

SKRIPSI

STUDI PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN GADANG - BUMIAYU DENGAN PENAMPANG GELAGAR MEMANJANG U - BEAM PRESTRESS



MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

Disusun Oleh :

M. AMIN FIKRI

05.21.060

**JURUSAN TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2012**

187126

MAINTENANCE DATA MANAGEMENT SYSTEM
FOR THE AIR FORCE AIRCRAFT MAINTENANCE - AIRCRAFT
REPAIRMENT DATA - 6 MONTHS

187126

000.0000

000.0000

U.S. AIR FORCE AIRCRAFT MAINTENANCE
MANAGEMENT AND DATA SYSTEM AIRCRAFT
REPAIRMENT DATA - 6 MONTHS
000.0000
000.0000

LEMBAR PERSETUJUAN

SKRIPSI

STUDI PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN GADANG - BUMIAYU DENGAN PENAMPANG GELAGAR MEMANJANG U – BEAM PRESTRESS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar sarjana

Teknik Sipil S-1

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

Disusun Oleh :

MOH. AMIN FIKRI

05.21.060

Menyetujui,

Dosen Pembimbing I



(Ir. Ester Priskasari, MT)

Dosen Pembimbing II



(Eri Andrian Yudianto, ST., MT)

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1



(Ir. H. Hirijanto, MT)

LEMBAR PENGESAHAN
STUDI PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN
GADANG - BUMIAYU DENGAN PENAMPANG GELAGAR
MEMANJANG U – BEAM PRESTRESS

SKRIPSI

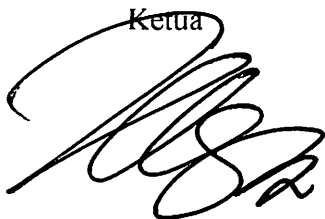
Dipertahankan di hadapan Dewan Penguji Ujian Skripsi
Jenjang Strata Satu (S-1)
Pada hari : Rabu
Tanggal : 22 Februari 2012
Dan Diterima Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Teknik


Disusun Oleh :

MOH. AMIN FIKRI

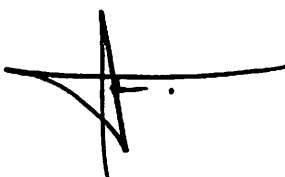
05.21.060

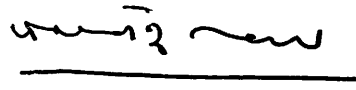
Disahkan oleh :

Ketua

(Ir. H. Hirijanto, MT)

Sekretaris

(Lila Ayu Ratna W, ST., MT)

Dosen Penguji :

Penguji I

(Ir. A. Agus Santosa, MT)

Penguji II

(Ir. H. Sudirman Indra, MSc)

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2012

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Moh. Amin Fikri
Nim : 05.21.060
Jurusan : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Teknik Sipil Dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul :

STUDI PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN GADANG - BUMIAYU DENGAN PENAMPANG GELAGAR MEMANJANG U – BEAM PRESTRESS

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

Pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Malang, 5 Maret 2012

Yang membuat pernyataan

METERAI
TEMPEL
PAJAK MEMERINTAH KEMENTERIAN
KEHUTANAN DAN PERUMAHAN
R.I.



20F0CAAF876456615

6000



Moh. Amin Fikri

ABSTRAKSI

STUDI PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN GADANG – BUMIAYU DENGAN PENAMPANG GELAGAR MEMANJANG U-BEAM PRESTRESS, Skripsi, Jurusan Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Nama : Moh. Amin Fikri (05.21.060)

Pembimbing I : Ir. Ester Priskasari, MT

Pembimbing II : Eri Andrian Yudianto, ST., MT,

Kata kunci : U-girder, Prategang, Post Tension.

Dalam mendisain suatu struktur yang baik, kita tidak hanya memperhitungkan struktur yang memiliki estetika yang tinggi, namun harus mampu menahan beban kerja yang terjadi pada struktur tersebut. Dimana penggunaan bahan harus diperhitungkan setepat mungkin, sehingga diperoleh suatu konstruksi yang aman dan mampu menahan beban yang bekerja pada struktur tersebut. Perencanaan balok prategang tipe U-beam/U-girder yaitu dengan menganalisa bentuk dimensi penampang yang telah direncanakan berdasarkan peraturan – peraturan beton prategang dan peraturan jembatan.

Pembangunan jembatan Gadang-Bumiayu yang berlokasi di kecamatan Kedung Kandang, merupakan upaya pemerintah daerah Kota Malang untuk menunjang peningkatan pembangunan daerah penghubung Kabupaten Malang dengan Kota Malang. Jembatan Gadang-Bumiayu memiliki panjang total 125 m, pada awalnya konstruksi menggunakan beton prategang berpenampang gelagar memanjang bentuk I, namun dalam penyusunan skripsi ini didesain ulang dengan menggunakan beton prategang berbentuk U-beam/U-girder.

Untuk perencanaan balok beton prategang, digunakan mutu beton ($f'c$) 60 Mpa, dengan system pemberian tegangan yang digunakan adalah post tension. Dalam perencanaan digunakan peraturan pembebanan untuk jembatan (BMS) dan direncanakan berdasarkan peraturan-peraturan beton prategang.

Dari hasil perhitungan perencanaan yang telah diperoleh sebagai berikut : dimensi U girder direncanakan lebar 1.9 m, tinggi 1.85 m. Dengan menggunakan tendon VSL Tipe 31 Sc dengan jumlah untaian 29 buah untaian. Lendutan jangka panjang yang terjadi 85.142 mm masih di bawah lendutan ijin 133.333 mm.

DAFTAR ISI

BAB I.....	6
PENDAHULUAN	6
1.1. <i>Latar belakang</i>	<i>6</i>
1.2. <i>Identifikasi masalah.....</i>	<i>7</i>
1.3. <i>Perumusan Masalah</i>	<i>7</i>
1.4. <i>Tujuan.....</i>	<i>8</i>
1.5. <i>Ruang lingkup pembahasan.....</i>	<i>8</i>
BAB II.....	9
LANDASAN TEORI.....	9
2.1. <i>Umum.....</i>	<i>9</i>
2.2. <i>Desain penampang U-girder</i>	<i>9</i>
2.2.1. <i>Tinjauan arah melintang.....</i>	<i>10</i>
2.2.2. <i>Tebal plat badan.....</i>	<i>10</i>
2.2.3. <i>Tebal Plat Badan Bawah</i>	<i>10</i>
2.2.4. <i>Tinjauan Arah Memanjang</i>	<i>11</i>
2.3. <i>Macam-macam pembebanan.....</i>	<i>12</i>
2.3.1. <i>Beban Tetap.....</i>	<i>12</i>
2.3.1.1. <i>Berat Sendiri.....</i>	<i>12</i>
2.3.1.2. <i>Beban Mati Tambahan</i>	<i>12</i>
2.3.1.3. <i>Pengaruh Penyusutan dan Rangkak</i>	<i>12</i>
2.3.1.4. <i>Pengaruh Prategang.....</i>	<i>13</i>
2.3.2. <i>Beban Lalu Lintas</i>	<i>13</i>
2.3.2.1. <i>Beban Lajur " D "</i>	<i>13</i>
2.3.2.2. <i>Beban Truk " T "</i>	<i>14</i>
2.3.2.3. <i>Faktor Beban Dinamis.....</i>	<i>14</i>
2.3.2.4. <i>Gaya Rem.....</i>	<i>15</i>
2.3.2.5. <i>Pembebanan Untuk Pejalan Kaki.....</i>	<i>16</i>
2.3.3. <i>Aksi Lingkungan</i>	<i>16</i>
2.3.3.1. <i>Beban Angin.....</i>	<i>16</i>
2.4. <i>Pengertian Dasar Beton Prategang.....</i>	<i>17</i>
2.4.1. <i>Sistem Prategang</i>	<i>17</i>
2.4.2. <i>Sistem Penegangan Tendon.....</i>	<i>17</i>
2.5. <i>Metode Pelaksanaan</i>	<i>18</i>
2.6. <i>Analisa Prategang dan Tegangan Lentur.....</i>	<i>21</i>
2.6.1. <i>Asumsi Dasar</i>	<i>21</i>
2.6.2. <i>Analisa Prategang.....</i>	<i>21</i>
2.7. <i>Tegangan Ijin.....</i>	<i>22</i>
2.7.1. <i>Tegangan Ijin Beton Prategang</i>	<i>22</i>
2.7.2. <i>Tegangan Ijin Tendon Prategang</i>	<i>22</i>
2.7.3. <i>Daerah Aman dan Tata Letak Tendon</i>	<i>22</i>

2.8.	Kontrol	24
2.8.1.	Kontrol Kehilangan Tegangan.....	24
2.8.2.	Kontrol Tegangan Yang Terjadi.....	27
2.8.3.	Kontrol Lendutan.....	27
2.8.3.1.	Faktor – faktor Yang Mempengaruhi Lendutan.....	28
2.8.3.2.	Perhitungan Lendutan	28
2.9.	Perencanaan Tulangan Non-Prategang	29
2.9.1.	Perencanaan Tulangan Geser	29
2.10.	End Block (Balok Ujung)	30
2.10.1.	Tendon Dan Angkur.....	30
2.10.1.1.	Perencanaan tulangan akibat momen pecah ledak (Mpl).....	31
2.10.1.2.	Perencanaan tulangan daerah angkur (Pecah Gumpal).....	33
BAB III		35
DATA PERENCANAAN		35
3.1.	Data Teknis Perencanaan Jembatan	35
3.2.	Tegangan yang diijinkan	37
3.2.1.	Tegangan Ijin Beton Prategang	37
3.2.1.1.	Tegangan beton pada saat awal, sebelum kehilangan gaya prategang	37
3.2.1.2.	Tegangan beton pada saat akhir, setelah kehilangan gaya prategang	37
3.2.1.3.	Modulus elastisitas beton SNI 03-2847-2002 pasal 10.5 hal 54, yaitu :.....	38
3.2.2.	Tegangan Ijin Baja Prategang	39
3.2.2.1.	Digunakan tendon standart ASTM A-416 VSL 7 (Seven Wire Strand), table VSL 39	
3.2.2.2.	Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 20.5, hal 175, tegangan tarik dalam tendon prategang tidak boleh melampaui nilai – nilai sebagai berikut :	40
BAB IV		42
PERENCANAAN STRUKTUR		42
4.1.	Perencanaan Sandaran & Trotoir	42
4.1.1.	Pembebanan trotoir, sandaran	42
4.1.1.1.	Trotoir	42
4.1.1.2.	Perencanaan Kerb	43
4.1.1.3.	Sandaran.....	43
4.1.1.4.	Perhitungan Penulangan Sandaran, dan trotoir	46
4.2.	Perencanaan Plat lantai kendaraan	50
4.2.1.	Pembebanan Plat lantai kendaraan	50
4.2.2.	Penulangan Plat lantai kendaraan	54
4.3.	Desain penampang	57
4.3.1.	Karakteristik penampang gelagar U bentang 32 meter	57
4.3.1.1.	Sebelum Komposit.....	57
4.3.1.2.	Setelah Komposit.....	59
4.4.	Pembebanan Balok prategang	61
4.4.1.	Berat Sendiri (MS)	61
4.4.1.1.	Berat balok prategang	61
4.4.2.	Gaya geser dan momen akibat berat sendiri	61

4.4.3. Beban mati tambahan (MA).....	62
4.4.4. Beban lajur “ D “ (TD).....	63
4.4.5. GAYA REM (TB).....	65
4.4.6. BEBAN ANGIN (EW).....	66
4.5. Perhitungan Prategang,.....	73
4.5.1. Gaya Prategang	73
4.5.2. Menentukan jumlah tendon	74
4.5.3. Perhitungan daerah aman tendon.....	75
4.5.3.1. Menentukan daerah aman tendon.....	75
4.5.3.2. Menentukan koordinat tendon	78
4.5.3.3. Eksentrisitas.....	79
4.5.3.4. Koordinat tiap tendon.....	80
4.6. Kontrol Keamanan.....	82
4.6.1. Kehilangan gaya prategang.....	82
4.6.1.1. Kehilangan prategang akibat deformasi elastis beton.....	82
4.6.1.2. Kehilangan gaya prategang akibat rangkai beton.....	83
4.6.1.3. Kehilangan gaya prategang akibat susut beton	84
4.6.1.4. Kehilangan gaya prategang akibat relaksasi beton.....	85
4.6.1.5. Kehilangan gaya prategang total.....	86
4.6.1.6. Kontrol Tegangan yang terjadi	86
o Kondisi awal	86
o Kondisi setelah kehilangan tegangan	89
4.6.2. Lendutan.....	103
4.6.2.1. Akibat berat sendiri balok	103
4.6.2.2. Akibat beban mati (plat lantai kendaraan, lapisan aspal & air hujan).....	103
4.6.2.3. Akibat beban lajur “D”.....	104
4.6.2.4. Akibat beban rem.....	104
4.6.2.5. Akibat beban angin	105
4.6.2.6. Akibat gaya prategang sebelum komposit.....	105
4.6.2.7. Akibat gaya prategang setelah komposit	106
4.6.3. Kontrol Lendutan.....	106
4.6.4. Perencanaan End Blok.....	108
4.6.4.1. Perencanaan tulangan akibat momen pecah ledak (MPL)	109
4.6.4.2. Perencanaan tulangan daerah angkur (Pecah gumpal).....	114
4.6.5. Penghubung Geser (Shear Conector).....	118
4.6.6. Perencanaan Tulangan non prategang	121
4.6.6.1. Perencanaan Tulangan geser.....	121
4.6.6.2. Perencanaan Tulangan geser pada daerah tumpuan	121
4.6.6.3. Perencanaan tulangan geser pada daerah lapangan	131
4.6.6.4. Perencanaan Tulangan memanjang.....	138

BAB V 139

PENUTUP139

5.1. Kesimpulan..... 139

5.2. Saran..... 140

DAFTAR PUSTAKA141

LAMPIRAN142

DAFTAR GAMBAR & TABEL

GAMBAR 1.1 DENAH JEMBATAN	7
GAMBAR 2.1 PENAMPANG U-GIRDER	11
GAMBAR 2.2 SEGMENT PRACETAK U-GIRDER	11
GAMBAR 2.3 DIAGRAM BEBAN GARIS	13
GAMBAR 2.3 BEBAN TRUK	14
GAMBAR 2.4 DIAGRAM FBD	15
GAMBAR 2.5 DIAGRAM GAYA REM	16
GAMBAR 2.5 PENARIKAN PASCA TARIK	18
GAMBAR 2.6 METODE PELAKSANAAN	20
GAMBAR 2.7 PROFIL TENDON PARABOLIS	22
GAMBAR 2.8 DAERAH AMAN TENDON	24
TABEL 2.1 RATA-RATA KEHILANGAN GAYA PRATEGANG	26
GAMBAR 2.8 ANGKER HIDUP VSL TIPE SC	30
GAMBAR 2.9 TEGANGAN PADA BLOK UJUNG	31
GAMBAR 2.10 DIAGRAM GAYA PADA BLOK UJUNG	32
GAMBAR 2.11 TULANGAN ANYAMAN PADA DAERAH ANGKUR	33
GAMBAR 3.1 PENAMPANG MELINTANG U-GIRDER	36
GAMBAR 3.2 PENAMPANG MEMANJANG U-GIRDER	36
GAMBAR 4.1 PERENCANAAN TROTOIR	42
GAMBAR 4.2 PERENCANAAN SANDARAN	44
GAMBAR 4.3 GAYA BEKERJA PADA TIANG SANDARAN	46
GAMBAR 4.4 PENULANGAN TROTOIR & SANDARAN	49
GAMBAR 4.5 SKEMA BEBAN T	53
GAMBAR 4.6 TAMPAK MELINTANG PENULANGAN PLAT	54
GAMBAR 4.7 DETAIL PENULANGAN PLAT	56
GAMBAR 4.8 PENAMPANG U-GIRDER SEBELUM KOMPOSIT	57
GAMBAR 4.9 PENAMPANG U-GIRDER SETELAH KOMPOSIT	59
GAMBAR 4.10 BEBAN MERATA AKIBAT BERAT SENDIRI BALOK	61
GAMBAR 4.11 BEBAN LAJUR D	63
GAMBAR 4.12 GAYA REM YANG TERJADI	66
GAMBAR 4.13 SKEMA BEBAN ANGIN	67
GAMBAR 4.14 PERLETAKAN ANGKUR DAN TENDON	79
GAMBAR 4.15 RENCANA END BLOK	108
GAMBAR 4.16 DIAGRAM TEGANGAN END BLOK	109
GAMBAR 4.17 TULANGAN BEGEL END BLOK	113
GAMBAR 4.18 PENAMPANG KOMPOSIT	114
GAMBAR 4.19 TULANGAN ANYAMAN END BLOK	117
GAMBAR 4.20 PENGHUBUNG GESER	120

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah S.W.T yang telah melimpahkan rahmat, dan taufik serta hidayahNya, sehingga saya menyelesaikan Laporan skripsi ini.

Saya juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan laporan skripsi ini. Saya juga ingin berterima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Hirijanto, MT, selaku Kepala Prodi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
2. Ibu Lila Ayu Ratna W, ST, MT, selaku Sekretaris Prodi Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
3. Bapak Ir. Bambang Wedyantadji, MT, selaku koordinator Bidang Struktur.
4. Ibu Ir.Ester Priskasari, MT, selaku Dosen pembimbing skripsi.
5. Bapak Eri Andrian Yudianto, ST,. MT selaku Dosen pembimbing skripsi.

Saya sangat menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Skripsi ini masih banyak kekurangan yang dimana saya selaku penulis membutuhkan kritik dan saran guna mencapai hasil terbaik yang kita inginkan. Harapan saya semoga Laporan Skripsi ini bisa memberi manfaat bagi kita.

Malang, Maret 2012

Penyusun

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

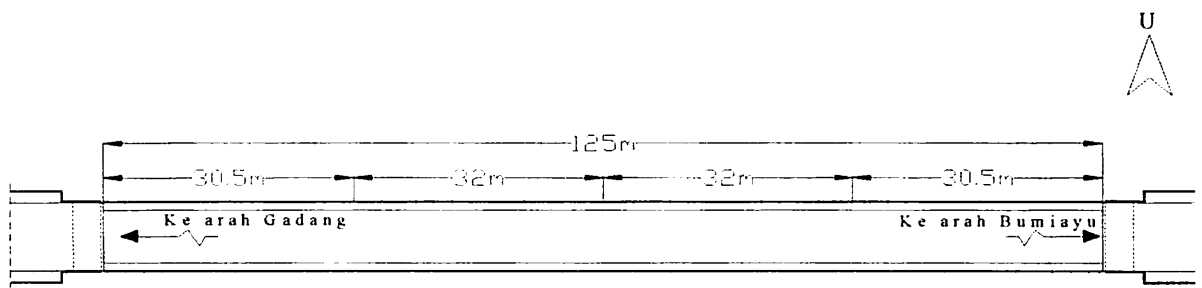
Perkembangan pembangunan infrastruktur pendukung pembangunan ekonomi terutama jembatan mengalami perkembangan pesat, begitu pula dengan teknologi rancang jembatan. Berbagai macam desain perencanaan juga banyak dipakai dalam proses perencanaan jembatan, salah satunya dengan menggunakan beton prategang.

Dalam hal ini penulis ingin membahas mengenai U-beam atau yang lebih dikenal dengan U-girder. U-girder segmental prestress merupakan batang atau balok struktural yang menggunakan bahan beton prategang yang dalam pelaksanaannya memerlukan teknologi modern. U-girder sendiri merupakan salah satu dari jenis profil girder prestres yang memiliki kekakuan torsi yang lebih tinggi dibandingkan profil I maupun T.

U-girder dalam penggunaannya sebagai gelagar jembatan relatif tidak sering digunakan. Keunggulan khusus dari U-girder ini sendiri terletak pada sedikitnya penggunaan jumlah gelagar karena U-girder mempunyai 2 tumpuan, dari hal tersebut membuat jarak antar gelagar U-girder lebih lebar dari I ataupun T girder dan juga lebih stabil terhadap puntir, meskipun tidak cocok diterapkan pada jembatan bentang pendek. Maka dari semua alasan tersebut penulis tertarik untuk mengambil judul “STUDI PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN GADANG-BUMIAYU DENGAN PENAMPANG GELAGAR MEMANJANG U-BEAM PRESTRES”.

1.2. Identifikasi masalah

Jembatan Gadang-Bumiayu adalah jembatan yang berada di perbatasan antara kota dan kabupaten Malang, dimana dalam pembangunannya bertujuan untuk memperlancar atau menghubungkan arus lalu lintas jalan raya lingkaran timur menuju Gadang atau sebaliknya. Jembatan ini merupakan jembatan berpenampang gelagar I yang panjang total bentang mencapai 125 meter, terdiri dari 4 bentang segmen dengan tumpuan terpisah seperti gambar :



Gambar 1.1 Denah jembatan

Dalam skripsi ini, penulis ingin merencanakan ulang profil gelagar memanjang jembatan tersebut dengan menggunakan U-girder segmental, yang berdasarkan asumsi penulis jarak antar gelagar U-girder lebih lebar dari I-girder yang merupakan profil gelagar asal jembatan tersebut.

1.3. Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada skripsi ini antara lain :

- Bagaimana merencanakan profil U-girder segmental prestress pada struktur atas Jembatan Gadang-Bumiayu ?

- Bagaimana analisa perhitungan kekuatan profil untuk menahan gaya-gaya yang bekerja ?
- Bagaimana menuangkan hasil desain dan analisa ke dalam bentuk gambar kerja ?

1.4. Tujuan

Tujuan dari penyusunan skripsi ini adalah untuk menjawab permasalahan yang ada, antara lain :

- Mengetahui perencanaan profil U-girder segmental prestress pada struktur atas Jembatan Gadang-Bumiayu.
- Mengetahui analisa perhitungan kekuatan profil untuk menahan gaya-gaya yang bekerja.
- Menuangkan hasil desain dan analisa ke dalam bentuk gambar kerja.

