	Guaranteed breaking load (FpK Kn)	Elastic limit (Fp0.1 kN)
pr EN 10138-3	1,770	12.5	93	0.73	165	145
		12.9	100	0.78	177	156
		15.3	140	1.09	248	218
		15.7	150	1.18	265	234
	1,860	12.5	93	0.73	173	152
		12.9	100	0.78	186	164
		15.3	140	1.09	260	229
		15.7	150	1.18	279	246

- Typical elongation under maximum load for all strands is $\geq 3.5\%$
- Maximum relaxation at 1,000 hours at 0.7 fpk for all strands is $\leq 2.5\%$

Anchor layouts

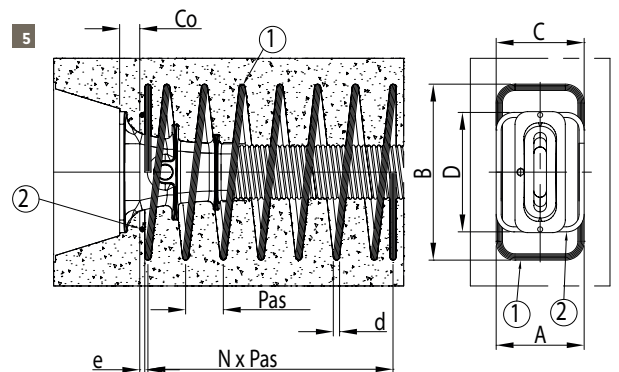
Anchors must be positioned at an adequate distance from the edge and with a minimum centre-to-centre spacing from each other. These distances are obtained using the dimensions from the test assemblies created under the European Technical Approval procedure (ETA).

Hoop reinforcement

The concentrated forces applied by the prestressed units require the installation of hoop reinforcement in the vicinity of the anchors in the case of concrete structures. This local reinforcement comprises anti-burst reinforcement and additional reinforcements as set out in the European Technical Approval document. The diagram opposite illustrates an example of a local reinforcement arrangement.

The reinforcement given in the tables must be supplemented in most cases by general reinforcements (not shown on the drawings), which are the minimum requirement against cracking and general balance reinforcements. The project designer must check the general balance of the anchor zones.

Unit	1 B500 steel						2 B500 steel		
	Pitch	d	N	A	B	Co	e	C	D
3B13	60	8	4	120	200	45	8	120	120
4B13	60	10	6	140	240	45	8	140	160
5B13	60	10	6	140	260	45	8	140	190
3B15	60	10	6	140	240	45	8	140	160
4B15	60	10	6	140	280	45	8	140	190
5B15	60	12	6	140	320	45	10	140	240



- 1 - 3D views of 3B15 and 5B15 anchors
- 2 - Overall dimensions
- 3 - 4B15 anchor complete with sheath
- 4 - Food processing plant (Singapore)
- 5 - Hoop reinforcement

MULTI-STRAND PRESTRESSING



Type B Active/Passive Anchors

Formwork accessories

Freyssinet offers a full range of accessories to create the recesses used for subsequent sealing of the anchors, i.e. for a break in a shuttering face or for a raised anchor above the slab.

Bonded prestressing sheath

Prestressing sheaths are either flat smooth metal sheaths (the most commonly used type) or round corrugated metal or plastic sheaths (CE marked). As from the design phase, the radii of curvature in the deviated zone and the coefficients of friction must be validated by Freyssinet.



Tensioning

Tendons with type B anchors are tensioned using single-strand hydraulic jacks equipped with a hydraulic anchor jaw locking-off system as an option. Initial forces before and after transfer must comply with local regulations and with the Freyssinet working documents.

The tensioning operation cannot start unless the compression strength of the concrete measured on site, in the vicinity of the anchor zone, is greater than the value specified for the project.

Sealing

Once the tendons have been tensioned and the strands cut to length, the anchors are generally protected by sealing in concrete.

Cement grout and injection

Prestressing strands, if not individually sheathed and greased, are protected by injecting the duct containing them. The filler is a cement grout that generates a passivation layer on the surface of the steel, which protects it against corrosion. Based on laboratory studies and on-site suitability tests, Freyssinet has specified and qualified a prestressing grout suitable for the project conditions.



- 1 - Plastic formwork box
- 2 - Installing the sheathing
- 3 - View of anchor after sealing
- 4 - Type G anchor
- 5 - Type N anchor
- 6 - Installing a type G anchor

ANCHOR

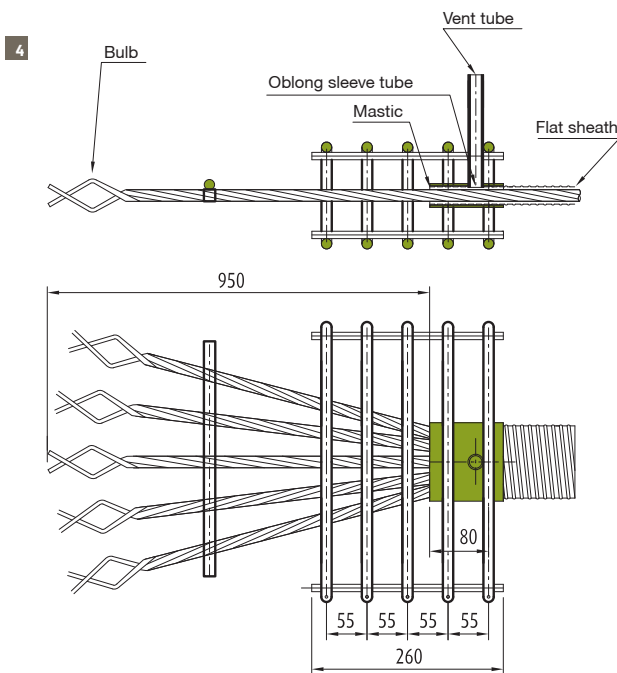
Type G and N Embedded Passive Anchors

The type B anchor system can be used in combination with two types of passive anchor embedded in concrete:

- the type G bulb anchor, which operates by bonding;
- the type N anchor, which uses an individual plate on which an extruded sleeve bears

Type G embedded anchor

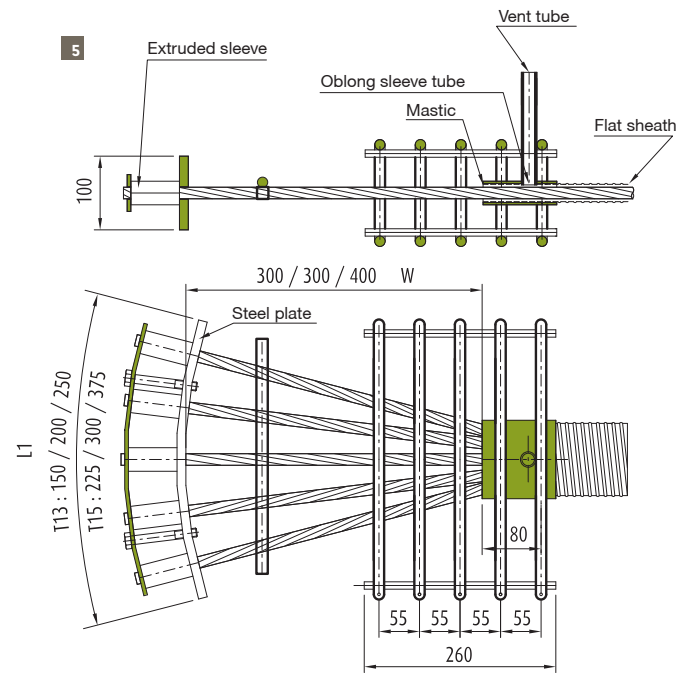
The type G anchor is an anchor that operates by bonding. The end of each strand is preformed so as to create an anchor bulb.



Type N embedded anchor

In the type N anchor, each strand has an extruded sleeve, which bears individually on a steel plate.

Each one of these anchors is used with its specific hoop reinforcement.



SINGLE-STRAND PRESTRESSING

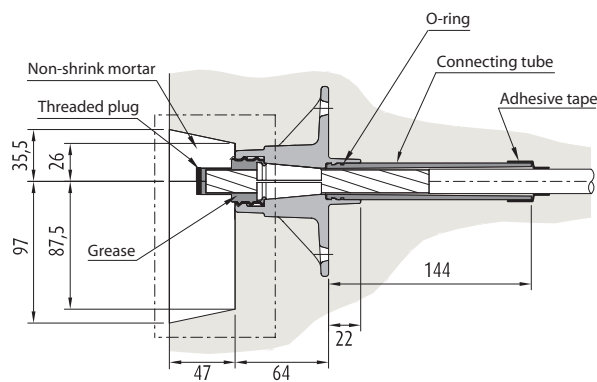
1 Type F Single-Strand Active/Passive Anchor

The 1F15 single-strand anchor is used to effect unbonded prestressing. It consists of an active anchor, which is also used as a passive anchor by means of pre-locking.