1.5. Ruang lingkup pembahasan

Dalam skripsi ini penulis akan membahas perencanaan bangunan atas jembatan menggunakan beton prategang atau prestress berpenampang U-girder segmental. Adapun batasan masalah pada perencanaan jembatan prategang ini meliputi :

- Hanya merencanakan struktur atas jembatan pada bentang sepanjang 32 meter dari bentang total 125 meter.
- Perencanaan pada struktur atas jembatan, diantaranya : perencanaan Kerb, trotoir, sandaran tepi, plat lantai, balok beton prategang, pengangkuran.
- Analisa penampang beton prategang dengan U-girder segmental.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Umum

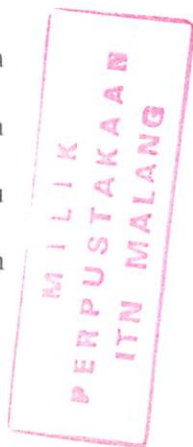
Pada perencanaan jembatan harus berdasarkan pada prosedur yang memberikan jaminan keamanan dan kenyamanan pada tingkat tertentu, untuk mencapai suatu keadaan batas selama umur rencana jembatan. Perencanaan kekuatan gelagar, pelat, sebagai komponen struktur jembatan diperhitungkan terhadap lentur dan geser, yang didasarkan pada perencanaan beban dan kekuatan terfaktor.

Perencanaan komponen struktur jembatan dapat mengacu pada Rencana Keadaan Batas, dengan memperhatikan kombinasi beban seperti yang disyaratkan pada BMS. Kekuatan struktur jembatan harus direncanakan berdasarkan analisis struktur dan cara perhitungan gaya-gaya yang ditetapkan di dalam standar peraturan yang disebut diatas, khususnya berhubungan dengan material yang dipilih, deformabiliti, dan umur layan jembatan.

Jembatan Gadang-Bumiayu yang akan direncanakan pada sekripsi ini adalah jenis jembatan U-girder segmental pracetak. Gelagar jembatan merupakan beton prategang mutu tinggi. Penggunaan beton prategang pada balok precast dianggap mampu memenuhi syarat keamanan dan keekonomisan setelah dilakukan perhitungan terlebih dahulu.

2.2. Desain penampang U-girder

U-girder merupakan profil yang tersusun dari plat badan samping, plat badan bawah yang membentuk suatu bentuk menyerupai huruf U. Sifat atau karakteristik tipe U-girder itu antara lain tingginya kekakuan lentur dikombinasikan dengan berat sendiri yang



rendah sehingga akan menguntungkan. Karena bentuk dan dimensi penampangnya akan menambah kekakuan terhadap torsi (puntir), sehingga tegangan geser akibat puntir akan berkurang pengaruhnya.

2.2.1. Tinjauan arah melintang

Faktor-faktor yang mempengaruhi pemilihan bentuk penampang U-girder, ditunjukkan seperti bagian-bagian dibawah ini :

2.2.2. Tebal plat badan

Plat badan harus mampu menahan gaya lintang dan cukup untuk menempatkan kabel prategang dan angkurnya, sehingga web harus mempunyai karakteristik :

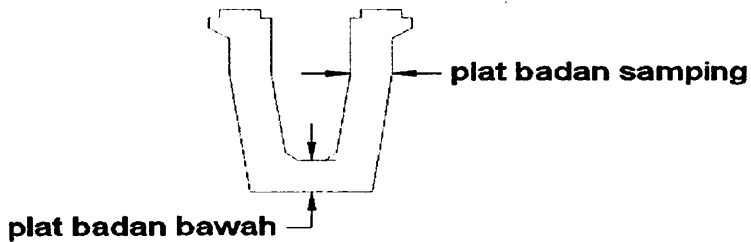
- Tebal plat badan pada daerah tumpuan dibatasi oleh kekuatan geser yang harus ditahan, $f_b < \overline{f}_b$ (\overline{f}_b = tegangan geser beton yang diijinkan).
- Tebal minimum yang disyaratkan $b > 300$ mm, disesuaikan dengan adanya tulangan geser, tulangan bagi, kabel prategang, lubang grouting (60 mm).
- Tebal penutup beton minimum 20 mm, dan untuk kabel post tensioned selimut beton $d > 50$ mm.

Sehingga tebal minimum (b) = ($\emptyset + 2 (20 + \emptyset_e + \emptyset_l) + 60$) mm.

2.2.3. Tebal Plat Badan Bawah

Tebal plat bawah ditentukan oleh penutup kabel prategang, tebal minimum plat bawah 180 mm. Jika tidak ada kabel, tebal plat bawah dapat

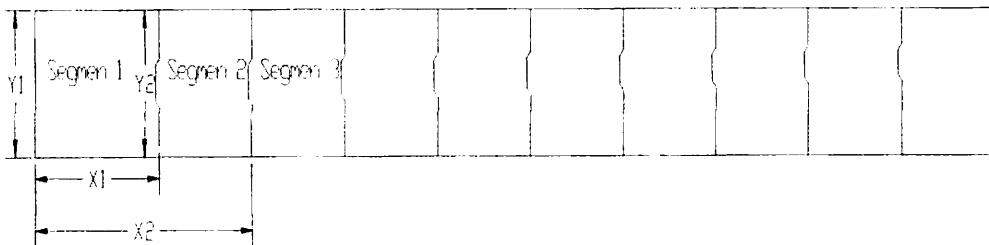
diambil minimum 120 mm. Pada daerah tumpuan tebal plat bawah ditentukan oleh tegangan tekan yang terjadi akibat beban kerja pada serat bawah.



Gambar 2.1 Penampang U-girder

2.2.4. Tinjauan Arah Memanjang

Bentuk penampang memanjang biasanya balok dengan tinggi tetap, dan balok dengan tinggi variabel. Pada struktur dengan bentang > 60 m berat sendiri balok meningkat sebanding dengan beban total yang bekerja, terutama pada saat pelaksanaan konstruksi. Secara keseluruhan beban ditahan oleh penampang pada tumpuan, sehingga tegangan yang terjadi pada daerah tumpuan relatif lebih besar jika dibandingkan dengan daerah lapangan. Dalam hal ini penulis merancang gelagar secara segmental, untuk mendukung metode pelaksanaan yang penulis pilih didasarkan pada bentuk medan lokasi jembatan.



Gambar 2.2 Segmen pracetak U-girder

2.3. Macam-macam pembebanan

Dalam perencanaan suatu jembatan jalan raya di Indonesia, beban dan gaya - gaya yang ditinjau untuk perhitungan besarnya tegangan yang terjadi pada tiap jembatan didasarkan pada “Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992 bagian 2 – Beban Jembatan” yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum dan Pemerintah Australia. Adapun beban – beban yang ditinjau dalam perencanaan adalah :

2.3.1. Beban Tetap

2.3.1.1. Berat Sendiri

Berat sendiri adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap. (Sumber: BMS 1992 Bag.2 Beban Jembatan hal.14-15)

2.3.1.2. Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural, dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan. (Sumber: BMS 1992 Bag.2 Beban Jembatan hal.16)

2.3.1.3. Pengaruh Penyusutan dan Rangkak

Pengaruh penyusutan dan rangkak harus diperhitungkan dalam perencanaan jembatan beton dengan menggunakan beban mati dari jembatan. Faktor beban = 1,0 (BMS 1992 Bag.2 Beban Jembatan hal.17)

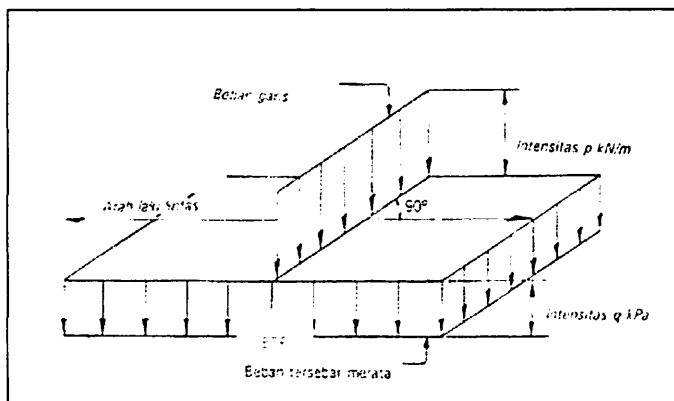
2.3.1.4. Pengaruh Prategang

Prategang harus diperhitungkan sebelum (selama pelaksanaan) dan sesudah kehilangan tegangan dalam kombinasinya dengan beban – beban lainnya. Faktor beban = 1,0 (1,15 pada waktu transfer dari beton prategang). (Sumber: BMS 1992 Bag.2 Beban Jembatan hal.17)

2.3.2. Beban Lalu Lintas

2.3.2.1. Beban Lajur “ D “

Beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (UDL / Uniformly Distributed Load) yang digabung dengan beban garis (KEL / Knife Edge Load). Beban terbagi rata (UDL) : mempunyai intensitas q kPa dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani (L). (Sumber BMS 1992 Bag.2 Beban Jembatan hal.21-26)

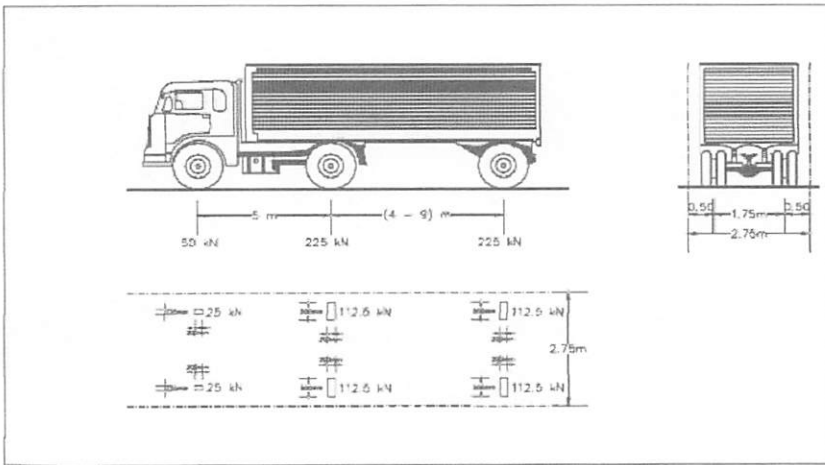


Gambar 2.3 Diagram beban garis

Beban garis (KEL) : satu KEL dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus dari arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 44,0 kN/m. (Sumber: BMS 1992 Bag.2 Beban Jembatan hal.22-23)

2.3.2.2. Beban Truk “ T “

Beban truk “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Pembebanan truk “T” terdiri dari kendaraan truk semi trailer yang mempunyai susunan dan berat as seperti pada gambar 2.7 BMS 1992 Bag.2 Beban Jembatan hal.27



Gambar 2.3 Beban Truk

Berat dari masing-masing as disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bias diubah-ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. (Sumber: BMS 1992 Bag.2 Beban Jembatan hal.27)

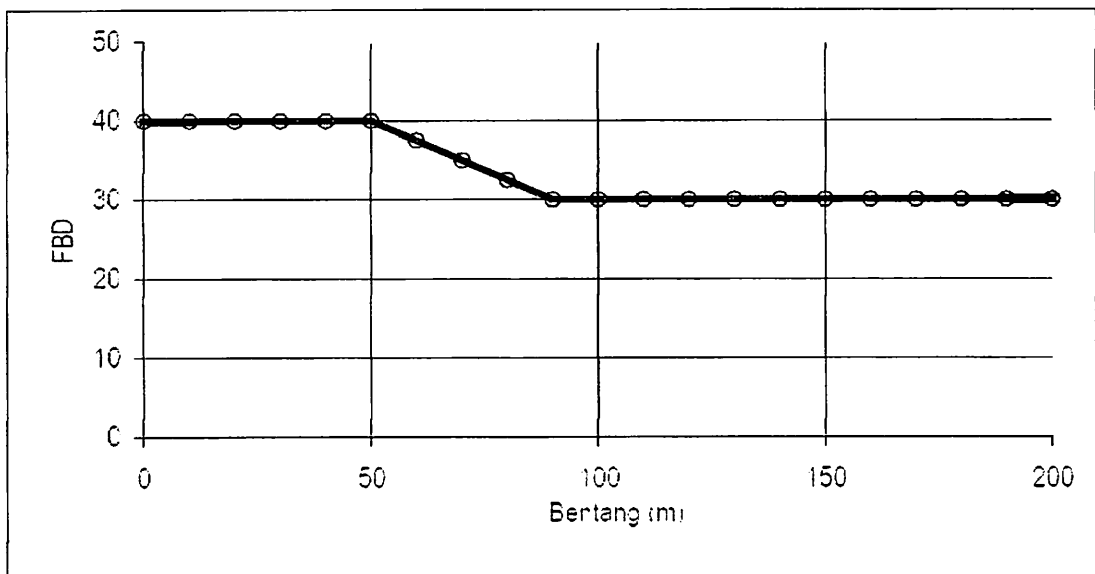
2.3.2.3. Faktor Beban Dinamis

Faktor beban dinamis (Dynamic Load Allowance / DLA) merupakan interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Besarnya KEL dari pembebanan lajur “ D “ dan beban roda dari

pembebanan truk “ T “ harus dengan harga KEL yang cukup untuk memberikan terjadinya interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. (BMS 1992 Bag.2 Beban Jembatan hal.28)

Untuk pembebanan “ D “: DLA merupakan fungsi dari panjang bentang ekivalen seperti dalam gambar yang tercantum pada BMS 1992 Bag.2 Beban Jembatan hal.29, Gambar 2.8 Untuk bentang tunggal panjang bentang diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya.

Untuk bentang menerus panjang bentang ekivalen LF diberikan dengan rumus : $L_{LF} = \sqrt{L_{DL} \cdot L_{max}}$ (Sumber: BMS 1992 Bag.2 Beban Jembatan hal.28-29). Untuk pembebanan truk “ T “ : DLA diambil 0,3.

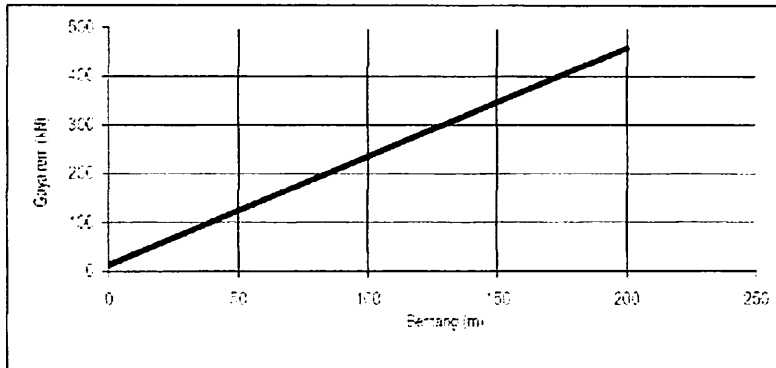


Gambar 2.4 Diagram FBD

2.3.2.4. Gaya Rem

Pengaruh percepatan dan pengereman dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang, dan dianggap

bekerja pada permukaan lantai jembatan. Tanpa melihat berapa besarnya lebar bangunan, gaya memanjang yang bekerja harus diambil dari Gambar 2.9 BMS 1992 Bag.2 Beban Jembatan hal.30-31



Gambar 2.5 Diagram gaya rem

2.3.2.5. Pembebanan Untuk Pejalan Kaki

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyeberangan yang langsung memikul pejalan kaki direncanakan untuk beban nominal 5 kPa. (Sumber: BMS 1992 Bag.2 Beban Jembatan hal.32)

2.3.3. Aksi Lingkungan

2.3.3.1. Beban Angin

Gaya nominal ultimate dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana : $T_{EW} = 0,0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times Ab$ (BMS 1992 Bag.2 Beban Jembatan hal.43)

Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas jembatan, beban garis merata tambahan arah horizontal diterapkan pada permukaan lantai : $T_{EW} = 0.0012C_w(V_w)^2 Ab$ (Sumber: BMS 1992 Bag.2 Beb.Jembatan hal.44)

2.4. Pengertian Dasar Beton Prategang

2.4.1. Sistem Prategang

Sistem prategang atau pratekan didefinisikan sebagai suatu sistem struktur beton khusus dengan cara memberikan tegangan awal tertentu pada komponen struktur sebelum digunakan untuk menahan beban luar sesuai dengan yang diinginkan.

Girder didesain dengan system prategang penuh yang berarti komponen struktur didesain pada beban kerja tidak terjadi tegangan tarik.

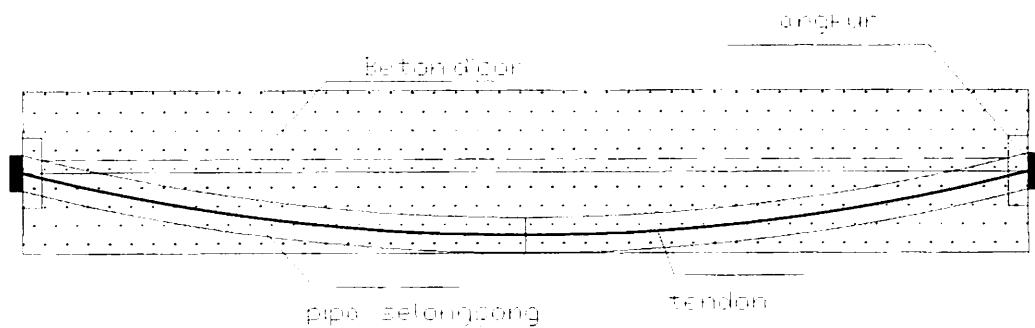
2.4.2. Sistem Penegangan Tendon

Sistem penegangan tendon yang akan dipakai adalah system post-tension (pasca tarik) mekanik dengan bantuan dongkrak. Pasca tarik didefinisikan sebagai cara memberikan prategang pada beton, dimana tendon baru ditarik setelah beton dicetak terlebih dahulu dan mempunyai cukup kekerasan untuk menahan tegangan sesuai dengan yang diinginkan. Tendon dapat ditempatkan dalam posisi seperti profil yang telah ditentukan kemudian baru dicor dalam beton. Lekatan antara beton dan kabel baja dihindarkan dengan menyelubungi baja dengan membuat saluran atau memasang pipa selongsong untuk tempat kabel. Pada system post-tension mekanik, dongkrak digunakan untuk menarik baja strand dengan reaksi yang bekerja melawan beton yang telah mengeras. Penggunaan dongkrak hidrolik bertujuan memberikan kemudahan pengoperasian alat dengan kapasitas yang besar.

Penggunaan system post-tension dipilih karena pertimbangan :

- Keterbatasan lahan untuk menjadi lokasi pencetakan girder.

- Dibutuhkan bentuk tendon yang melengkung.
Pengerjaan stresing dengan cara pre-tension akan sulit untuk membentuk tendon yang melengkung.
- Dengan panjang bentang 60.6 m, penggunaan system pre-tension akan mahal dalam hal begisting.
- Kemudahan pelaksanaan.



Gambar 2.5 Penarikan pasca tarik

2.5. Metode Pelaksanaan

Dalam pelaksanaannya pemasangan beton pracetak box girder menggunakan metode launching girder. Launching girder merupakan cara/metode yang biasa dilakukan untuk menempatkan beton pracetak pada bentang jembatan dengan system kerjanya adalah dimana setelah seluruh segmen dirangkai baru dilakukan stressing. Elemen balok pracetak lalu diturunkan, sehingga balok pracetak berada di atas tumpuan dan sebagian berat elemen balok pracetak ditransfer ke pier sesuai dengan rencana. Setelah pekerjaan pada bentang pertama selesai lalu launching girder dipindahkan ke bentang berikutnya.

Metode launching girder dipilih karena mempunyai kesamaan karakter dengan penumpuan pada dua tumpuan sederhana sendi roll. Adapun keuntungan dari

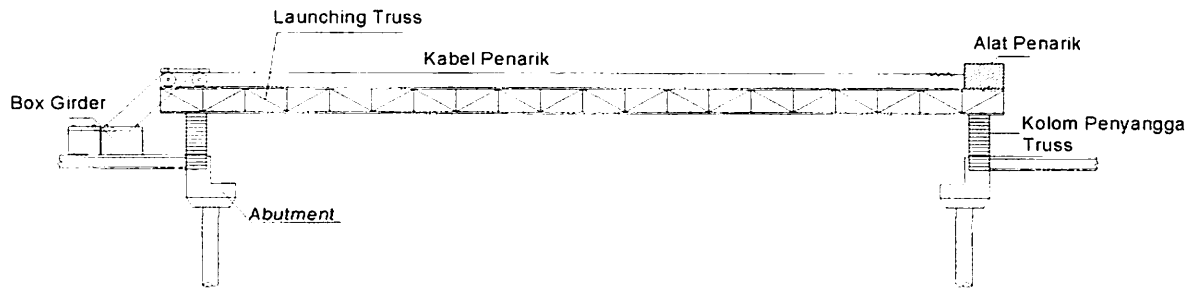
metode ini adalah waktu pelaksanaannya dapat dipersingkat karena ketergantungan satu sama lain sangat sedikit. Metode pelaksanaan ini sangat sesuai untuk proyek-proyek dengan balok berat dengan bentang panjang serta yang terdiri dari banyak bentang.

Adapun langkah-langkah dalam perencanaan di lapangan adalah sebagai berikut :

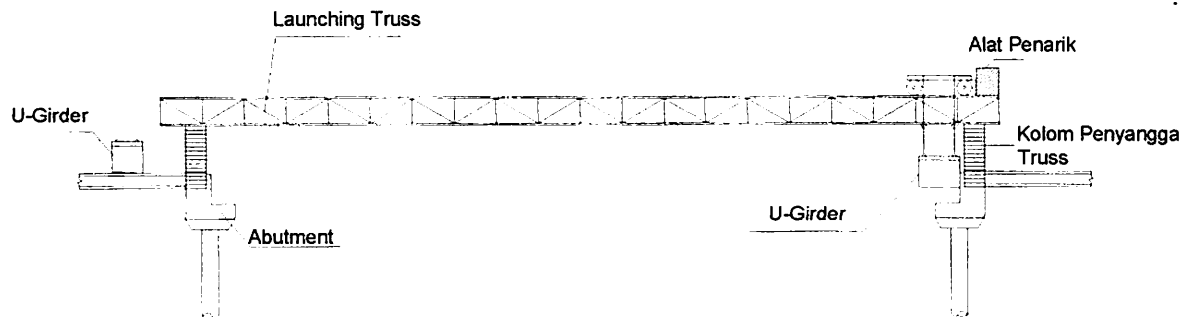
- Balok U-girder bersegmen dicetak dipabrik.
- Elemen-elemen pracetak tersebut diangkut ke lokasi jembatan menggunakan alat transportasi khusus untuk pengangkutan.
- Segmen beton pracetak diangkut satu persatu menggunakan launcher truss.
- Balok disambung/dirangkai menjadi satu bagian yang utuh.
- Dilakukan penarikan tendon menggunakan system post-tension.
- Menempatkan rangkaian elemen balok pada tumpuan/abutment.

Berikut adalah gambaran metode pelaksanaan erektion U-girder yang terdiri dari 4 langkah

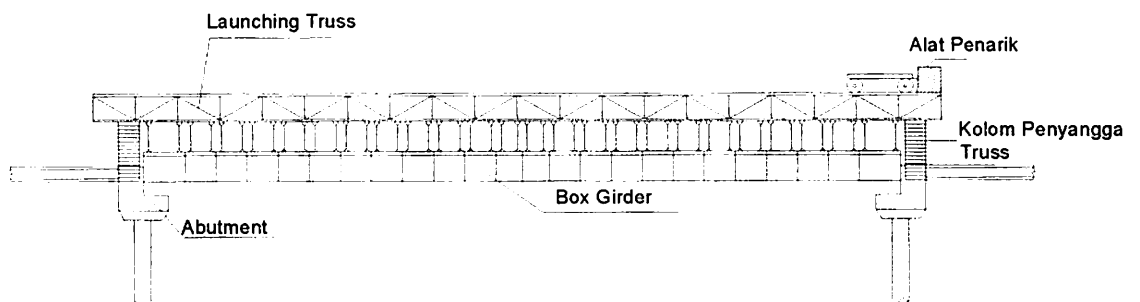
Gambar 2.6 Metode pelaksanaan



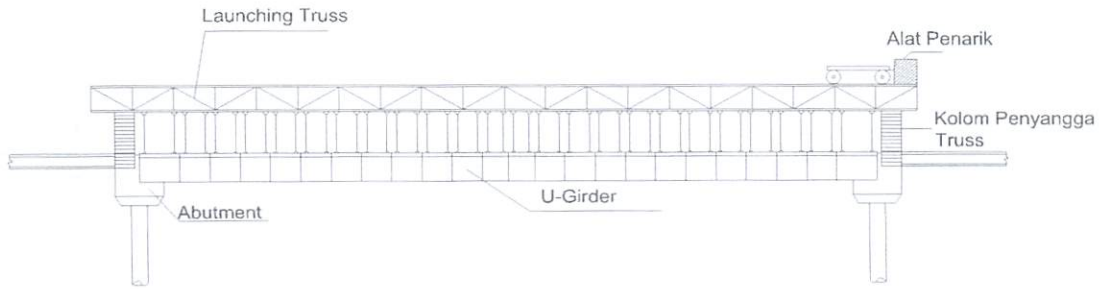
Tahap 1 : Pengangkatan U-girder dari bagian samping jembatan.



Tahap 2 : U-girder diluncurkan ke launching truss



Tahap 3 : Semua elemen balok digantung pada truss, kemudian dilakukan penarikan tendon.



Tahap 4 : U-girder diturunkan ke atas tumpuan.

2.6. Analisa Prategang dan Tegangan Lentur

2.6.1. Asumsi Dasar

Analisa tegangan yang timbul pada suatu elemen struktur beton prategang didasarkan atas asumsi – asumsi sebagai berikut :

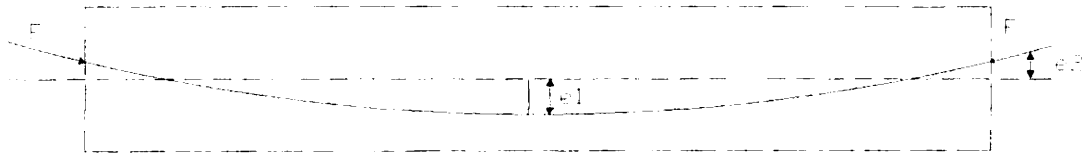
- Beton adalah suatu material yang elastis serta homogen.
- Di dalam batas – batas tegangan kerja, baik beton maupun baja berperilaku elastis tidak dapat menahan rangkai yang kecil yang terjadi pada kedua material tersebut pada pembebanan terus menerus.
- Suatu potongan dasar sebelum melentur dianggap tetap datar meskipun sudah mengalami lenturan, yang menyatakan suatu distribusi regangan linier pada keseluruhan tinggi batang.

MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

2.6.2. Analisa Prategang

Tegangan yang disebabkan prategang saja umumnya merupakan kombinasi yang disebabkan oleh aksi beban langsung dan lenturan yang dihasilkan oleh beban yang ditempatkan secara eksentris. Tegangan pada beton dievaluasi dengan memakai hubungan untuk tegangan kombinasi yang dipakai dalam hal kolom. Jika tendon ditempatkan secara eksentris terhadap titik berat

penampang beton, resultan gaya tekan F pada beton bekerja pada titik berat tendon yang berjarak e dari titik berat tendon akibat gaya eksentrisitas beton dibebani oleh momen dari beban luar.



Gambar 2.7 Profil tendon parabolis

2.7. Tegangan Ijin

2.7.1. Tegangan Ijin Beton Prategang

Tegangan ijin beton ditujukan untuk pemeriksaan kemampuan layanan struktur. Tegangan ijin tidak menjamin kecukupan kekuatan struktur, yang harus dicek kesesuaiannya dengan persyaratan lain dalam tata cara lain. Tegangan yang diijinkan untuk beton prategang sesuai SNI 03-2847-2002, Pasal 20.4.

2.7.2. Tegangan Ijin Tendon Prategang

Tegangan yang diijinkan untuk tendon prategang sesuai dengan SNI 03-2847-2002, Pasal 20.5.

2.7.3. Daerah Aman dan Tata Letak Tendon

Untuk memperoleh daerah batas garis c.g.s, pertama-tama memetakan garis kern atas dan bawah balok, garis k_a dan k_b . Jika tidak boleh terjadi tegangan tarik pada beton, satu garis batas diperoleh dengan memetakan dari

setiap garis kern eksentrisitas (e) yang diijinkan : $e = \frac{M}{F}$. Tata letak tendon

dalam suatu gelagar perlu diperhitungkan dan direncanakan penempatannya agar dapat mencapai suatu konstruksi yang efektif dan efisien dalam penggunaan tendon.

Urutan penentuan letak daerah inti suatu gelagar adalah :

- Menentukan letak c.g.c beton precast :

$$\bullet \quad y_b = \frac{\sum A_p xy}{\sum A_p} \quad \& \quad y_a = h - y_b$$

- Menentukan daerah aman beton precast :

$$\bullet \quad i_p^2 = \frac{\sum I_p}{\sum A_p} \quad \& \quad k_a = \frac{i_p^2}{y_b}$$

$$k_b = \frac{i_p^2}{y_a}$$

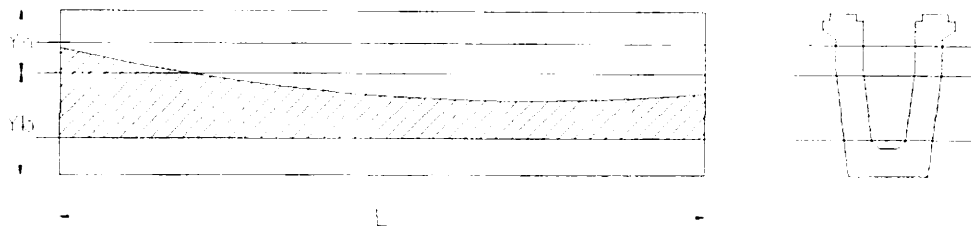
- Menentukan a (koordinat daerah aman tendon) :

- Keadaan awal : $a_1 = \frac{M_0}{F_0}$

- Keadaan setelah kehilangan tegangan : $a_2 = \frac{M_0}{F}$

- Keadaan setelah beban luar bekerja tanpa angin : $a_3 = \frac{M_D}{F}$

- Keadaan setelah beban luar bekerja dengan angin : $a_4 = \frac{M_T}{F}$



Gambar 2.8 Daerah aman tendon

2.8. Kontrol

2.8.1. Kontrol Kehilangan Tegangan

Tegangan pada tendon beton prategang secara bertahap seiring dengan waktu. Total pengurangan tegangan ini disebut kehilangan prategang total. Kehilangan prategang total ini adalah faktor utama yang mengganggu perkembangan awal beton prategang. (Sumber : Bambang Supriyadi, " Jembatan ", hal108)

Kehilangan tegangan prategang antara lain akibat :

Kehilangan Gaya Prategang Akibat Deformasi Elastisitas Beton (ES)

Pada saat gaya prategang dialihkan ke beton, komponen struktur akan memendek dan baja prategang ikut memendek bersamanya. Jadi ada kehilangan gaya prategang pada baja. (T.Y Lin & Ned H. Burns,"Desain Struktur Beton Prategang", Edisi ketiga, Jilid I hal 98)

Kehilangan Gaya Prategang Akibat Rangkak Beton (CR)

Tegangan rangkak dan kehilangan tegangan hanya terjadi akibat beban yang terus menerus selama riwayat pembebanan suatu elemen struktural. Balok memberikan respons yang elastic terhadap gaya

prategang pada saat peralihan, tetapi rangkai pada beton akan terjadi untuk jangka waktu yang lama akibat beban yang terus menerus bekerja. (T.Y Lin & Ned H. Burns, "Desain Struktur Beton Prategang", Edisi ketiga, Jilid I hal 107)

Kehilangan Gaya Prategang Akibat Susut Beton (SH)

Susut beton pada batang prategang mengakibatkan perpendekan kawat – kawat yang ditarik dan dengan demikian ikut menyebabkan kehilangan tegangan.

(T.Y Lin & Ned H. Burns, "Desain Struktur Beton Prategang", Edisi ketiga, Jilid I hal 108)

Kehilangan Gaya Prategang Akibat Relaksasi Baja (RE)

Perpanjangan yang konstan dan dijaga tetap suatu selang waktu memperlihatkan gaya prategang akan berkurang secara perlahan – lahan. Besarnya kehilangan tegangan akibat relaksasi baja adalah sebagai berikut : (T.Y Lin & Ned H. Burns, "Desain Struktur Beton Prategang", Edisi ketiga, Jilid I hal 109)

Kehilangan Gaya Prategang Total

Besarnya kehilangan gaya prategang dapat dinyatakan dalam empat cara yaitu : dalam regangan satuan, dalam regangan total, dalam tegangan satuan dan dalam prosentase prategang. Memang sulit untuk menyamaratakan jumlah kehilangan gaya prategang, karena hal tersebut tergantung dari banyak faktor, sifat beton dan baja, perawatan dan kelembaban, besar dan waktu penggunaan gaya prategang, dan proses prategang. Untuk sifat baja dan beton rata – rata yang dirawat

dalam kondisi udara rata – rata, persentase yang ditabelkan ini dapat diambil sebagai kehilangan gaya prategang rata – rata.

(T.Y Lin & Ned H. Burns, "Desain Struktur Beton Prategang", Edisi ketiga, Jilid I ha 126)

Tabel 2.1 Rata-rata kehilangan gaya prategang

	Pratarik %	Pasca-tarik %
Perpendekan elastik dan lenturan balok	4	1
Rangkak beton	6	5
Susut beton	7	6
Relaksasi baja	8	8
Kehilangan total	25	20

Sumber : T.Y Lin & Ned H. Burns, "Desain Struktur Beton Prategang", Edisi ketiga, Jilid I hal 126

Total kehilangan tegangan prategang yang diperhitungkan untuk desain adalah:

$$TL = ES + CR + SH + RE$$

Dimana :

ES = kehilangan tegangan akibat perpendekan elastis beton

CR = kehilangan tegangan akibat rangkakan beton

SH = kehilangan tegangan akibat susut beton

RE = kehilangan tegangan akibat relaksasi baja

2.8.2. Kontrol Tegangan Yang Terjadi

Analisa tegangan dilakukan dengan cara menguraikan gaya – gaya yang bekerja pada penampang. Analisa – analisa tegangan dapat digunakan sebagai dasar untuk memperoleh tegangan total pada bagian tengah bentang sesuai dengan kondisinya, yaitu :

$$f_{a,b} = -\frac{F_0}{A} \pm \frac{F_0 \times e \times y}{I_g} \pm \frac{M_G \times y}{I_g}$$

- Pada kondisi awal :

$$f_{a,b} = -\frac{F}{A} \pm \frac{F \times e \times y}{I_g} \pm \frac{M_G \times y}{I_g}$$

- Setelah kehilangan gaya prategang :

$$f_{a,b} = -\frac{F}{A'} \pm \frac{F \times e \times y}{I_g} \pm \frac{M_L \times y}{I_g}$$

- Setelah beban hidup bekerja :

Tegangan batas yang diperkenankan :

- Pada kondisi awal

$$f = 0,6 \times \sqrt{f'c} \text{ (tekan)} \quad \& \quad f = \frac{1}{4} \times \sqrt{f'c} \text{ (tarik)}$$

- Pada kondisi akhir

$$f = 0,45 \times \sqrt{f'c} \text{ (tekan)} \quad \& \quad f = \frac{1}{2} \times \sqrt{f'c} \text{ (tarik)}$$

2.8.3. Kontrol Lendutan

Menurut berbagai peraturan Nasional, umumnya batang beton structural harus didesain agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan yang dapat berpengaruh merugikan terhadap kekuatan atau kemampuan fungsi struktur pada beban kerja. Untuk suatu perkiraan lendutan yang cukup akurat,

berbagai factor yang mempengaruhi lendutan harus dipertimbangkan. (Raju, N. Krisna, Beton Prategang (edisi kedua), Erlangga. 1993. hal 88)

2.8.3.1. Faktor – faktor Yang Mempengaruhi Lendutan

Faktor yang mempengaruhi terjadinya lendutan pada struktur beton prategang adalah: Beban terpasang dan berat sendiri, besarnya gaya prategang, profil kabel, momen inersia potongan melintang, modulus elastisitas beton, terjadinya susut, rangkai, dan relaksasi tegangan baja, bentangan batang yang bersangkutan, kondisi penjepitan.

(Raju, N. Krisna, Beton Prategang (edisi kedua), Erlangga. 1993. hal 89)

2.8.3.2. Perhitungan Lendutan

Lendutan Jangka Pendek

Lendutan jangka pendek atau seketika pada batang prategang ditentukan oleh distribusi momen lentur sepanjang batang dan tegangan lentur batang yang bersangkutan.. Lendutan jangka pendek disebabkan karena akibat gaya prategang, berat sendiri, akibat beban terpusat, akibat beban mati dan akibat beban hidup.

Lendutan Jangka Panjang

Deformasi batang prategang berubah menurut waktu sebagai akibat dari rangkai dan susut beton serta relaksasi tegangan pada baja. Lendutan batang prategang dapat dihitung relatif terhadap suatu datum yang ditentukan, kalau besar dan distribusi longitudinal kelengkungan untuk bentang balok tersebut diketahui untuk saat yang berdasarkan atas riwayat pembebanan, meliputi gaya prategang dan beban hidup.

Batang beton prategang menimbulkan deformasi di bawah dua pengaruh yang biasanya bertentangan, yaitu perubahan kelengkungan disebabkan oleh prategang (ϕ_{pt}) dan perubahan kelengkungan disebabkan oleh beban transversal beton transversal (ϕ_{mt}). Kelengkungan atau netto pada suatu penampang pada setiap tahap tertentu adalah : $\phi_t = \phi_{mt} + \phi_{pt}$ (Raju, N. Krisna, Beton Prategang (edisi kedua), Erlangga, 1993, hal 97)

2.9. Perencanaan Tulangan Non-Prategang

2.9.1. Perencanaan Tulangan Geser

Perencanaan penampang terhadap geser : (SNI 03-2847-2002 Pasal 13.1)

$$\phi V_n \geq V_u$$

Perhitungan gaya geser terfaktor maksimum V_u pada tumpuan sesuai dengan SNI 03-2847-2002 Pasal 13.1.3.

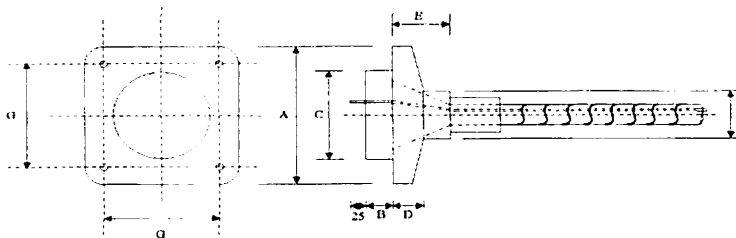
Kuat geser yang disumbangkan beton pada komponen struktur prategang dapat dihitung berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 13.4.

Bilamana gaya geser harus ditahan oleh tulangan geser, maka batas spasi, luas tulangan minimum, persyaratan dan perencanaan harus mengikuti ketentuan pada (SNI 03-2847-2002 Pasal 13.5)

2.10. End Block (Balok Ujung)

2.10.1. Tendon Dan Angkur

Tendon terdiri dari untaian kawat (strand), kabel, atau batang – batang baja (bar) yang terbuat dari jenis baja bermutu tinggi, dimana baja tersebut banyak mengandung karbon yang sangat tinggi dan digulung dalam keadaan panas menjadi batang – batang dan ditarik dalam proses dingin guna memperkecil diameter serta memperbesar kekuatan tariknya. Pada keadaan normal pemakaian angkur hidup VSL (Vorspann System Losinger) tipe S telah diganti oleh tipe Sc, karena angkur tipe ini dibuat secara rakitan dan sangat populer karena bentuknya sangat sederhana dan dibuat dari baja cor, angkur tipe Sc lebih mudah disesuaikan dengan tempat yang tersedia.



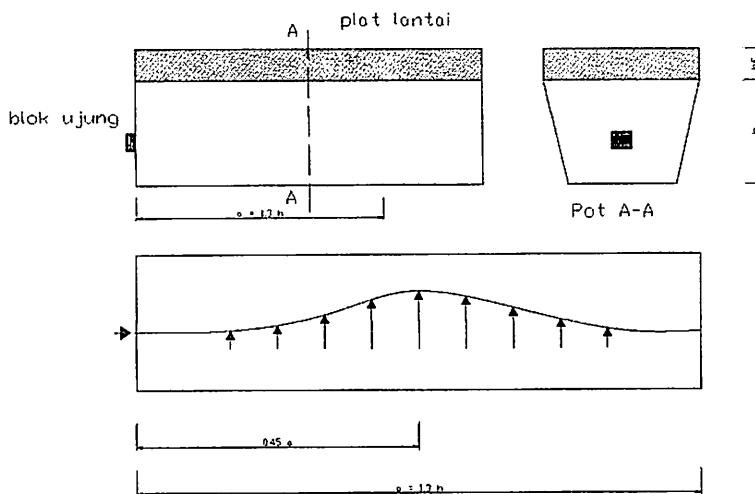
Gambar 2.8 Angker hidup VSL tipe SC

Pada hampir semua batang pasca tarik, kawat-kawat prategang yang dipasang didalam selongsong (yang telah dipasang terlebih dahulu dalam beton) ditegangkan dan kemudian diangkur pada ujungnya atau disebut dengan blok ujung.

Perencanaan end block dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

2.10.1.1. Perencanaan tulangan akibat momen pecah ledak (Mpl)

Dalam perencanaan blok ujung sesuai dengan besarnya gaya prategang efektif yang diberikan, dan jumlah tendon yang terpasang, maka gaya tarik yang terjadi pada blok ujung adalah perbandingan antara gaya prategang efektif dengan jumlah tendon.



Gambar 2.9 Tegangan pada blok ujung

Dimana:

a = 1.3 x h (panjang blok ujung)

0.45 a = jarak maksimum tegangan yang menyebabkan pecah ledak

Jika pada blok ujung diberikan gaya prategang awal = F_0 dan luas penampang ujung = A , maka gaya tarik (N) untuk tiap tendon :

$$N = \frac{F_0}{\text{jumlah tendon}}$$

- Momen oleh gaya tarik pada angkur (N) terhadap titik berat : $M = \Sigma (N \times y)$

$$f_{ba} = -\frac{\sum N}{A_p} + \frac{M x y_a}{I_p}$$

- Tegangan di tepi atas :

$$f_{bb} = -\frac{\sum N}{A_p} - \frac{M x y_a}{I_p}$$

- Tegangan di tepi bawah :

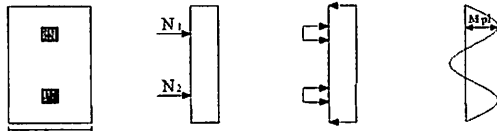
Diagram gaya per cm diperoleh dengan mengalikan $f'b$ dengan lebar

untuk penampang beton : $G = f'b \times b$

- Untuk diagram gaya pada angkur akibat gaya tarik pada angkur :

$$G' = \frac{N}{b'}$$

- Perhitungan momen pecah ledak terdapat pada pusat angkur, yang ditinjau dari gaya-gaya yang bekerja pada blok ujung dengan jarak antara pusat gaya dengan titik berat balok c.g.c.