Composition of the 1F13/15 system

- The 1F13/15 anchor is made up of the following elements:
 - A cast anchor body (with its jaws) embedded in the concrete, which distributes the prestressing load into the structure and acts as an anchor for the strands;
 - A plastic connecting tube that provides permanent protection for the uncoated part of the strand;
 - A plastic cover filled with grease that provides permanent protection for the jaws;
 - As an option, formwork accessories to create the anchor recess and enable sealing after tensioning.
- The bands forming part of the anti-burst reinforcement;
- The protected sheathed sliding prestressing strands.

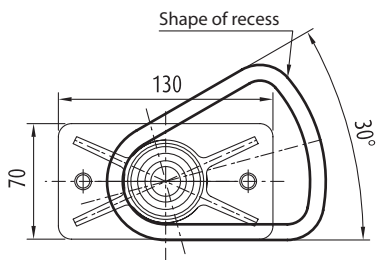
2



Unbonded prestressing

The strands are incorporated directly into the reinforcement, before concreting.

3



4



1 to 3 - 1F13/15 single-strand unit
 4 - Car park slab - Toulouse (France)
 5 - NB1F15 pre-locked anchor
 6 - Anchor with extruded sleeve
 7 - Standard layout prior to concreting - Lanslebourg (France)

ANCHOR

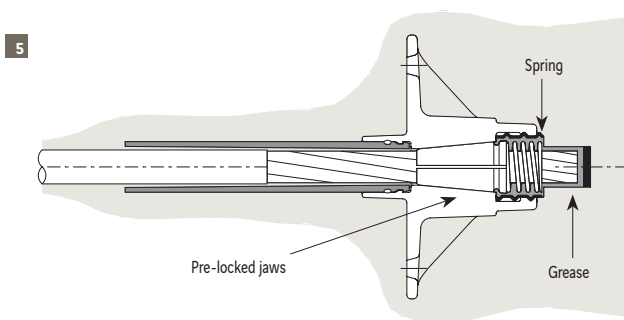
Single-Strand Passive Anchors embedded in concrete

1F13/15 active anchors can be used in combination with two types of passive anchor embedded in concrete:

- The pre-locked NB1F15 mechanical anchor;
- The type N anchor, which uses an individual plate on which an extruded sleeve bears.

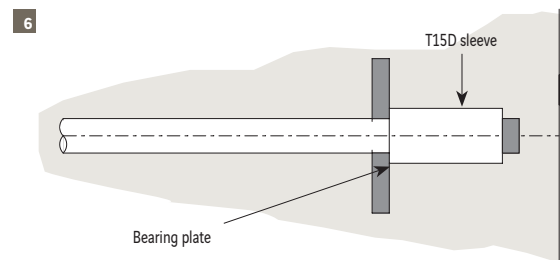
Type NB 1F13/15 embedded anchor

The NB 1F13/15 embedded anchor is similar to the 1F13/15 active anchor. When used as an embedded anchor, the wedge is pre-locked using a jack before the anchor is installed in the formwork. It is then fitted before concreting with a plug filled with grease screwed onto the back of the anchor and fitted with a jaw retaining spring that eliminates any risk of the strand sliding.



Type N embedded anchor

In the type N anchor, each strand has an extruded sleeve, which bears individually on a steel plate.



Standard layout

- Mesh in lower plane
- Even distribution of monostrands in one direction
- Grouping of monostrands along rows of columns
- Top bar reinforcement in upper plane
- Incorporation of services (electricity, rainwater, underfloor heating, etc.)



INSTALLATION WORKS



Freyssinet acts as your partner for all your projects, offering integrated solutions that ensure a turnkey service and guarantee quality work carried out in compliance with safety rules.