Gambar 2.10 Diagram gaya pada blok ujung

- Penulangan pecah ledak

$$\text{Tegangan tarik dipusat angkur : } f_b = \frac{7.2 \times M_{pl}}{b \times a^2}$$

Standart Australia:

$$F_b \leq 0.17 \times \sqrt{f_{bk} \times f'_c} \text{ (Mpa)} \quad \& \quad f_b \leq 0.54 \times \sqrt{f_{bk} \times f'_c} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$f_{bk} = 0.75$$

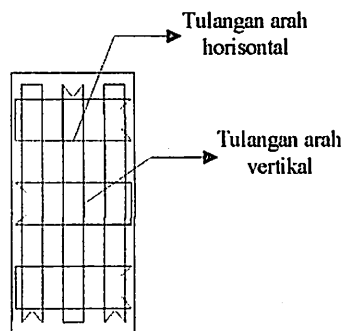
- Gaya tarik (T) untuk penulangan daerah pecah ledak :
$$T = \frac{2.6 \times M_{pl}}{a}$$

Dimana: M_{pl} = Momen pecah ledak

- Luas tulangan pecah ledak yang diperlukan akibat tarik:
$$A_{sp} = \frac{T}{f_y}$$

2.10.1.2. Perencanaan tulangan daerah angkur (Pecah Gumpal)

Penulangan untuk daerah angkur didesain untuk menahan tarikan memecah yang dapat menyebabkan lepas gumpal pada blok ujung. Sehingga untuk menghindari terjadinya pecah gumpal yang diakibatkan oleh karena adanya tegangan pada End Block, maka pada daerah yang terdapat tegangan harus diberikan tulangan anyaman, seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.11 Tulangan anyaman pada daerah angkur

- Tulangan arah vertikal :
$$F_{bst} = 0.3 \times F_0 \left(1 - \frac{Y_{po}}{Y_o} \right)^{0.58}$$

- Tulangan arah horisontal :
$$F_{bst} = 0.3 \times F_0 \left(1 - \frac{x_{po}}{x_o} \right)^{0.58}$$

Dimana : F_0 = Gaya prategang awal (N)

y_{po} = Tinggi plat angkur (cm)

y_o = Tinggi balok ekivalen (cm)

x_{po} = Lebar plat angkur (cm)

x_o = Lebar balok ekivalen (cm)

BAB III

DATA PERENCANAAN

3.1. Data Teknis Perencanaan Jembatan

Data perencanaan struktur atas Jembatan Gadang - Bumiayu :

1. Jembatan

- Panjang jembatan : 32 m
- Lebar total jembatan : 9 meter (termasuk trotoir)
- Lebar lantai kendaraan : 7,0 m
- Kelas jalan : Kelas I
- Jumlah lajur : 2 jalur

2. Sandaran (Hand Rail)

- Jenis konstruksi : Beton bertulang
- Pipa sandaran : Pipa baja diameter 48,6 mm

3. Lantai kendaraan dan trotoir

- Tebal perkerasan : 0,07 m
- Lebar trotoir : 2 x 1,0 meter
- Tebal trotoir : 0,25 m

4. Gelagar induk

- Jenis konstruksi : Beton prategang
- Jenis prategang : Sistem prategang penuh
- Jenis tendon : VSL dengan angkur hidup
- Pelaksanaan : Pre-cast (balok girder)

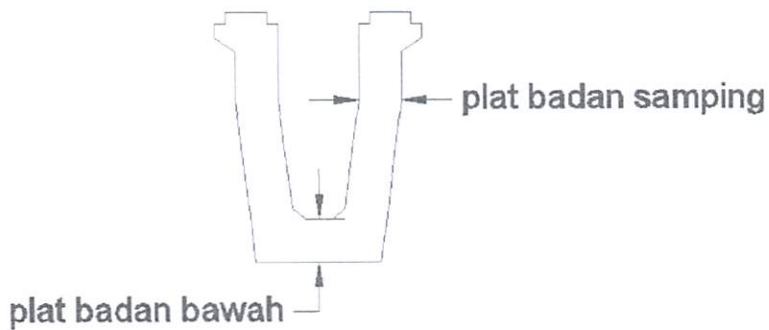
5. Nilai berat jenis

- Berat jenis air : 1000 kg/m³

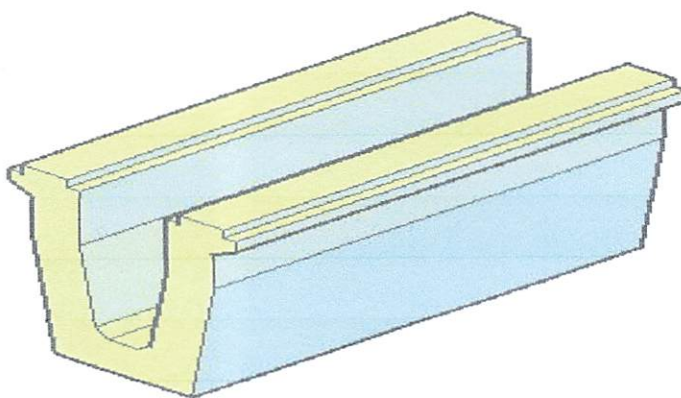
- Berat jenis beton bertulang : 2400 kg/m³
- Berat jenis beton prategang : 2500 kg/m³
- Berat jenis aspal : 2200 kg/m³
- Berat jenis baja : 7850 kg/m³

6. Mutu bahan

- Mutu beton prategang : 60 Mpa
- Mutu beton konvensional : 35 Mpa
- Mutu baja tulangan : 320 Mpa



Gambar 3.1 Penampang melintang U-girder



Gambar 3.2 Penampang memanjang U-girder

3.2. Tegangan yang diijinkan

3.2.1. Tegangan Ijin Beton Prategang

Tegangan ijin beton prategang berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 20.4, hal 175 yaitu :

$$f'c = 60 \text{ Mpa}$$

$$= 600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (mutu beton prategang)}$$

3.2.1.1. Tegangan beton pada saat awal, sebelum kehilangan gaya prategang

- Tegangan tekan pada serat terluar

$$\overline{f'c} = 0.6 \times f'c$$

$$= 0.6 \times 60 = 36 \text{ Mpa}$$

- Tegangan tarik pada serat terluar

$$\overline{f'c} = \frac{1}{4} \times \sqrt{f'c}$$

$$= \frac{1}{4} \times \sqrt{60} = 1.936 \text{ Mpa}$$

3.2.1.2. Tegangan beton pada saat akhir, setelah kehilangan gaya prategang

- Tegangan tekan pada serat terluar

$$\overline{f'c} = 0.45 \times f'c = 0.45 \times 60 = 27 \text{ Mpa}$$

- Tegangan tarik pada serat terluar

$$\begin{aligned} \overline{f_c} &= \frac{1}{2} \times \sqrt{f'c} \\ &= \frac{1}{2} \times \sqrt{60} = 3.873 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Mutu beton saat penegangan

$$\begin{aligned} f'ci &= 0.85 \times f'c \\ &= 0.85 \times 60 = 51 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

3.2.1.3. Modulus elastisitas beton SNI 03-2847-2002 pasal 10.5 hal 54, yaitu :

- Beton prategang $f'c = 60 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} E_c &= (w_c)^{1.5} \times 0,043 \times \sqrt{f'c} \\ &= (2500)^{1.5} \times 0,043 \times \sqrt{60} \\ &= 41634.571 \text{ Mpa} = 416345.71 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

- Beton konvensional $f'c = 30 \text{ Mpa}$

$$\begin{aligned} E_c &= 4700 \times \sqrt{f'c} \\ &= 4700 \times \sqrt{30} \\ &= 27805.575 \text{ Mpa} = 278055.75 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Dimana :

E_c = modulus elastisitas prategang (Mpa)

E_c' = modulus elastisitas konvensional (Mpa)

f'_c = mutu beton prategang = 60 Mpa

= mutu beton bertulang = 35 Mpa

Nilai w_c = 1500 kg/m³ dan 2500 kg/m³

3.2.2. Tegangan Ijin Baja Prategang

3.2.2.1. Digunakan tendon standart ASTM A-416 VSL 7 (Seven Wire Strand), table VSL

Diameter nominal = 12.50 mm

Luas tampang nominal = 98.70 mm²

Beban putus minimum = 18.75 ton

= 18750 kg = 187500 N

Beban leleh (10%) = 18750 x 0.9

= 16875 kg = 168750 N

- Tegangan putus minimum (f_{pu}) atau (σ_{au})

$$f_{pu} = \frac{\text{beban putus min}}{\text{luas tampang total}}$$

$$= 187500/98.7 = 1899.696 \text{ Mpa}$$

$$= 1899.696 \text{ N/mm}^2$$

- Tegangan leleh (f_{py})

$$\begin{aligned} f_{py} &= 168750/98.7 \\ &= 1709.726 \text{ Mpa} &= 1709.726 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

- Modulus elastisitas (E_c)

$$E_c = 2.0 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 = 2000000 \text{ Mpa}$$

3.2.2.2. Berdasarkan SNI 03-2847-2002 pasal 20.5, hal 175, tegangan tarik dalam tendon prategang tidak boleh melampaui nilai – nilai sebagai berikut :

- Tegangan pada tendon prategang akibat gaya pengangkutan tendon

$$\begin{aligned} f_p &= 0.94 \times f_{py} \\ &= 0.94 \times 1709.726 &= 1607.142 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Tetapi tidak boleh lebih besar dari

$$\begin{aligned} f_p &= 0.80 \times f_{pu} \\ &= 0.80 \times 1899.696 &= 1519.757 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Sesaat setelah penyaluran gaya prategang

$$\begin{aligned} f_p &= 0.82 \times f_{py} \\ &= 0.82 \times 1709.726 &= 1401.975 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

- Tetapi tidak boleh lebih besar dari

$$f_p = 0.74 \times f_{pu}$$

$$= 0.74 \times 1899.696 = 1405.775 \text{ Mpa}$$

- Tendon pasca tarik, pada daerah ankur dan sambungan, sesaat setelah penyaluran gaya

$$f_p = 0.70 \times f_{pu}$$

$$= 0.70 \times 1899.696 = 1329.787 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat total beban mati ultimate trotoir } qd^u &= 124.8 + 780 \\ &= 904.8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

Beban Hidup :

Semua elemen dari trotoir atau jembatan penyeberangan yang langsung memikul pejalan kaki, harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa = 500 kg/m². Jembatan pejalan kaki dan trotoir pada jembatan jalan raya harus direncanakan untuk memikul beban per m² dari luas yang dibebani seluruhnya.

(BMS' 92, Bagian 2, Beban Jembatan, Hal 2-32)

Beban pejalan kaki = berat pejalan kaki x pias 1 meter

$$= 500 \times 1,0 = 500 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban ultimate } (ql^u) = 500 \times 2 = 1000 \text{ kg/m}$$

4.1.1.2. Perencanaan Kerb

Beban lain pada trotoir harus direncanakan untuk menahan beban rencana ultimate sebesar 15 kN/m = 1500 kg/m yang bekerja secara horizontal sepanjang bagian atas trotoir.

(BMS' 92, Bagian 2, Beban Jembatan, Hal 2-67)

4.1.1.3. Sandaran

Sandaran direncanakan menumpu pada tiang sandaran dengan bentang 2 meter, yang di rencanakan menahan beban merata vertikal sebesar 0.75 kN/m. Tiang sandaran direncanakan menerima beban terpusat dari sandaran sebesar $w \times L$, yang bekerja horisontal pada ketinggian 1,00 meter dari

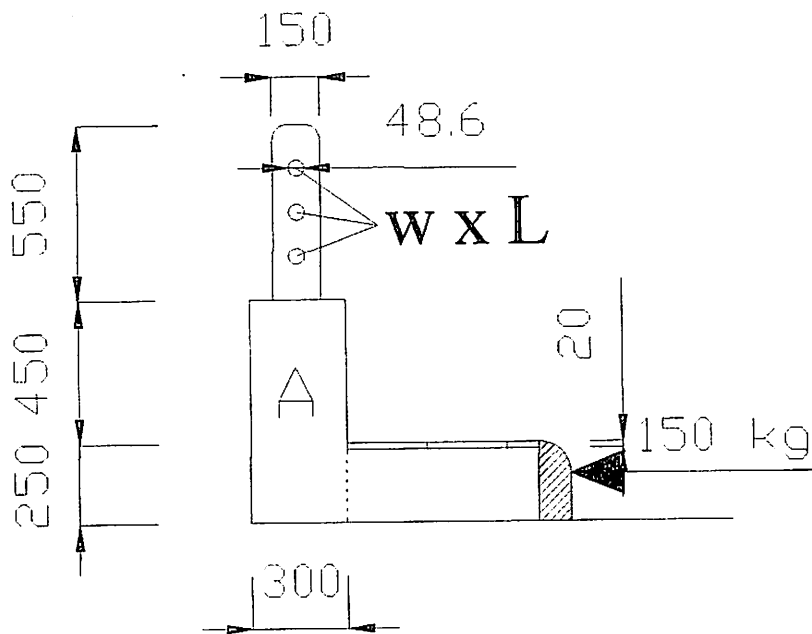
permukaan trotoir. Dimana sandaran direncanakan dengan penampang pipa bulat, data sebagai berikut :

D (diameter) = 48.6 mm

t (tebal) = 2.8 mm

q (berat) pipa baja = 3.16 kg/m

w (momen tahanan) = 4.36 cm³



Gambar 4.2 Perencanaan Sandaran

Pembebanan sandaran :

Luas penampang sandaran :

$$A = 70 \times 30 = 2100 \text{ cm}^2 = 0.210 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Berat sandaran (pd}_1) &= A \times \text{per 1m} \times \text{berat jenis} \\ &= 0.210 \times 1 \times 2400 = 504 \text{ kg} \end{aligned}$$

Beban ultimet (pd_1^u)	$= 1.3 \times 504$	$= 655.2 \text{ kg}$
Berat plat tiang sandaran (pd_2)	$= \text{luas plat} \times \text{tebal plat} \times \text{berat jenis baja}$	
	$= (0.15 \times 0.55) \times 0.02 \times 7850$	$= 12.9525$
		kg
Beban ultimet (pd_2^u)	$= 1.1 \times 12.9525$	$= 14.248 \text{ kg}$
Berat 3 pipa baja (pd_3)	$= 3 \times \text{berat sendiri pipa baja} \times \text{per 1 m}$	
	$= 3 \times 3.16 \times 1$	$= 9.480 \text{ kg}$
Beban ultimet (pd_3^u)	$= 1.1 \times 9.48$	$= 10.428 \text{ kg}$
Berat total tiang sandaran	$= (pd_1) + (pd_2) + (pd_3)$	
	$= 504 + 12.9525 + 9.480$	$= 526.4325 \text{ kg}$
Berat terfaktor (pd^u)	$= (pd_1^u) + (pd_2^u) + (pd_3^u)$	
	$= 655.2 + 14.248 + 10.428$	$= 679.876 \text{ kg}$
Beban hidup (pl)	$= w \times L$	$= 0.75 \times 1$
	$= 0.75 \text{ kN}$	$= 75 \text{ kg}$
Beban hidup ultimate (pl^u)	$= 2 \times 75$	$= 150 \text{ kg}$

4.1.1.4. Perhitungan Penulangan Sandaran, dan trotoir

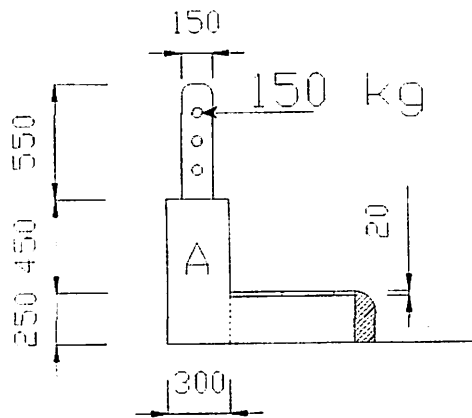
Beban terpusat yang diterima oleh masing – masing tiang sandaran

adalah : $p = 150 \text{ kg}$

$$\text{Momen} = p \times L$$

$$= 150 \times 1,0 = 150 \text{ kgm}$$

$$= 150 \times 10^4 \text{ Nmm}$$



Gambar 4.3 Gaya bekerja pada tiang sandaran

Data perencanaan :

$$f_c' = 35 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 300 \text{ Mpa}$$

Direncanakan menggunakan tulangan $\varnothing 16 \text{ mm}$

Apabila diambil tebal penutup beton 20 mm maka :

$$d = 300 - 20$$

$$= 280 \text{ mm}$$

$$M_u = 150 \text{ kgm} = 150 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{150 \times 10^4}{0,8} = 187,5 \times 10^4 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{187,5 \times 10^4}{1000 \times 280^2} = 0,023916 \text{ N/mm}^2$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} = \frac{320}{0,85 \times 35} = 10,756 \text{ N/mm}^2$$

Rasio penulangan keseimbangan (ρ_b):

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 35}{320} \times \frac{600}{600 + 320} = 0,05153 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\max} &= 0,75 \times \rho_b \\ &= 0,75 \times 0,05153 = 0,03865 \end{aligned}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{320} = 0,004375$$

Rasio penulangan perlu (ρ):

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{10,756} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10,756 \times 0,03865}{320}} \right) \\ &= 0,0001208 \end{aligned}$$

→ $\rho < \rho_{\min}$; maka digunakan $\rho_{\min} = 0,004375$

Sehingga :

$$A_s \text{ perlu} = \rho_{\min} \times b \times d$$

$$= 0,004375 \times 1000 \times 280 = 1225 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan D 16

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

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 200.960 \text{ mm}^2$$

Jarak tulangan :

$$S = \frac{b}{\frac{A_s \text{ perlu}}{A_s}} = \frac{1000}{\frac{1225}{200.960}} = 164.048 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm}$$

dipakai tulangan D 16 – 15 cm, *dimana :*

$$A_{s\text{ada}} = \frac{b}{S} \times A_s$$

$$= \frac{1000}{150} \times 200.960$$

$$= 1339.733 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} = 1225 \text{ mm}^2 \dots\dots \text{ok}$$

Tulangan bagi diambil 20 % dari $A_s \text{ perlu}$:

$$A_s \text{ bagi} = 20 \% \times 1225 = 245 \text{ mm}^2$$

dipakai tulangan D 10

$$\begin{aligned} A_s &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.5 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak tulangan :

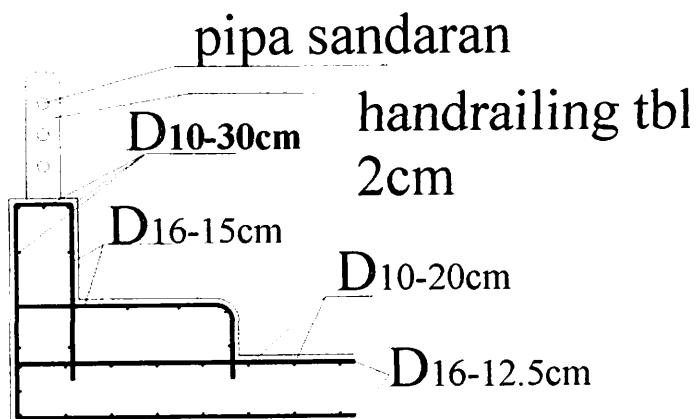
$$S = \frac{b}{\frac{A_{s_{\text{bagi}}}}{A_s}} = \frac{1000}{\frac{245}{78.5}} = 320.408 \text{ mm} \approx 300 \text{ mm}$$

dipakai tulangan tumpuan D 10 – 30 cm

dimana :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{ada}}} &= \frac{b}{S} \times A_s = \frac{1000}{300} \times 78.5 \\ &= 261.667 \text{ mm}^2 > A_{s_{\text{bagi}}} = 245 \text{ mm}^2 \dots\dots \text{ok} \end{aligned}$$

Penulangan trotoir dan kerb jadi satu dengan dinding sandaran, adapun perencanaan penulangan dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Penulangan trotoir & sandaran

4.2. Perencanaan Plat lantai kendaraan

Plat lantai kendaraan direncanakan dengan tebal 20 cm yang menumpu pada 6 tumpuan yang menerima beban mati dan beban terpusat.

4.2.1. Pembebanan Plat lantai kendaraan

Beban Mati

Plat Trotoir

1. Berat plat trotoir qdt_1 = tebal plat trotoir x per 1 m x bj beton
= $0.25 \times 1 \times 2400$ = 600 kg/m
Beban ultimate qdt_1^u = 1.3×600 = 812.5 kg/m
2. Beban tiang lampu jalan = 150 kg
Beban ultimate P_{dL} = 1.1×150 = 195 kg/m
3. Beban terpusat pd^u = 726.676 kg

Plat lantai kendaraan

1. Berat plat lantai kendaraan qd_1 = tebal plat x per 1 m x berat jenis beton
= $0.2 \times 1 \times 2400$ = 480 kg/m
Beban ultimate qd_1^u = $1.3 \times$ berat plat lantai kendaraan
= 1.3×480 = 624 kg/m
2. Berat Aspal qd_2 = tebal aspal x per 1 m x berat jenis aspal
= $0.07 \times 1 \times 2200$ = 154 kg/m
Beban ultimate qd_2^u = $1.2 \times$ berat aspal

$$= 1.2 \times 154 = 184.8 \text{ kg/m}$$

3. Berat air hujan $q d_3 = \text{tinggi air hujan} \times \text{per } 1 \text{ m} \times \text{bj. air}$

$$= 0.03 \times 1 \times 1000 = 30 \text{ kg/m}$$

Beban ultimate $q d_3^u = 1.2 \times \text{berat air hujan}$

$$= 1.2 \times 30 = 36 \text{ kg/m}$$

Beban Mati tambahan

1. Beban mati tambahan berupa pelapisan ulang lapisan aspal setebal 8 cm

Berat Aspal $q d_4 = \text{tebal aspal} \times \text{per } 1 \text{ m} \times \text{bj aspal}$

$$= 0.08 \times 1 \times 2200 = 176 \text{ kg/m}$$

Beban ultimate $q d_4^u = 2 \times \text{berat aspal}$

$$= 2 \times 176 = 352 \text{ kg/m}$$

Beban Hidup

Plat trotoir

1. Beban pejalan kaki $q l_1 = 500 \text{ kg/m}$

Beban ultimate $q l_1^u = 2 \times 500 = 1000 \text{ kg/m}$

2. Beban terpusat $p l^u = 150 \text{ kg}$

Plat lantai kendaraan

1. Faktor beban dinamis (DLA)

$$K = 1 + \text{DLA}$$

$$= 1 + 0.3$$

$$= 1.3$$

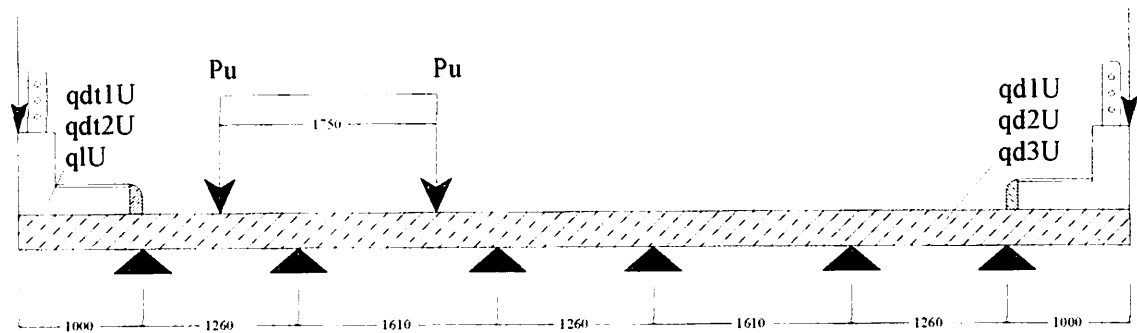
Faktor beban dinamis truk = 0.3 BMS 1992 bagian 2 hal. 2-29

2. Beban truk "T"

Beban truk "T" sebesar 10000 kg, maka tekanan satu roda adalah

$$P_u = T \times K \times \text{faktor beban}$$

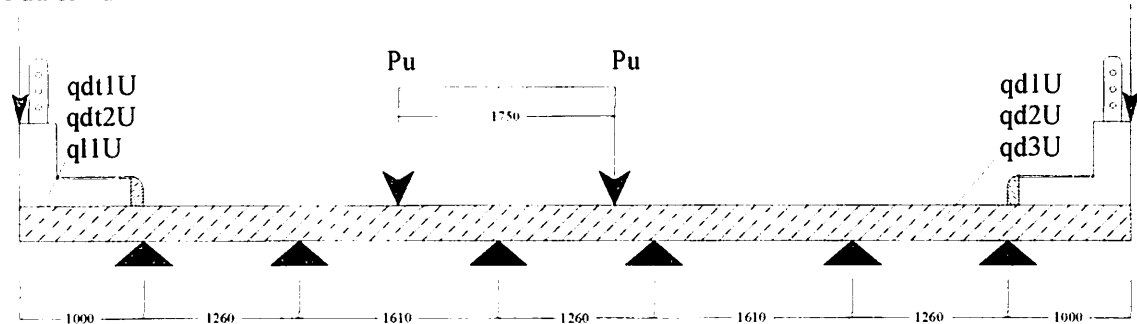
$$= 10000 \times 1.3 \times 2 = 26000 \text{ kg}$$



Pdu & PdL

SKEMA BEBAN 2

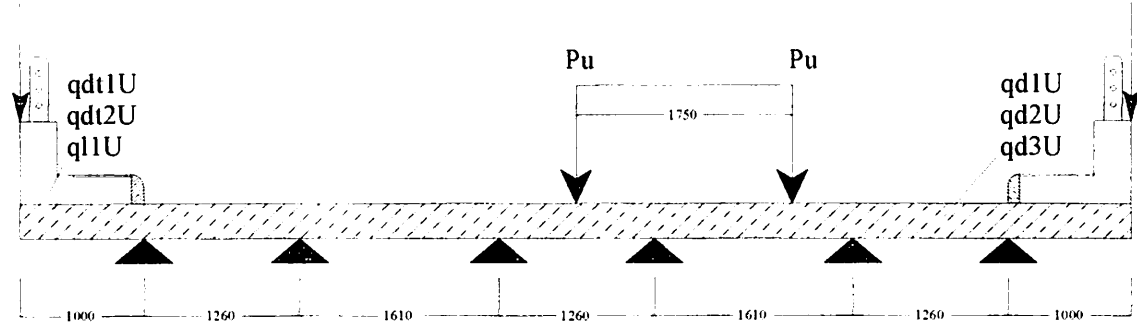
Pdu & PdL



Pdu & PdL

SKEMA BEBAN 3

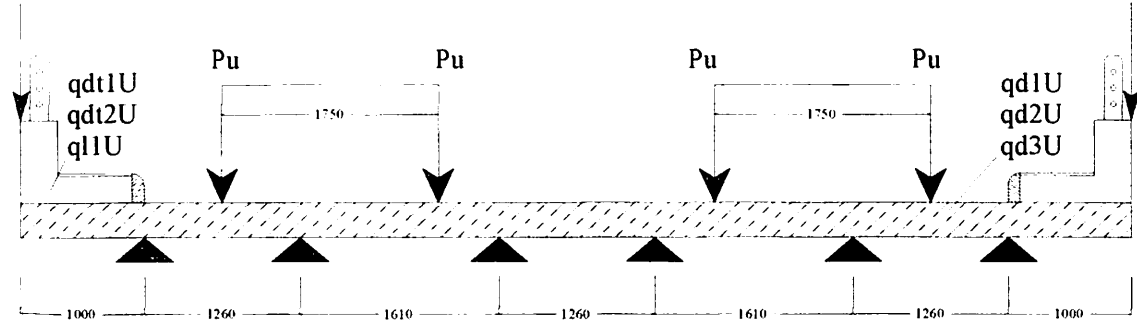
Pdu & PdL



Pdu & PdL

SKEMA BEBAN 4

Pdu & PdL



Gambar 4.5 Skema Beban T

4.2.2. Penulangan Plat lantai kendaraan

Hasil analisa statika dari skema pembebanan di atas diperoleh dengan menggunakan program bantu STAAD PRO 2004, hasilnya diperoleh :

$$M_{\max} \text{ tumpuan} = 50.216 \text{ kNm} = 50216 \text{ Nm} = 5.0216 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$M_{\max} \text{ lapangan} = 66.822 \text{ kNm} = 66822 \text{ Nm} = 6.6822 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$\text{Data perencanaan : } f_c = 35 \text{ Mpa}$$

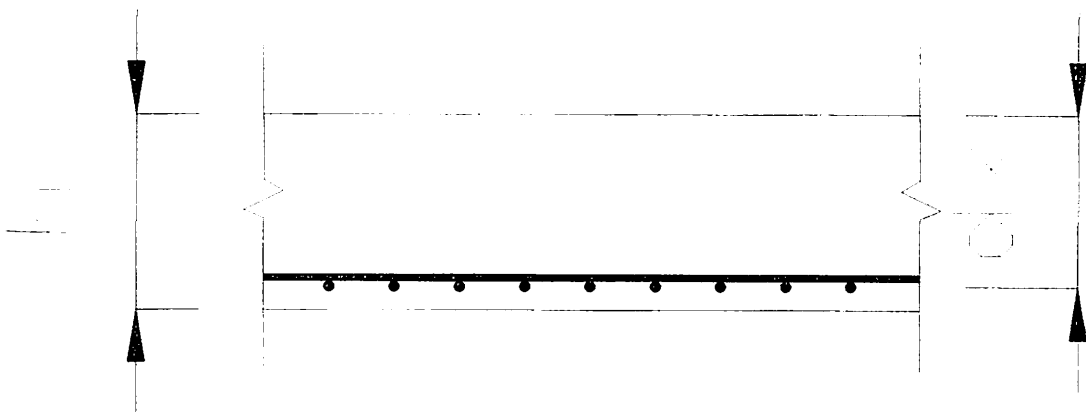
$$f_y = 320 \text{ Mpa}$$

$$\text{tebal plat} = 200 \text{ mm}$$

Direncanakan tulangan pokok D 16 dan tulangan bagi D 13 dengan selimut beton 20 mm.

$$d_x = h - \text{selimut beton} - \frac{1}{2} D \text{ pokok}$$

$$= 200 - 20 - \frac{1}{2} 16 = 172 \text{ mm}$$



Gambar 4.6 Tampak melintang penulangan plat

Untuk perhitungan penulangan dipakai momen maksimum terbesar

$$\triangleright M_u = 6.6822 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$\triangleright M_n = M_u / \phi = 6.6822 \times 10^7 / 0.8 = 8.353 \times 10^7 \text{ Nmm}$$

$$\triangleright R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{8.353 \times 10^7}{1000 \times 172^2} = 2.823 \text{ N/mm}^2$$

$$\triangleright m = \frac{f_y}{0.85 \cdot f_c} = \frac{320}{0.85 \times 35} = 10.756$$

Rasio penulangan keseimbangan (ρ_b);

$$\triangleright \rho_b = \frac{0.85 \cdot f_c}{f_y} \times 0.85 \times \frac{600}{600 + f_y} = \frac{0.85 \cdot 35}{320} \times 0.85 \times \frac{600}{600 + 320}$$

$$= 0.05154$$

$$\triangleright \rho_{\max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.05154 = 0.038655$$

$$\triangleright \rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{320} = 0.004375$$

Rasio penulangan perlu

$$\triangleright \rho = \frac{1}{m} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right] = \frac{1}{10.756} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 10.756 \times 2.823}{320}} \right]$$

$$= 0.009285$$

$$\rho > \rho_{\min} \longrightarrow 0.009285 > 0.004375 \text{ (maka digunakan } \rho \text{)}$$

$$\triangleright A_s_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d = 0.009285 \times 1000 \times 172 = 1597.020 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan pokok D 16 mm

Perhitungan jarak (S) dan $A_{s\text{ada}}$

$$\text{➤ } A_s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 200.960 \text{ mm}^2$$

$$\text{➤ } S = \frac{A_s \times b}{A_{s\text{perlu}}} = \frac{200.960 \times 1000}{1597.020} = 125.834 \text{ mm} \approx 125 \text{ mm}$$

$$\text{➤ } A_{s\text{ada}} = \frac{A_s \times b}{S} = \frac{200.960 \times 1000}{125} = 1607.680 \text{ mm}^2$$

Diperoleh $A_{s\text{ada}} > A_{s\text{perlu}}$, maka dipakai tulangan pokok D 16 – 12.5 cm

$$\text{➤ } A_{s\text{tulangan bagi}} = 20 \% \times A_{s\text{perlu}} = 0.2 \times 1597.020 = 319.404 \text{ mm}^2$$

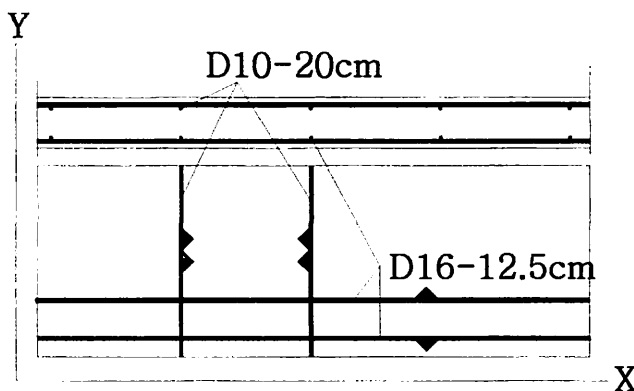
Dipakai tulangan D 10 mm

$$\text{➤ } A_{s\text{bagi}} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 78.5 \text{ mm}^2$$

$$\text{➤ } S = \frac{A_s \times b}{A_{s\text{perlu}}} = \frac{78.5 \times 1000}{319.404} = 245.770 \text{ mm} \approx 200 \text{ mm}$$

$$\text{➤ } A_{s\text{ada}} = \frac{A_s \times b}{S} = \frac{78.5 \times 1000}{200} = 392.500 \text{ mm}^2$$

Diperoleh $A_{s\text{ada}} > A_{s\text{perlu}}$, maka dipakai tulangan bagi D 10 – 20 cm



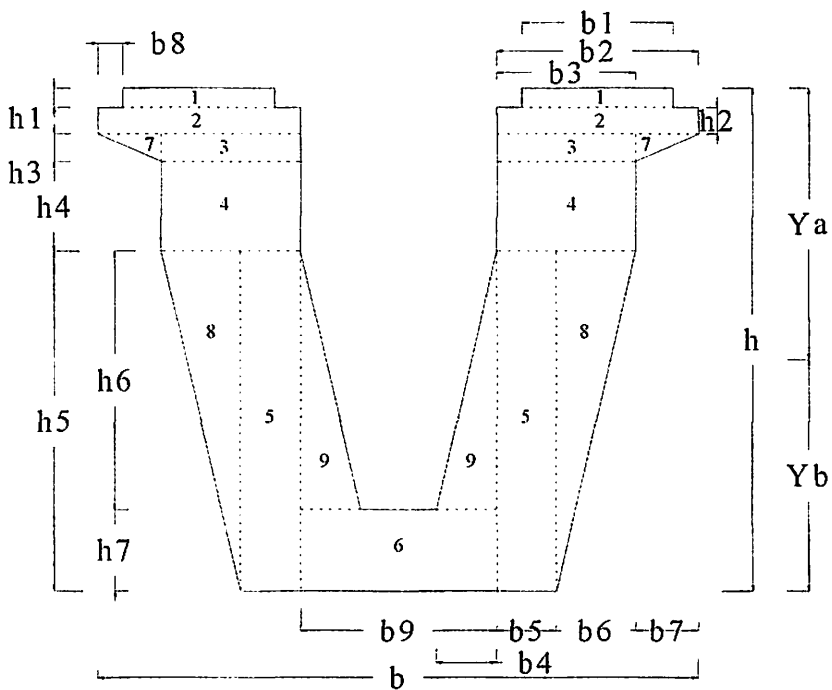
Gambar 4.7 Detail penulangan plat

4.3. Desain penampang

Perencanaan awal dari dimensi penampang balok dengan suatu rumus pendekatan, yaitu tinggi balok (h) = $\frac{1}{25} L$ s/d $\frac{1}{17} L$, dimana L adalah panjang balok = 32 m, maka $h = 1.28 - 1.88$ m. Direncanakan balok dengan tinggi 1.85 m dan.

4.3.1. Karakteristik penampang gelagar U bentang 32 meter

4.3.1.1. Sebelum Komposit



Gambar 4.8 Penampang U-girder sebelum komposit

**KARAKTERISTIK PENAMPANG
SEBELUM KOMPOSIT**

BENTANG GELAGAR L = 32 meter

mencari tinggi (h) penampang gelagar U

L (cm)	L/25 (cm)	L/17 (cm)	h (cm)	b renc.
3200	128	188.235	185	190

Profil penampang

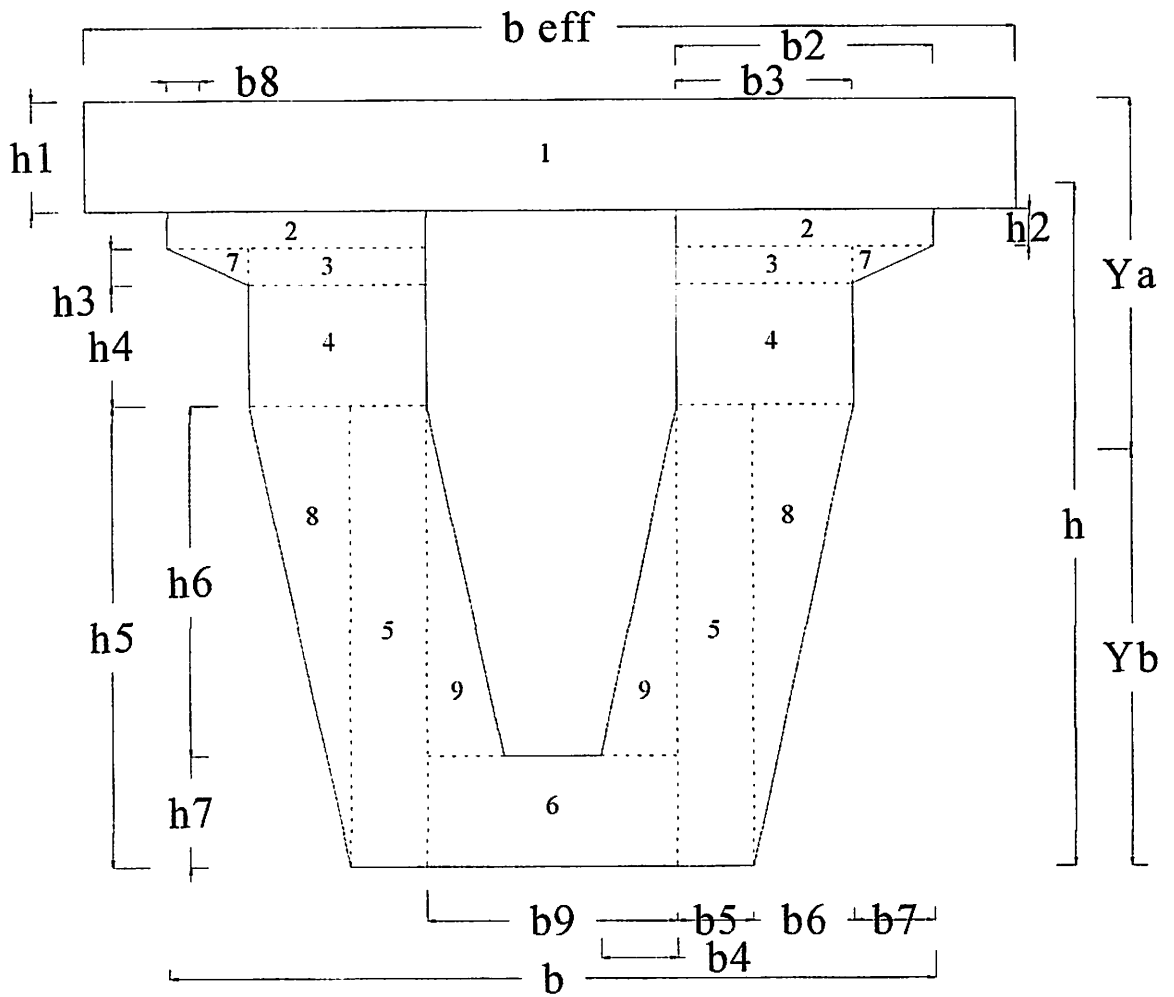
Jarak efektif antar gelagar (s) = 300 cm

Bagian	b x h				Luas bidang A (cm ²)	a (cm)	A x a (cm ³)	a' (cm)	A x a' ² (cm ⁴)	1/12 b h ³ 1/36 b h ³	I cm ⁴
	b	h	b (cm)	h (cm)							
1	b1	h1	47.98	7	671.6	181.5	121904.5	87.3	5115926.2	2742.6	5118668.8
2	b2	h2	63.84	10	1277.9	173.0	221068.7	78.8	7929093.3	10667.2	7939760.5
3	b3	h3	44.08	10	882.3	163.0	143811.7	68.8	4171984.5	7365.4	4179349.9
4	b3	h4	44.08	33	2909.1	141.5	411596.6	47.3	6497299.4	263980.0	6761279.3
5	b5	h5	18	125	4508.0	62.5	281961.3	31.7	4523687.7	5858041.7	10381729.4
6	b9	h7	58.9	30	1765.2	15	26258.6	79.3	11114483.5	132127.8	11246611.3
7	b7	h3	19	10	190.2	164.7	31311.7	70.4	943376.7	1058.2	944434.9
8	b6	h5	23.75	125	2965.8	83.3	247127.4	10.90	352273.7	2569316.5	2921590.2
9	b4	h6	18.05	95	1713.0	61.7	105778.8	32.5	1806666.2	857179.9	2663846.1
	b8		7.6		16883.2		1590819.4			9702479.3	52157270.4

$$\begin{aligned}
 Y_b &= \sum A \cdot a / \sum A = 94.2 \text{ cm} \\
 Y_a &= h - Y_b = 90.8 \text{ cm} \\
 i^2 &= \sum I / \sum A = 3089.3 \text{ cm}^2 \\
 K_a &= i^2 / Y_b = 32.8 \text{ cm} \\
 K_b &= i^2 / Y_a = 34.0 \text{ cm} \\
 f_c p &= 60 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_{\text{plat}} &= 4700 \sqrt{f_c'} \text{ (plat)} = 27805.575 \text{ Mpa} \\
 E_{\text{balok}} &= 0.043 \cdot (w_c) \cdot 1.5 \cdot \sqrt{f_c'} \text{ (balok)} = 41634.571 \text{ Mpa} \\
 f_c &= 35 \text{ Mpa} \\
 b_j &= 2500 \text{ kg/m}^3 \\
 n &= E_{\text{plat}} / E_{\text{balok}} = 0.668 \\
 b_{\text{eff}} &= n \cdot S = 2.00354 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.3.1.2. Setelah Komposit