Prestressing is installed in a number of stages:

1. Formwork installation
2. Installation of lower mesh and lower beam reinforcements
3. Installation of active anchors at concreting breaks
 - 3a. Bonded prestressing: duct installation and strand threading
 - 3b. Unbonded prestressing: installation of greased sheathed strands, which may be prefabricated
4. Creation of passive anchors
5. Creation of tendon profile using plastic supports
6. Installation of upper reinforcements
7. Inspection of prestressing and reinforcements by a Freyssinet manager
8. Concreting of slab in the presence of a Freyssinet manager
9. Tensioning to 25% if necessary
10. Tensioning to 100%
11. Elongation monitoring
12. Stripping formwork from slab
13. Cutting strands to length
14. Sealing of anchor recesses
15. Cement grouting of ducts in the case of bonded prestressing



Specialist teams

Freyssinet prestressing specialists are certified through internal training and provide the assurance that our work is carried out correctly in compliance with CWA No.14646 voluntary certification requirements. We therefore undertake to supply and install the prestressing kit in compliance with our European Technical Approval.



Rapid installation

The small quantity of passive reinforcements required compared with a reinforced concrete solution speeds up construction cycles.

Tensioning concrete to 25% after a short period of ageing (24 hours) enables slab cracking to be checked and guarantees that crack openings do not exceed 0.3 mm.

Tensioning prestressing tendons to 100% after around 3 days enables formwork to be stripped rapidly and permanently from horizontal elements, which will be capable of taking up 100% of the loads for which they have been sized.

Strength on tensioning

The first tensioning of the tendon to 25% of the final tensioning load may be carried out if the concrete behind the anchor has reached a compressive cylinder strength of at least:

- 10.5 MPa for an F13 anchor,
- 9.5 MPa for a B13 anchor,
- 10.5 MPa for an F15 anchor,
- 11.0 MPa for the B15 system.

Freyssinet equipment

Ease of installation is one of the leading aspects of our approach, meaning that we use elements that can be carried by hand, thus reducing crane usage time.

The various items of equipment required to install prestressing are as follows:

- Single-strand jacks with around 25 kg capacity;
- Portable engine-powered or electric tensioning pumps;
- Trumplate support negatives;
- Extradados tensioning recess negatives;
- Jacks for creating passive bulbs;
- Sleeve extrusion presses;
- Wedge pre-locking jacks;
- Mixing and grouting unit.

1 - Sheath installation

2 - Embedded passive anchors

3 - Formwork box for extradados active anchor

4 - Anchor and its hoop reinforcement at slab edge

5 - Concreting

6 - Individual strand tensioning (France)





Over 60 locations worldwide

THE AMERICAS. Argentina . Brazil . Canada . Chile . Colombia . Salvador . United States . Mexico . Panama . Venezuela . EUROPE. Belgium . Bulgaria . Denmark . Spain . Estonia . France . Hungary . Ireland . Iceland . Latvia . Lithuania . Macedonia . Norway . Netherlands . Poland . Portugal . Romania . United Kingdom . Russia . Czech Republic . Serbia . Slovenia . Sweden . Switzerland . Turkey . AFRICA AND MIDDLE EAST. Abu Dhabi . South Africa . Algeria . Saudi Arabia . Dubai . Egypt . Jordan . Kuwait . Morocco . Oman . Qatar . Sharjah . Tunisia . ASIA. South Korea . Hong Kong . India . Indonesia . Japan . Macau . Malaysia . Pakistan . Philippines . Singapore . Taiwan . Thailand . Vietnam . OCEANIA. Australia . New Zealand



FREYSSINET
SUSTAINABLE TECHNOLOGY

www.freyssinet.com

BIODATA PENULIS



YULISTIAWAN

Lahir di Bukittinggi pada tanggal 02 Juli 1993. Penulis merupakan anak ke satu dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 28 Sidodadi Kinali (2000-2006), SMP Negeri 01 Kinali Pasaman Barat (2006-2009), SMKN 1 Bukittinggi (2009-2012), dan Jurusan Teknik Sipil

Konsentrasi Bangunan Gedung di Politeknik Negeri Padang (2012-2015) mengambil bidang studi stuktur dengan judul Tugas Akhir **“Rencana Pelaksanaan Pembangunan Gedung Kelas Balai Pendidikan dan Pelatihan Ilmu Pelayaran (BP2IP) Kabupaten Padang Pariaman”**. Selanjutnya terdaftar di Program Diploma IV Lanjut Jenjang Teknik Sipil Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan NRP 3116 040 521. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi-ITS Surabaya ini penulis adalah Mahasiswa Program Diploma IV dengan bidang studi Bangunan Gedung dan judul tugas akhir **“Desain Struktur dan Metode Pelaksanaan Pelat Lantai Beton Prategang Pada Gedung Hotel Pesonna Pekanbaru”**.

Contact Person:

Email : yt.engineering93@gmail.com