Gambar 4.9 Penampang U-girder setelah komposit

KARAKTERISTIK PENAMPANG
KOMPOSIT

BENTANG GELAGAR L = 32 meter

Jarak efektif antar gelagar (s) = 300 cm

mencari tinggi (h) penampang gelagar U

L (cm)	L/25 (cm)	L/17 (cm)	h (cm)	b renc.
3200	128	188.235	185	190

$$b_{eff} = s \times n = 200.35 \text{ cm}$$

$$h_c = 198 \text{ cm}$$

Bagian	b x h				Luas bidang A (cm ²)	a (cm)	A x a (cm ³)	a' (cm)	A x a' ² (cm ⁴)	1/12 b h ³ 1/36 b h ³	I cm ⁴
	b	h	b (cm)	h (cm)							
1	b _{eff}	h ₁	200.35	20	4007.1	188.0	753332.8	78.1	24435488.5	133569.6	24569058.2
2	b ₂	h ₂	63.84	10	1277.9	173.0	221068.7	63.1	5085759.6	10667.2	5096426.7
3	b ₃	h ₃	44.08	10	882.3	163.0	143811.7	55.8	2743617.5	7365.4	2750982.9
4	b ₃	h ₄	44.08	33	2909.1	141.5	411596.6	34.3	3414386.6	263980.0	3678366.6
5	b ₅	h ₅	18	125	4508.0	62.5	281961.3	47.4	10112494.7	5858041.7	15970536.4
6	b ₉	h ₇	58.9	30	1765.2	15	26258.6	95.0	15942783.3	132127.8	16074911.1
7	b ₇	h ₃	19	10	190.2	164.7	31311.7	54.7	569995.4	1058.2	571053.7
8	b ₆	h ₅	23.75	125	2965.8	83.3	247127.4	-26.6	2095888.8	2569316.5	4665205.4
9	b ₄	h ₆	18.05	95	1713.0	61.7	105762.6	48.2	3974845.9	857179.9	4832025.8
	b ₈		7.6		20218.7		2222231.5			9833306.4	78208566.7

$$Y_b = \frac{\sum A \cdot a}{\sum A} = 109.9 \text{ cm}$$

$$Y_a = h - Y_b = 88.1 \text{ cm}$$

$$i^2 = \frac{\sum I}{\sum A} = 3868.1 \text{ cm}^2$$

$$K_a = i^2 / Y_b = 35.2 \text{ cm}$$

$$K_b = i^2 / Y_a = 43.9 \text{ cm}$$

4.4. Pembebanan Balok prategang

4.4.1. Berat Sendiri (MS)

4.4.1.1. Berat balok prategang

$$\text{Panjang balok prategang (L)} = 32 \quad \text{m}$$

$$\text{Luas penampang (A)} = 1.68832 \quad \text{m}^2$$

$$\text{Berat balok prategang } W_{\text{balok}} = A \times L \times B_j.\text{beton prategang}$$

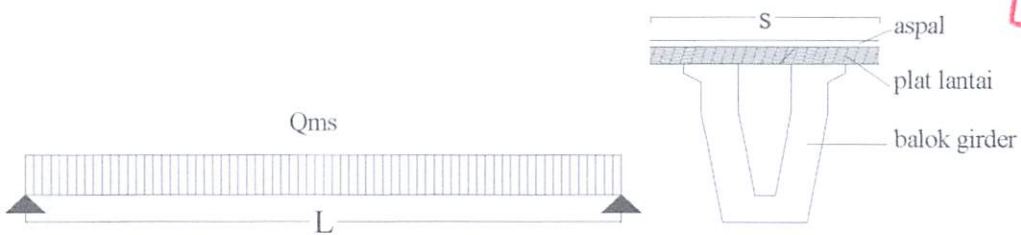
$$= 1.68823 \times 32 \times 2500$$

$$= 135065.812 \quad \text{kg}$$

$$Q_{\text{balok}} = W_{\text{balok}} / L = 135065.812 / 32$$

$$= 4220.807 \quad \text{kg/m}$$

4.4.2. Gaya geser dan momen akibat berat sendiri



Gambar 4.10 Beban merata akibat berat sendiri balok

$$\text{Beban} \quad : \quad Q_{MS} = A \times B_j.\text{beton prategang}$$

$$\text{Gaya geser} \quad : \quad V_{MS} = \frac{1}{2} Q_{MS} \times L$$

$$\text{Momen} \quad : \quad M_{MS} = \frac{1}{8} Q_{MS} \times L^2$$

MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

jenis beban berat sendiri	lbr b (m)	tbl h (m)	Luas A(m)	Beban	Geser	Momen	brt. Jenis kg/m ³
				Qms kg/m	Vms kg	Mms kgm	
balok prategang				4220.81	67532.9	540263.2	2500
plat lantai	3	0.2	0.60000	1440	23040.0	184320.0	2400
aspal	3	0.08	0.24000	528.0	8448.0	67584.0	2200
Total				6188.8	99020.9	792167.2	

4.4.3. Beban mati tambahan (MA)

Beban mati tambahan (superimposed dead load) adalah berat seluruh bahan yang menimbulkan suatu beban pada balok girder jembatan yang merupakan elemen non struktur, dan besarnya mungkin berubah selama umur rencana jembatan.

Girder jembatan direncanakan mampu memikul beban mati berupa :

1. Aspal beton setebal 80 mm untuk pelapisan ulang kemudian hari.
2. Genangan air hujan setinggi 30 mm apabila saluran drainase tak berfungsi baik.

$$\text{Beban} \quad : \quad Q_{MA} = A \times B_j \text{ beton prategang}$$

$$\text{Gaya geser} \quad : \quad V_{MA} = \frac{1}{2} Q_{MA} \times L$$

$$\text{Momen} \quad : \quad M_{MA} = \frac{1}{8} Q_{MA} \times L^2$$

No	Jenis beban mati tambahan	lebar b m	tebal h m	Luas A m ²	b.jenis kg/m ³	beban QMA kN/m	geser VMA kN	momen MMA kNm
1	Lapisan aspal + overlay	3	0.08	0.24000	2200	528.0	8448.0	67584.0
2	Air hujan	3	0.03	0.09000	1000	90	1440	11520
total						618.0	9888.0	79104.0

4.4.4. Beban lajur “ D “ (TD)

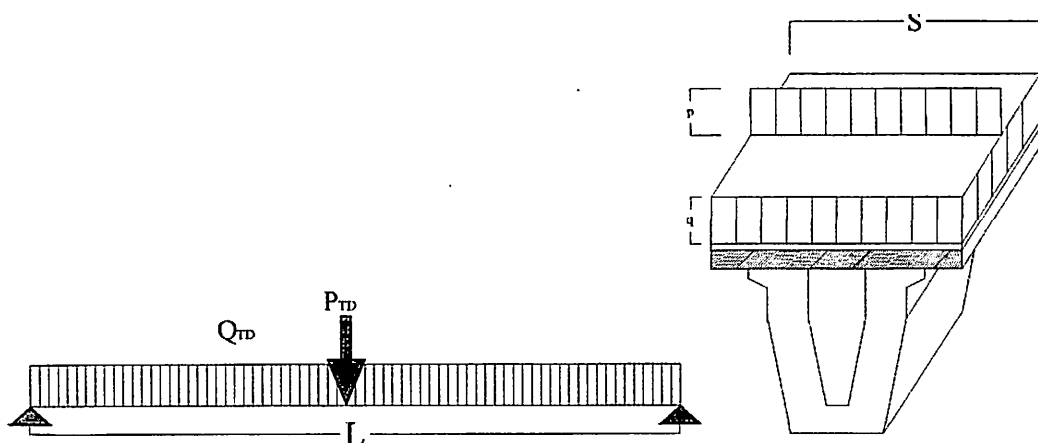
Beban lajur “D” terdiri dari beban terbagi merata (Uniformly Distributed Load), UDL dan beban garis (Knife Edge Load). UDL mempunyai intensitas q (kPa) yang besarnya tergantung pada panjang total L yang dibebani, dan dinyatakan dengan rumus :

- $q = 8.0$ kPa untuk $L \leq 30$ m
- $q = 8.0 \cdot (0.5 + (15/L))$ kPa untuk $L \geq 30$ m

KEL mempunyai intensitas, $p = 44$ kN/m

Faktor beban dinamis (Dynamic Load Allowens) untuk KEL diambil sbb :

- $DLA = 0.4$ untuk $L \leq 50$ m
- $DLA = 0.4 - 0.0025 \cdot (L - 50)$ untuk $50 \text{ m} < L < 90$ m
- $DLA = 0.3$ untuk $L \geq 90$ m



Gambar 4.11 Beban lajur D

$$\text{Panjang balok prategang (L)} = 32 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar balok prategang (S)} = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Beban merata } q &= 8 * (0.5 + 15/L) = 8 * (0.5 + 15/32) \\ &= 7.75 \text{ kPa} = 775 \text{ kg/m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Beban merata pada balok } Q_{TD} = q * S = 775 * 3 = 2325 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban garis (p)} = 44 \text{ kN/m} = 4400 \text{ kg/m}$$

$$\text{Faktor beban dinamis DLA} = 0.4$$

$$\begin{aligned} \text{Beban terpusat pada balok } P_{TD} &= (1 + DLA) * p * S = (1+0.4)*4400*3 \\ &= 18480 \text{ kg} \end{aligned}$$

Gaya geser dan momen maksimum pada balok akibat beban lajur "D"

$$\begin{aligned} \text{Gaya geser } V_{TD} &= (1/2 * Q_{TD} * L) + (1/2 * P_{TD}) \\ &= (1/2 * 2325 * 32) + (1/2 * 17160) \\ &= 46440 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen } M_{TD} &= (1/8 * Q_{TD} * L^2) + (1/4 * P_{TD} * L) \\ &= (1/8 * 2325 * 32^2) + (1/4 * 17160 * 32) \\ &= 445440 \text{ kgm} \end{aligned}$$

4.4.5. GAYA REM (TB)

Pengaruh pengereman dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang, dan dianggap bekerja pada jarak 1.80 m di atas permukaan lantai jembatan. Besar gaya rem arah memanjang jembatan tergantung pada panjang total jembatan (L_t).

- Gaya rem $H_{TB} = 250 \text{ kN}$ untuk $L_t \leq 80 \text{ m}$
- Gaya rem $H_{TB} = 250 + 2.5 * (L_t - 80) \text{ kN}$ untuk $80 \leq L_t \leq 180 \text{ m}$
- Gaya rem $H_{TB} = 500 \text{ kN}$ untuk $L_t \geq 180 \text{ m}$

Jumlah balok prategang (n) = 3 buah

Gaya rem $H_{TB} = 250 \text{ kN} = 25000 \text{ kg}$

Jarak antar balok prategang = 3 m

Gaya rem untuk $L_t \leq 80 \text{ m} \rightarrow T_{TB} = H_{TB} / n = 25000 / 3 = 8333.333 \text{ kg}$

Gaya rem $T_{TB} = 5 \%$ beban lajur "D" tanpa faktor beban dinamis

$$\text{➤ } Q_{TD} = q * s = 775 * 3 = 2325 \text{ kg/m}$$

$$\text{➤ } P_{TD} = p * s = 4400 * 3 = 13200 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } T_{TB} &= 0.05 * (Q_{TD} * L + P_{TD}) = 0.05 * (2325 * 32 + 13200) \\ &= 4380 \text{ kg} < 25000 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka dipakai gaya rem $T_{TB} = 25000 \text{ kg}$

$$V_w = \text{kecepatan angin rencana} = 35 \text{ m/det}$$

$$T_{EW} = 0.0012 * 1.20 * 35^2 = 1.764 \text{ kN/m} = 176.4 \text{ kg/m}$$

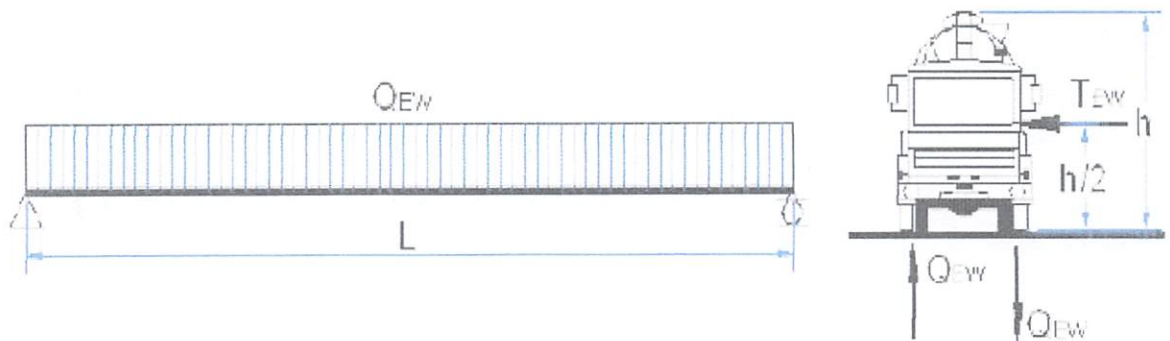
Bidang vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi 2 m diatas lantai jembatan.

$$h = 2 \text{ m}$$

$$\text{Jarak antar roda kendaraan } x = 1.75 \text{ m}$$

$$\text{Panjang balok} = 32 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Transfer beban angin ke lantai jembatan } Q_{EW} &= [1/2 * h / x * T_{EW}] \\ &= 1/2 * 2 / 1.75 * 176.4 \\ &= 100.8 \text{ kg/m} \end{aligned}$$



Gambar 4.13 Skema beban angin

$$\begin{aligned} \text{Gaya geser } V_{EW} &= 1/2 * Q_{EW} * L = 1/2 * 100.8 * 32 \\ &= 1612.8 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen max } M_{EW} &= 1/8 * Q_{EW} * L^2 = 1/8 * 100.8 * 32^2 \\ &= 12902.4 \text{ kgm} \end{aligned}$$

MOMEN DAN GAYA GESER PADA BALOK

no	Jenis beban	kode beban	Q (kg/m)	P (kg)	M (kgm)	Keterangan
1	Berat balok prategang	balok	4220.807			Beban merata Q _{balok}
2	Berat plat	plat	1440			Beban merata Q _{plat}
3	Berat aspal	aspal	528			Beban merata Q _{aspal}
4	Berat sendiri	MS	6188.807			Beban merata Q _{MS}
5	Beban mati tambahan	MA	618			Beban merata Q _{MA}
6	Lajur "D"	TD	2325	18480		Beban merata Q _{MA} & terpusat P _{TD}
7	Gaya rem	TB			25185.404	Beban momen M _{TB}
8	Angin	EW	100.800			Beban merata Q _{EW}

Panjang bentang balok prategang

32 m

no	Jenis Beban	Persamaan Momen	Persamaan Gaya Geser
1	Berat sendiri (MS)	$M_x = 1/2 * Q_{MS} * (L * x - x^2)$	$V_x = Q_{MS} * (L/2 - x)$
2	Mati tambahan (MA)	$M_x = 1/2 * Q_{MA} * (L * x - x^2)$	$V_x = Q_{MA} * (L/2 - x)$
3	Lajur "D" (TD)	$M_x = 1/2 * Q_{TD} * (L * x - x^2) + 1/2 * P_{TD} * x$	$V_x = Q_{TD} * (L/2 - x) + 1/2 * P_{TD}$
4	Gaya Rem (TB)	$M_x = (x/L) * M_{TB}$	$V_x = M_{TB}/L$
5	Angin (EW)	$M_x = 1/2 * Q_{EW} * (L * x - x^2)$	$V_x = Q_{EW} * (L/2 - x)$

Momen maksimum akibat berat balok

$$M_{balok} = 1/8 * Q_{balok} * L^2$$

Momen maksimum akibat berat plat

$$M_{plat} = 1/8 * Q_{plat} * L^2$$

MOMEN PADA BALOK PRATEGANG

jarak x	Berat penampang balok MBS	Berat sendiri MS	Bb.mati tambahan MA	Lajur "D" TD	Rem TB	Angin EW	Kombinasi Momen			
							Non Komposit		Komposit	
							M0	MG = MDL	MTG = MT	
m	kgm	kgm	kgm	kgm	kgm	kgm	kgm	kgm	kgm	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	2110.4	95926.5	9579.0	45277.5	787.0	1562.4	2110.4	105505.5	153132.4	
2	8441.6	185664.2	18540.0	88230.0	1574.1	3024.0	8441.6	204204.2	297032.3	
3	18993.6	269213.1	26883.0	128857.5	2361.1	4384.8	18993.6	296096.1	431699.5	
4	33766.5	346573.2	34608.0	167160.0	3148.2	5644.8	33766.5	381181.2	557134.1	
5	52760.1	417744.4	41715.0	203137.5	3935.2	6804	52760.1	459459.4	673336.2	
6	75974.5	482726.9	48204.0	236790.0	4722.3	7862.4	75974.5	530930.9	780305.6	
7	103409.8	541520.6	54075.0	268117.5	5509.3	8820	103409.8	595595.6	878042.4	
8	135065.8	594125.4	59328.0	297120.0	6296.4	9676.8	135065.8	653453.4	966546.6	
9	170942.7	640541.5	63963.0	323797.5	7083.4	10432.8	170942.7	704504.5	1045818.2	
10	211040.3	680768.7	67980.0	348150.0	7870.4	11088.0	211040.3	748748.7	1115857.2	
11	255358.8	714807.2	71379.0	370177.5	8657.5	11642.4	255358.8	786186.2	1176663.5	
12	303898.1	742656.8	74160.0	389880.0	9444.5	12096	303898.1	816816.8	1228237.3	
13	356658.2	764317.6	76323.0	407257.5	10231.6	12448.8	356658.2	840640.6	1270578.5	
14	413639.0	779789.6	77868.0	422310.0	11018.6	12700.8	413639.0	857657.6	1303687.0	
15	474840.7	789072.8	78795.0	435037.5	11805.7	12852	474840.7	867867.8	1327563.0	
16	540263.2	792167.2	79104.0	445440.0	12592.7	12902.4	540263.2	871271.2	1342206.3	

Ket MG = beban mati terdiri dari MS + MA

MTG = beban mati + beban hidup terdiri dari MS + MA + TD + TB + EW

GAYA GESER PADA BALOK

jarak x	Berat Balok	Berat sendiri	Bb.mati tambahan	Lajur "D"	Rem	Angin	Kombinasi Gaya Geser		
							Non Komposit	Komposit	
		VMS	VMA	VTD	VTB	VEW	V0	VG	VTG
m	Kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
0	67532.9	99020.9	9888.0	46440.0	787.0	1612.8	156135.9	156961.7	157748.7
1	63312.1	92832.1	9270.0	44115.0	787.0	1512.0	147004.1	147729.1	148516.1
2	59091.3	86643.3	8652.0	41790.0	787.0	1411.2	137872.3	138496.5	139283.5
3	54870.5	80454.5	8034.0	39465.0	787.0	1310.4	128740.5	129263.9	130050.9
4	50649.7	74265.7	7416.0	37140.0	787.0	1209.6	119608.7	120031.3	120818.3
5	46428.9	68076.9	6798.0	34815.0	787.0	1108.8	110476.9	110798.7	111585.7
6	42208.1	61888.1	6180.0	32490.0	787.0	1008.0	101345.1	101566.1	102353.1
7	37987.3	55699.3	5562.0	30165.0	787.0	907.2	92213.3	92333.5	93120.5
8	33766.5	49510.5	4944.0	27840.0	787.0	806.4	83081.5	83100.9	83887.9
9	29545.6	43321.6	4326.0	25515.0	787.0	705.6	73949.7	73868.2	74655.3
10	25324.8	37132.8	3708.0	23190.0	787.0	604.8	64817.9	64635.6	65422.7
11	21104.0	30944.0	3090.0	20865.0	787.0	504.0	55686.1	55403.0	56190.1
12	16883.2	24755.2	2472.0	18540.0	787.0	403.2	46554.3	46170.4	46957.5
13	12662.4	18566.4	1854.0	16215.0	787.0	302.4	37422.5	36937.8	37724.9
14	8441.6	12377.6	1236.0	13890.0	787.0	201.6	28290.7	27705.2	28492.3
15	4220.8	6188.8	618.0	11565.0	787.0	100.8	19158.9	18472.6	19259.7
16	0	0	0	9240.0	787.0	0	10027.0	9240.0	10027.0

DIAGRAM MOMEN

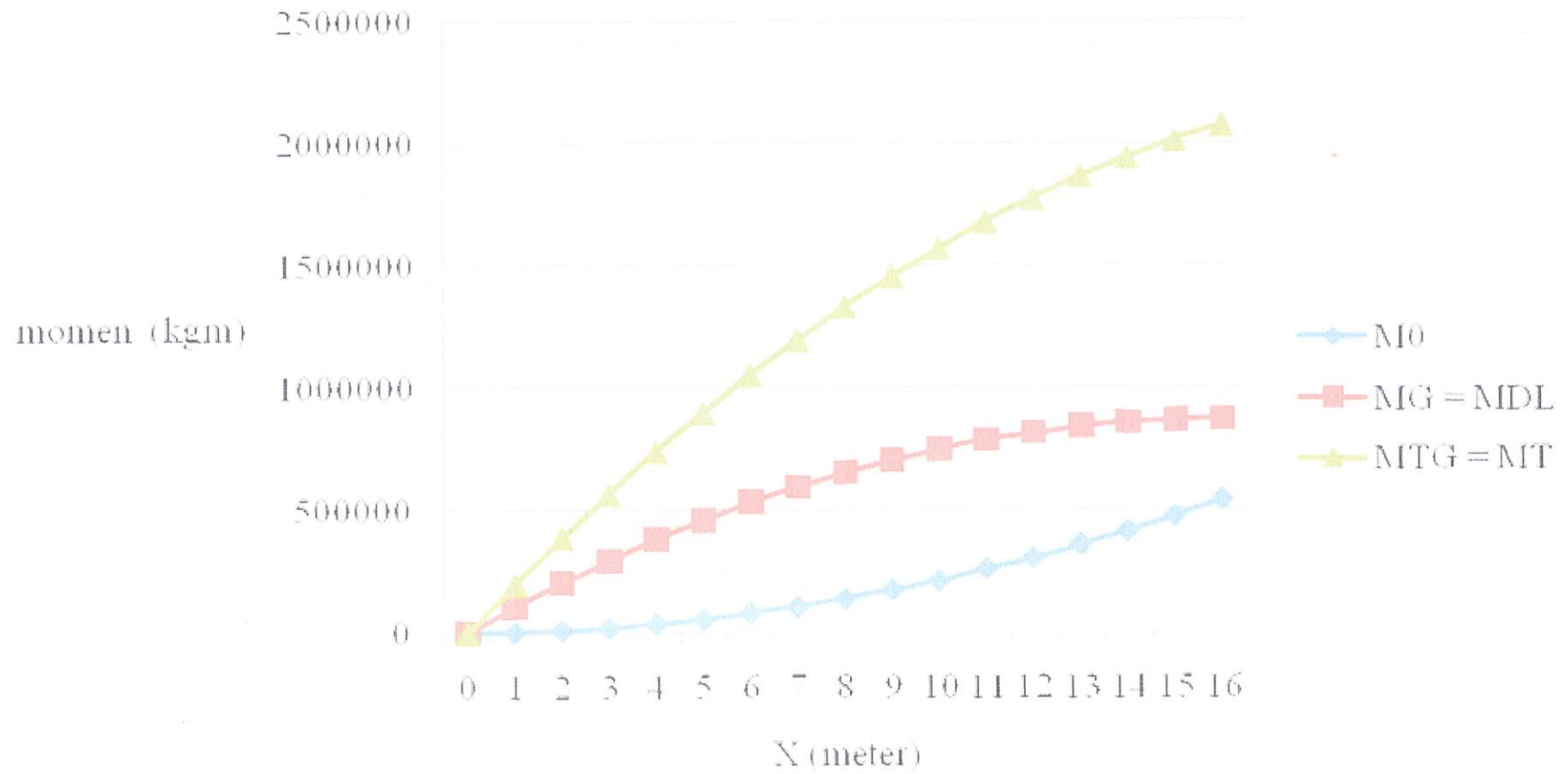
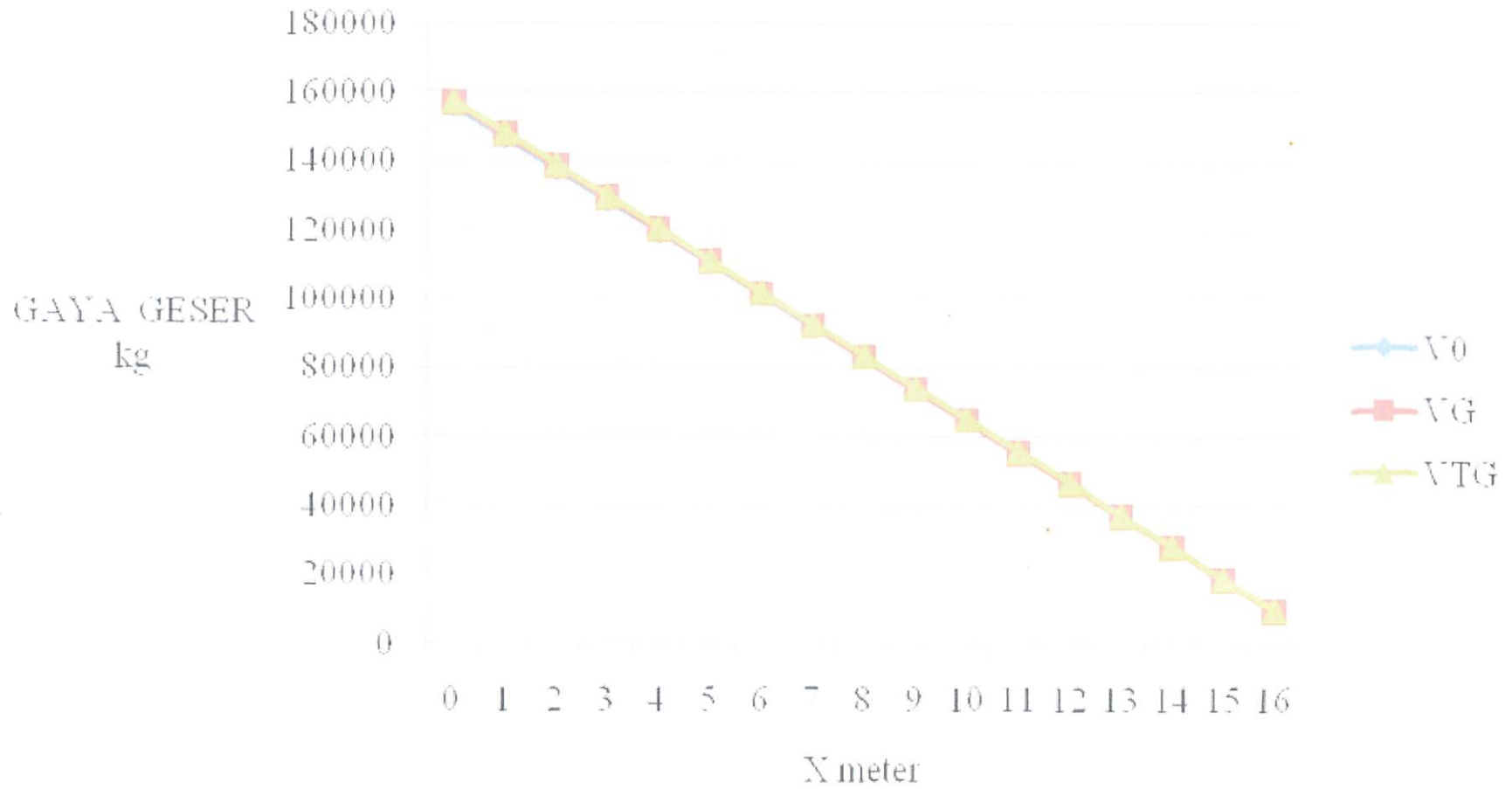


DIAGRAM GAYA GESER



4.5. Perhitungan Prategang,

4.5.1. Gaya Prategang

Desain pendahuluan

Dari analisa statika, akibat pemasangan segmen I didapat momen yang terjadi pada potongan a :

$$M_{DL} = M_G \quad : \text{Momen akibat beban mati} \quad = 871271.248 \text{ kgm}$$

$$M_T \quad \quad \quad : \text{Momen akibat beban total} \quad = 1342206.350 \text{ kgm}$$

Desain gaya prategang efektif yang diperlukan (F)

- Bila $M_G / M_T < 20 - 30 \%$ sehingga

$$F = T = M_L / 0.5 * h \quad (\text{T.Y. Lin - Burns, hal 210})$$

$$A_c = F / 0.5 * f_c \quad (\text{T.Y. Lin - Burns, hal 210})$$

$$\text{Dimana : } M_L = M_T - M_G$$

- Bila $M_G / M_T > 20 - 30 \%$ sehingga

$$F = T = M_L / 0.65 * h \quad (\text{T.Y. Lin - Burns, hal 207})$$

$$A_c = F / 0.5 * f_c \quad (\text{T.Y. Lin - Burns, hal 207})$$

Dari persamaan diatas didapat

$$\frac{M_G}{M_T} \times 100\% = \frac{871271.248}{1342206.350} \times 100\% = 64.913\% > 20 - 30 \%$$

$$F = T = \frac{M_T}{0.65 * h} = \frac{1342206.350}{0.65 * 1.85} = 1116179.917 \text{ kg}$$

Kehilangan prategang diperkirakan 20% pasca tarik, sehingga gaya prategang awal kehilangan tegangan pasca tarik :

$$F_o = \frac{F}{0.8} = \frac{1116179.917}{0.8} = 1395224.896 \text{ kg}$$

Luas penampang beton yang diperlukan :

$$A_c = \frac{F}{0.5 * f_c} = \frac{1116179.917}{0.5 * 600} = 3720.600 \text{ cm}^2 < A_{cb} = 16883.226 \text{ cm}^2$$

Perhitungan gaya prategang

no	MDL = MG kgm	MT kgm	%	h m	fc kg/cm ²	F kg	Fo kg	Ac cm ²	Ac balok cm ²
	204204.199	297032.286	68.748	1.85	600	247012.296	308765.371	823.374	16883.226
	381181.171	557134.146	68.418	1.85	600	463313.219	579141.524	1544.377	16883.226
	530930.917	780305.580	68.041	1.85	600	648902.769	811128.461	2163.009	16883.226
	653453.436	966546.587	67.607	1.85	600	803780.945	1004726.182	2679.270	16883.226
	748748.729	1115857.167	67.101	1.85	600	927947.748	1159934.685	3093.159	16883.226
	816816.795	1228237.321	66.503	1.85	600	1021403.178	1276753.972	3404.677	16883.226
	857657.634	1303687.049	65.787	1.85	600	1084147.234	1355184.042	3613.824	16883.226
	871271.248	1342206.350	64.913	1.85	600	1116179.917	1395224.896	3720.600	16883.226

4.5.2. Menentukan jumlah tendon

Jenis kabel yang digunakan adalah tendon VSL tipe 31 Sc

- Jumlah untaian = 29
- Gaya prapengangan terhadap beban putus 80% = 435 Ton

- Luas penampang = 2852 mm²
- Diameter selubung = 95 mm
- Berat = 22400 kg / 1000 m

Jumlah tendon (n) adalah

$n = F_o / \text{ gaya prapenegangan efektif terhadap beban putus } 80\%$

$$n = \frac{1395224.896}{435000} = 3.207 \rightarrow \text{dibulatkan} = 4$$

Kontrol

$F_o \text{ ada} = n * \text{ gaya prapenegangan efektif terhadap beban putus } 80 \%$

$$= 4 * 435000 = 1740000 \text{ kg} > F_o = 1395224.896 \text{ kg}$$

$$F = F_o \text{ ada} * 0.8 = 1740000 * 0.8 = 1392000 \text{ kg}$$

4.5.3. Perhitungan daerah aman tendon

4.5.3.1. Menentukan daerah aman tendon

Letak kabel tendon prategang didalam balok prategang dipilih bentuk lengkung parabola dimana perletakannya pada daerah aman yang batasnya dihitung sebagai berikut

- Keadaan awal (penampang pracetak)

$$\text{Tegangan akibat gaya prategang awal (} F_o \text{)} = 1740000 \text{ kg}$$

$$\text{Momen berat sendiri pracetak (} M_{bs} \text{)} = 540263.248 \text{ kgm}$$

$$\alpha_{8.1} = \frac{MBS}{F_o} = \frac{540263.248}{1740000} = 0.31050 \text{ m} = 31.050 \text{ cm}$$

titik	MBS = Mo kgm	F _o kg	a ₁	
			m	cm
1	8441.613	1740000	0.00485	0.485
2	33766.453	1740000	0.01941	1.941
3	75974.519	1740000	0.04366	4.366
4	135065.812	1740000	0.07762	7.762
5	211040.331	1740000	0.12129	12.129
6	303898.077	1740000	0.17465	17.465
7	413639.049	1740000	0.23772	23.772
8	540263.248	1740000	0.31050	31.050

- Keadaan setelah kehilangan tegangan

Momen berat sendiri pracetak (MBS) = 540263.248 kgm

Tegangan akibat gaya prategang akhir

$$F = F_o * 0.8 = 1740000 * 0.8 = 1392000 \text{ kg}$$

$$\alpha_{8.2} = \frac{MBS}{F} = \frac{540263.248}{1392000} = 0.38812 \text{ m} = 38.812 \text{ cm}$$

titik	MBS = Mo kgm	F kg	a ₂	
			m	cm
1	8441.613	1392000	0.00606	0.606
2	33766.453	1392000	0.02426	2.426
3	75974.519	1392000	0.05458	5.458
4	135065.812	1392000	0.09703	9.703
5	211040.331	1392000	0.15161	15.161
6	303898.077	1392000	0.21832	21.832
7	413639.049	1392000	0.29715	29.715
8	540263.248	1392000	0.38812	38.812



- Keadaan setelah beban mati total

Tegangan akibat gaya prategang akhir (F)

$$F = F_o * 0.8 = 1740000 * 0.8 = 1392000 \text{ kg}$$

Momen akibat berat sendiri + beban mati (MDL)

$$MDL = 871271.248 \text{ kgm}$$

$$a_{8.3} = \frac{MDL}{F} = \frac{871271.248}{1392000} = 0.62591 \text{ m} = 62.591 \text{ cm}$$

titik	MDL = MG kgm	F kg	a3	
			m	cm
1	204204.199	1392000	0.14670	14.670
2	381181.171	1392000	0.27384	27.384
3	530930.917	1392000	0.38142	38.142
4	653453.436	1392000	0.46943	46.943
5	748748.729	1392000	0.53789	53.789
6	816816.795	1392000	0.58679	58.679
7	857657.634	1392000	0.61613	61.613
8	871271.248	1392000	0.62591	62.591

- Keadaan setelah beban total

Tegangan akibat gaya prategang akhir (F)

$$F = F_o * 0.8 = 1740000 * 0.8 = 1392000 \text{ kg}$$

Momen akibat berat total (M_T) = 1342206.350 kgm

$$a_{8.4} = \frac{MT}{F} = \frac{1342206.350}{1392000} = 0.96423 \text{ m} = 96.423 \text{ cm}$$

titik	MT kgm	F kg	a4	
			m	cm
1	297032.286	1392000	0.21339	21.339
2	557134.146	1392000	0.40024	40.024
3	780305.580	1392000	0.56056	56.056
4	966546.587	1392000	0.69436	69.436
5	1115857.167	1392000	0.80162	80.162
6	1228237.321	1392000	0.88235	88.235
7	1303687.049	1392000	0.93656	93.656
8	1342206.350	1392000	0.96423	96.423

4.5.3.2. Menentukan koordinat tendon

Sebelum merencanakan letak tendon, lebih dulu dihitung batas aman untuk meletakkan tendon.

Untuk titik A

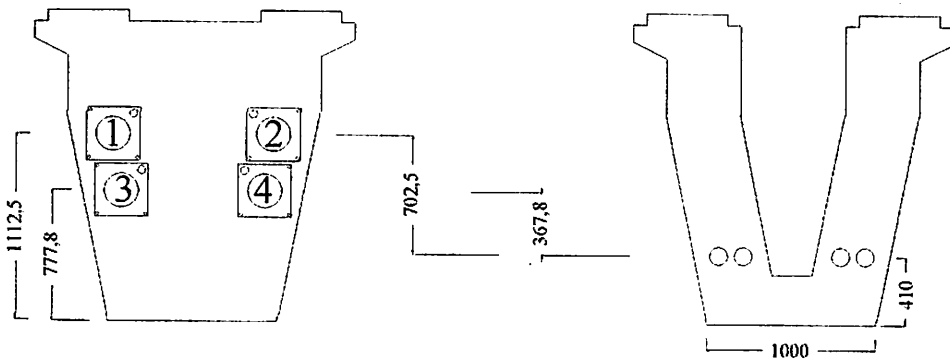
$$\text{Batas atas} = Y_b + K_a = 94.2 + 32.8 = 127 \text{ cm}$$

$$\text{Batas bawah} = Y_b - K_b = 94.2 - 34 = 60.2 \text{ cm}$$

Untuk titik 8

$$\text{Batas atas} = Y_b' + K_a' = 109.9 + 35.2 = 145.1 \text{ cm}$$

$$\text{Batas bawah} = Y_b - K_b' - a_{8.4} = 94.2 - 43.9 - 31.050 = 19.3 \text{ cm}$$



Gambar 4.14 Perletakan angkur dan tendon

Dari gambar diperoleh koordinat tirik tendon

- Tendon 1 & 2 → YA = 111.25cm
Y8 = 41 cm
- Tendon 3 & 4 → YA = 77.78 cm
Y8 = 41 cm

4.5.3.3. Eksentrisitas

Letak c.g.s diukur dari letak sisi bawah balok dengan bentuk parabolis, perhitungan menggunakan rumus

$$Y = \frac{4 * f * X * (L - X)}{L^2}$$

Perhitungan

$$\text{c.g.c} = Y_b = 94.2 \text{ cm} \quad \text{dan} \quad \text{c.g.c}' = Y_b' = 109.9 \text{ cm}$$

$$f = \text{c.g.s dititik A} - \text{c.g.s dititik 8} = 94.515 - 41 = 53.515 \text{ cm}$$

$$L = 32 \text{ m} = 3200 \text{ cm}$$

Titik tendon sejarak $X = 200 \text{ cm}$

$$f = 53.515 \text{ cm}$$

$$Y = \frac{4 * 53.515 * 200 * (3200 - 200)}{3200^2} = 12.543 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{c.g.s titik 1} &= \text{c.g.s titik A} - Y \\ &= 94.515 - 12.543 = 81.972 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e \text{ dititik 1} &= \text{c.g.c} - \text{c.g.s titik 1} \\ &= 94.2 - 81.972 = 12.252 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e' \text{ dititik 1} &= \text{c.g.c}' - \text{c.g.s titik 1} \\ &= 109.9 - 89.972 = 27.937 \text{ cm} \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan

titik	X (cm)	f (cm)	Y (cm)	cgs (cm)	e (cm)	e' (cm)
A	0	53.515	0	94.515	-0.290	15.395
1	200	53.515	12.543	81.972	12.252	27.937
2	400	53.515	23.413	71.102	23.123	38.808
3	600	53.515	32.611	61.904	32.321	48.006
4	800	53.515	40.136	54.379	39.846	55.531
5	1000	53.515	45.989	48.526	45.699	61.384
6	1200	53.515	50.170	44.345	49.880	65.565
7	1400	53.515	52.679	41.836	52.389	68.074
8	1600	53.515	53.515	41.000	53.225	68.910

4.5.3.4. Koordinat tiap tendon

- Tendon 1 & 2

$$Y_{1.A} = 111.25 \text{ cm} \qquad Y_{1.8} = 41 \text{ cm}$$

$$f_{1\&2} = Y_{1.A} - Y_{1.8} = 111.25 - 41 = 70.25 \text{ cm}$$

sejarak 200 cm

$$Y_{1.1} = \frac{4 * 70.25 * 200 * (3200 - 200)}{3200^2} = 16.465 \text{ cm}$$

Y tendon diukur dari sisi bawah balok

$$Y_{\text{tendon 1\&2}} = Y_{1.A} - Y_{1.1} = 111.25 - 16.465 = 94.785 \text{ cm}$$

Perhitungan selengkapnya di tabelkan

titik	X (cm)	f (cm)	Y ₁ (cm)	Y _{tendon} (cm)
A	0	70.25	0	111.250
1	200	70.25	16.465	94.785
2	400	70.25	30.734	80.516
3	600	70.25	42.809	68.441
4	800	70.25	52.688	58.563
5	1000	70.25	60.371	50.879
6	1200	70.25	65.859	45.391
7	1400	70.25	69.152	42.098
8	1600	70.25	70.250	41.000

- Tendon 3 & 4

$$Y_{3.A} = 77.780 \text{ cm} \quad Y_{3.8} = 41 \text{ cm}$$

$$f_{3\&4} = Y_{3.A} - Y_{3.8} = 77.780 - 41 = 36.78 \text{ cm}$$

sejarak 200 cm

$$Y_{3.1} = \frac{4 * 36.78 * 200 * (3200 - 200)}{3200^2} = 8.620 \text{ cm}$$

Y tendon diukur dari sisi bawah balok

$$Y_{\text{tendon 3\&4}} = Y_{3.A} - Y_{3.1} = 77.780 - 8.620 = 69.160 \text{ cm}$$

titik	X (cm)	f (cm)	Y1(cm)	Ytendon (cm)
A	0	36.78	0	77.780
1	200	36.78	8.620	69.160
2	400	36.78	16.091	61.689
3	600	36.78	22.413	55.367
4	800	36.78	27.585	50.195
5	1000	36.78	31.608	46.172
6	1200	36.78	34.481	43.299
7	1400	36.78	36.205	41.575
8	1600	36.78	36.780	41.000

4.6. Kontrol Keamanan

4.6.1. Kehilangan gaya prategang

4.6.1.1. Kehilangan prategang akibat deformasi elastis beton

Dengan menggunakan rumus

$$\bullet f_{cir} = \left(\frac{F_o}{A_p} + \frac{F_o * e^2}{I_p} \right) - \frac{M_o * e}{I_p}$$

$$\bullet ES = K_{es} * E_s * \frac{f_{cir}}{E_{ci}}$$

Dimana :

- Fo = 1740000 kg
- e = 53.225 cm
- Ap = 16883.226 cm²
- Ip = 52157270.359 cm⁴
- Mo = 540263.248 kgm

$$= 54026324.8 \text{ kgcm}$$

$$- \text{ Kes} = 0.5$$

$$- \text{ Es} = 200000 \text{ Mpa} = 2000000 \text{ kg/cm}^2$$

$$- \text{ Ec} = 41634.571 \text{ Mpa} = 416345.710 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{cir} = \left(\frac{1740000}{16883.226} + \frac{1740000 * 53.225^2}{52157270.359} \right) - \frac{54026324.8 * 53.225}{52157270.359}$$

$$f_{cir} = 142.436 \text{ kg / cm}^2 = 14.244 \text{ Mpa}$$

Tegangan pemendekan elastis

$$ES = 0.5 * 2000000 * \frac{142.436}{416345.710}$$

$$ES = 342.109 \text{ kg / cm}^2 = 34.211 \text{ Mpa}$$

4.6.1.2. Kehilangan gaya prategang akibat rangkai beton

Dengan menggunakan rumus

$$\bullet f_{c ds} = \left(\frac{Fo}{Ap} + \frac{Fo * e^2}{Ip} \right) - \frac{MG * e}{Ip}$$

$$\bullet CR = K_{cr} * \frac{E_s}{E_c} * (f_{cir} - f_{c ds})$$

Dimana

$$- \text{ Fo} = 1740000 \text{ kg}$$

$$- \text{ e} = 53.225 \text{ cm}$$

$$- \text{ Ap} = 16883.226 \text{ cm}^2$$

- $I_p = 52157270.359 \text{ cm}^4$
- $M_G = 871271.248 \text{ kgm}$
- $ = 8712712477 \text{ kgcm}$
- $K_{cr} = 1.6$
- $E_s = 200000 \text{ Mpa} = 2000000 \text{ kg/cm}^2$
- $E_c = 41634.571 \text{ Mpa} = 416345.710 \text{ kg/cm}^2$

$$f_{cfs} = \left(\frac{1740000}{16883.226} + \frac{1740000 * 53.225^2}{52157270.359} \right) - \frac{87127124.8 * 53.225}{52157270.359}$$

$$f_{cfs} = 108.657 \text{ kg / cm}^2 = 10.866 \text{ Mpa}$$

Tegangan pemendekan elastis

$$CR = 1.6 * \frac{2000000}{416345.710} * (142.436 - 108.657)$$

$$CR = 259.617 \text{ kg / cm}^2 = 25.962 \text{ Mpa}$$

4.6.1.3. Kehilangan gaya prategang akibat susut beton

Dengan menggunakan rumus

$$- SH = 8.2 * 10^{-6} * K_{sh} * E_s * \left(1 - 0.06 * \frac{V}{S} \right) * (100 - RH)$$

Dimana

$$- K_{sh} = 0.58$$

- V/s = perbandingan volume terhadap permukaan dalam (in)
- $V = A_p * L$
- $A_p = 16883.226 \text{ cm}^2$
- $L = 32 \text{ m} = 3200 \text{ cm}$
- $V = 16883.226 * 3200 = 54026324.774 \text{ cm}^3$
- $s = K * L$
- $K = 965.5 \text{ cm}$ (keliling penampang balok)
- $s = 965.5 * 3200 = 3089600 \text{ cm}^2$
- $V/s = 54026324.774/3089600$
 $= 17.487 \text{ cm} = 6.884 \text{ in}$
- $RH = 70$ (asumsi kelembaban relatif)

$$SH = 8.2 * 10^{-6} * 0.58 * 200000 * (1 - 0.06 * 6.884) * (100 - 70)$$

$$SH = 16.749 \text{ Mpa}$$

4.6.1.4. Kehilangan gaya prategang akibat relaksasi beton

Dengan menggunakan rumus

$$RE = [K_{rc} - J * (SH + CR + ES)] * C \text{ Dimana}$$

- $K_{rc} = 35 \text{ Mpa}$
- $J = 0.04$

- C = 1.28
- SH = 16.749 Mpa
- CR = 25.962 Mpa
- ES = 34.211 Mpa

$$RE = [35 - 0.04 * (16.749 + 25.962 + 34.211)] * 1.28$$

$$RE = 40.862 \text{ Mpa}$$

4.6.1.5. Kehilangan gaya prategang total

$$TL = ES + CR + SH + RE$$

$$TL = 34.211 + 25.962 + 16.749 + 40.862 = 117.863 \text{ Mpa}$$

Persentase kehilangan gaya prategang total

$$\%TL = \frac{TL}{f_s} * 100\%$$

$$\overline{f_s} = 0.74 * f_{pu} = 0.74 * 1899.696 \text{ Mpa} = 1405.775 \text{ Mpa}$$

$$\%TL = \frac{117.863}{1405.775} * 100\% = 8.379 \% < 20 \%$$

4.6.1.6. Kontrol Tegangan yang terjadi

- o Kondisi awal

$$f = \left(\frac{F_o}{A_p} \right) \pm \left(\frac{F_o * e * Y}{I_p} \right) \pm \left(\frac{M_o * y}{I_p} \right)$$

Dimana

- $F_o = 1740000 \text{ kg} = 17400000 \text{ N}$
- $A_p = 16883.226 \text{ cm}^2 = 1688322.6 \text{ mm}^2$
- $I_p = 52157270.359 \text{ cm}^4 = 5.21572 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4$
- $Y_a = 90.775 \text{ cm} = 907.75 \text{ mm}$
- $Y_b = 94.225 \text{ cm} = 942.25 \text{ mm}$

Untuk titik 8

- $M_o = 540263.248 \text{ kgm} = 5402632477 \text{ Nmm}$
- $e = 53.225 \text{ cm} = 532.25 \text{ mm}$

Tegangan pada serat atas (f_a)

$$\frac{F_o}{A_p} = \frac{17400000}{1688322.6} = 10.306 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{F_o * e * Y_a}{I_p} = \frac{17400000 * 532.25 * 907.752}{5.21573 * 10^{11}} = 16.118 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{M_o * Y_a}{I_p} = \frac{5402632477 * 907.752}{5.21573 * 10^{11}} = 9.403 \text{ N/mm}^2$$

$$f_a = -10.306 + 16.118 - 9.403 = -3.591 \text{ N/mm}^2 (\text{ Mpa})$$

Tegangan pada serat bawah (f_b)

$$\frac{F_o}{A_p} = \frac{17400000}{1688322.649} = 10.306 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{F_o * e * Y_b}{I_p} = \frac{17400000 * 532.25 * 942.248}{5.21573 * 10^{11}} = 16.731 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{M_o * Y_b}{I_p} = \frac{5402632477 * 942.248}{5.21573 * 10^{11}} = 9.760 \text{ N/mm}^2$$

$$f_b = -10.306 - 16.731 + 9.760 = -17.277 \text{ N/mm}^2 (\text{Mpa})$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan

Tegangan akibat gaya prategang awal (F_o)

Kehilangan gaya prategang 20%

Titik	Serat	F_o / A_p	$(F_o * e * Y) / I_p$	$(M_o * Y) / I_p$	Total
		Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
A	fa	-5.75898	0.00511	0.00000	-5.75387
	fb	-5.75898	-0.00598	0.00000	-5.76496
1	fa	-10.30609	3.71042	-0.14692	-6.74258
	fb	-10.30609	-3.85143	0.15250	-14.00501
2	fa	-10.30609	7.00227	-0.58768	-3.89149
	fb	-10.30609	-7.26838	0.61001	-16.96446
3	fa	-10.30609	9.78769	-1.32227	-1.84067
	fb	-10.30609	-10.15965	1.37252	-19.09321
4	fa	-10.30609	12.06666	-2.35070	-0.59013
	fb	-10.30609	-12.52523	2.44003	-20.39128
5	fa	-10.30609	13.83920	-3.67297	-0.13986
	fb	-10.30609	-14.36512	3.81255	-20.85866
6	fa	-10.30609	15.10530	-5.28908	-0.48987
	fb	-10.30609	-15.67934	5.49008	-20.49534
7	fa	-10.30609	15.86495	-7.19902	-1.64016
	fb	-10.30609	-16.46786	7.47261	-19.30134
8	fa	-10.30609	16.11817	-9.40281	-3.59072
	fb	-10.30609	-16.73070	9.76014	-17.27665

DIAGRAM TEGANGAN SEJARAK 8 M DARI TUMPUAN

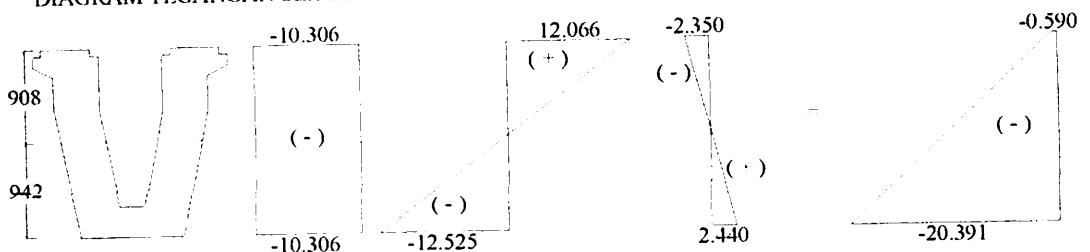
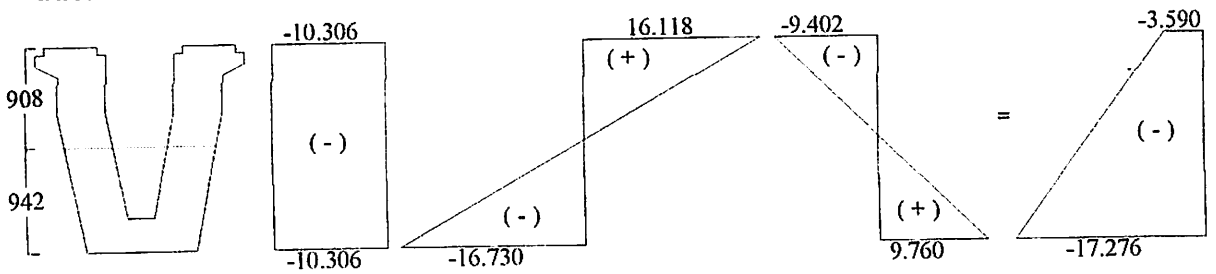


DIAGRAM TEGANGAN DI TENGAH BENTANG



o Kondisi setelah kehilangan tegangan

- Berat sendiri bekerja

$$f = \left(\frac{F}{A_p} \right) \pm \left(\frac{F \cdot e \cdot y}{I_p} \right) \pm \left(\frac{M_o \cdot y}{I_p} \right)$$

$$F = 1392000 \text{ kg} = 13920000 \text{ N}$$

$$A_p = 16883.226 \text{ cm}^2 = 1688322.6 \text{ mm}^2$$

$$I_p = 52157270.359 \text{ cm}^4 = 5.21573 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4$$

$$Y_a = 90.775 \text{ cm} = 907.75 \text{ mm}$$

$$Y_b = 94.225 \text{ cm} = 942.25 \text{ mm}$$

Untuk titik 8

$$M_o = 540263.248 \text{ kgm} = 5402632477 \text{ Nmm}$$

$$e = 53.225 \text{ cm} = 532.25 \text{ mm}$$

Tegangan pada serat atas (f_a)

$$\frac{F}{A_p} = \frac{13920000}{1688322.6} = 8.245 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{F * e * Ya}{Ip} = \frac{13920000 * 532.25 * 907.75}{5.21573 * 10^{11}} = 12.895 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{Mo * Ya}{Ip} = \frac{5402632477 * 907.75}{5.21573 * 10^{11}} = 9.403 \text{ N/mm}^2$$

$$fa = -8.245 + 12.895 - 9.403 = -4.753 \text{ N/mm}^2 \text{ (Mpa)}$$

Tegangan pada serat bawah (fb)

$$\frac{F}{Ap} = \frac{13920000}{1688322.6} = 8.245 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{F * e * Yb}{Ip} = \frac{13920000 * 532.25 * 942.25}{5.21573 * 10^{11}} = 13.385 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{Mo * Yb}{Ip} = \frac{5402632477 * 942.25}{5.21573 * 10^{11}} = 9.760 \text{ N/mm}^2$$

$$fb = -8.245 - 13.385 + 9.760 = -11.869 \text{ N/mm}^2 \text{ (Mpa)}$$

Asumsi kehilangan tegangan 20%

Titik	Serat	F / Ap	(F*c*Y) / Ip	(Mo*Y) / Ip	Total
		Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
A	fa	-4.60719	-0.03970	0.00000	-4.64688
	fb	-4.60719	0.04643	0.00000	-4.56076
1	fa	-8.24487	2.96834	-0.14692	-5.42345
	fb	-8.24487	-3.08114	0.15250	-11.17351
2	fa	-8.24487	5.60182	-0.58768	-3.23073
	fb	-8.24487	-5.81470	0.61001	-13.44956
3	fa	-8.24487	7.83015	-1.32227	-1.73699
	fb	-8.24487	-8.12772	1.37252	-15.00007
4	fa	-8.24487	9.65333	-2.35070	-0.94224
	fb	-8.24487	-10.02018	2.44003	-15.82502
5	fa	-8.24487	11.07136	-3.67297	-0.84648
	fb	-8.24487	-11.49210	3.81255	-15.92441

6	fa	-8.24487	12.08424	-5.28908	-1.44971
	fb	-8.24487	-12.54347	5.49008	-15.29826
7	fa	-8.24487	12.69196	-7.19902	-2.75193
	fb	-8.24487	-13.17429	7.47261	-13.94655
8	fa	-8.24487	12.89454	-9.40281	-4.75314
	fb	-8.24487	-13.38456	9.76014	-11.86929

DIAGRAM TEGANGAN SEJARAK 8 M DARI TUMPUAN

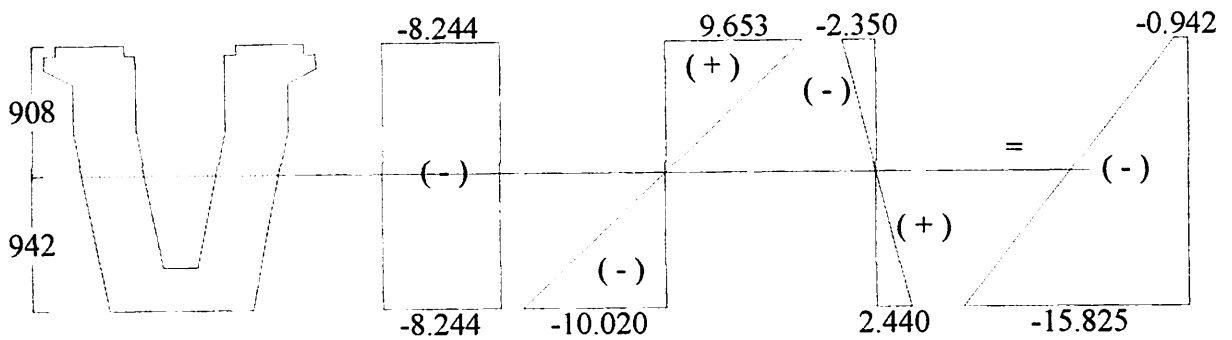
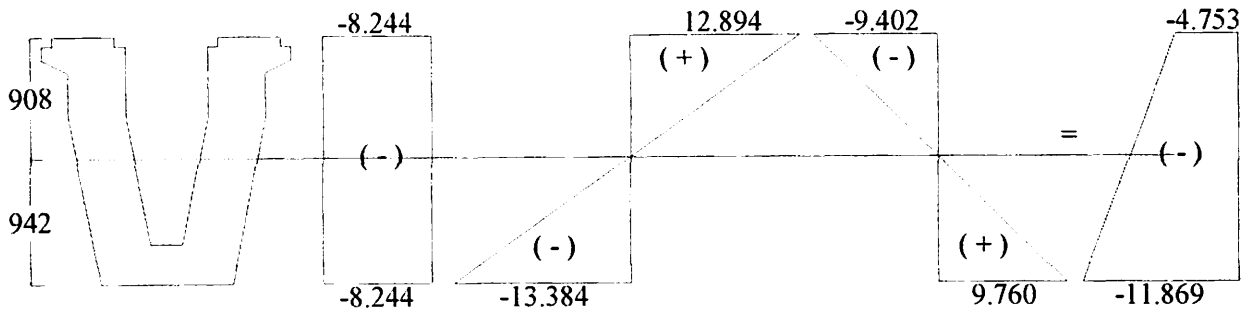


DIAGRAM TEGANGAN DI TENGAH BENTANG



Kehilangan tegangan 8.379%

Titik	Serat	F / Ap	(F*c*Y) / Ip	(Mo*Y) / Ip	Total
		Mpa	Mpa	Mpa	Mpa
A	Ya	-5.27647	-0.00852	0.00000	-5.28498
	Yb	-5.27647	0.00996	0.00000	-5.26650
1	Ya	-9.44259	3.39954	-0.14692	-6.18996
	Yb	-9.44259	-3.52874	0.15250	-12.81882
2	Ya	-9.44259	6.41559	-0.58768	-3.61468
	Yb	-9.44259	-6.65940	0.61001	-15.49198
3	Ya	-9.44259	8.96763	-1.32227	-1.79723
	Yb	-9.44259	-9.30842	1.37252	-17.37849
4	Ya	-9.44259	11.05566	-2.35070	-0.73764
	Yb	-9.44259	-11.47580	2.44003	-18.47836
5	Ya	-9.44259	12.67968	-3.67297	-0.43588
	Yb	-9.44259	-13.16154	3.81255	-18.79158
6	Ya	-9.44259	13.83970	-5.28908	-0.89197
	Yb	-9.44259	-14.36564	5.49008	-18.31815
7	Ya	-9.44259	14.53571	-7.19902	-2.10591
	Yb	-9.44259	-15.08810	7.47261	-17.05809
8	Ya	-9.44259	14.76771	-9.40281	-4.07769
	Yb	-9.44259	-15.32892	9.76014	-15.01137

DIAGRAM TEGANGAN SEJARAK 8 M DARI TUMPUAN

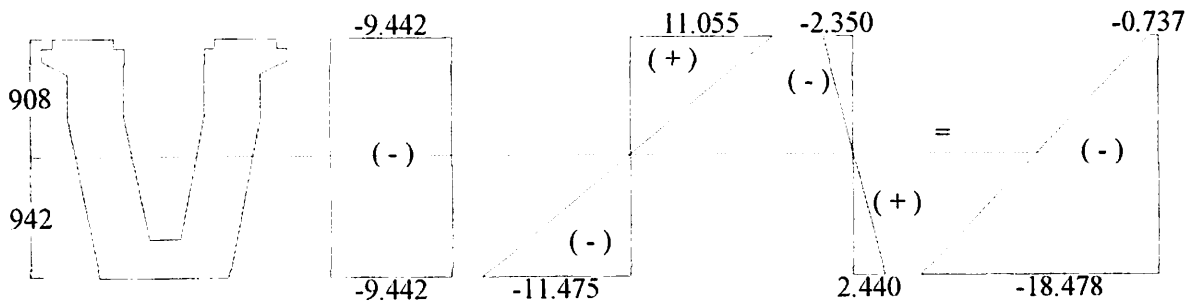
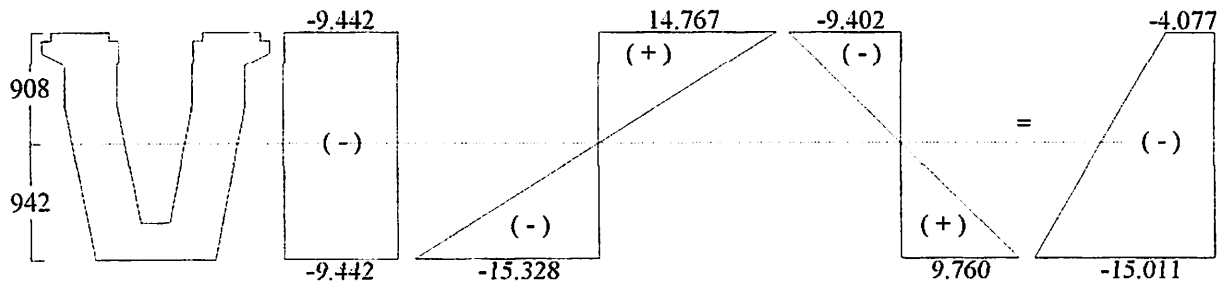


DIAGRAM TEGANGAN DI TENGAH BENTANG



- Berat sendiri dan beban mati bekerja (plat dicor)

$$f = \left(\frac{F}{A_p} \right) \pm \left(\frac{F * e * y}{I_p} \right) \pm \left(\frac{MG * y}{I_p} \right)$$

$$F = 1392000 \text{ kg} = 13920000 \text{ N}$$

$$A_p = 20218.666 \text{ cm}^2 = 2021866.6 \text{ mm}^2$$

$$I_p = 78208566.720 \text{ cm}^4 = 7.82086 * 10^{11} \text{ mm}^4$$

$$Y_a = 88.090 \text{ cm} = 880.90 \text{ mm}$$

$$Y_b = 109.910 \text{ cm} = 1099.10 \text{ mm}$$

Untuk titik 8

$$MG = 871271.248 \text{ kgm} = 8712712477 \text{ Nmm}$$

$$e = 68.910 \text{ cm} = 689.10 \text{ mm}$$

Tegangan pada serat atas (f_a)

$$\frac{F}{A_p} = \frac{13920000}{2021866.6} = 6.885 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{F * e * Y_a}{I_p} = \frac{13920000 * 532.25 * 880.90}{7.82086 * 10^{11}} = 10.804 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{MG * Ya}{Ip} = \frac{8712712477 * 880.90}{7.82086 * 10^{11}} = 9.814 \text{ N/mm}^2$$

$$fa = -6.885 + 10.804 - 9.814 = -5.894 \text{ N/mm}^2 (\text{Mpa})$$

Tegangan pada serat bawah (*fb*)

$$\frac{F}{Ap} = \frac{13920000}{2021866.6} = 6.885 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{F * e * Yb}{Ip} = \frac{13920000 * 532.25 * 1099.10}{7.82086 * 10^{11}} = 13.480 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{MG * Yb}{Ip} = \frac{8712712477 * 1099.10}{7.82086 * 10^{11}} = 12.244 \text{ N/mm}^2$$

$$fb = -6.885 - 13.480 + 12.244 = -8.121 \text{ N/mm}^2 (\text{Mpa})$$

Kehilangan tegangan 20%

Titik	Serat	F / Ap	(F*e*Y') / Ip	(MG*Y') / Ip	Total
		(F*n)/Ap	(F*c*ya*n)/Ip	(MG*ya*n)/Ip	
		Mpa	Mpa	Mpa	
A	fa	-4.80486	0.32627	0.00000	-4.47860
	fb	-4.80486	-0.23662	0.00000	-5.04148
	faa	-3.20892	2.17897	0.00000	-1.02995
	fb	fa*n			-2.99102
1	fa	-6.88473	4.38025	-2.30005	-4.80453
	fb	-6.88473	-5.46524	2.86977	-9.48019
	faa	-4.59795	2.92534	-1.53608	-3.20869
	fb	fa*n			-3.20869
2	fa	-6.88473	6.08457	-4.29343	-5.09358
	fb	-6.88473	-7.59171	5.35690	-9.11953
	faa	-4.59795	4.06357	-2.86736	-3.40174
	fb	fa*n			-3.40174
3	fa	-6.88473	7.52669	-5.98013	-5.33817
	fb	-6.88473	-9.39104	7.46140	-8.81436
	faa	-4.59795	5.02669	-3.99382	-3.56509

	fb	fa*n			-3.56509
4	fa	-6.88473	8.70660	-7.36016	-5.53829
	fb	-6.88473	-10.86321	9.18327	-8.56468
	faa	-4.59795	5.81469	-4.91547	-3.69874
	fb	fa*n			-3.69874
5	fa	-6.88473	9.62431	-8.43352	-5.69394
	fb	-6.88473	-12.00824	10.52249	-8.37048
	faa	-4.59795	6.42758	-5.63231	-3.80268
	fb	fa*n			-3.80268
6	fa	-6.88473	10.27982	-9.20020	-5.80511
	fb	-6.88473	-12.82612	11.47908	-8.23176
	faa	-4.59795	6.86536	-6.14434	-3.87693
	fb	fa*n			-3.87693
7	fa	-6.88473	10.67312	-9.66021	-5.87182
	fb	-6.88473	-13.31684	12.05304	-8.14853
	faa	-4.59795	7.12803	-6.45156	-3.92148
	fb	fa*n			-3.92148
8	fa	-6.88473	10.80423	-9.81355	-5.89405
	fb	-6.88473	-13.48042	12.24435	-8.12079
	faa	-4.59795	7.21558	-6.55396	-3.93633
	fb	fa*n			-3.93633

DIAGRAM TEGANGAN SEJARAK 8 M DARI TUMPUAN

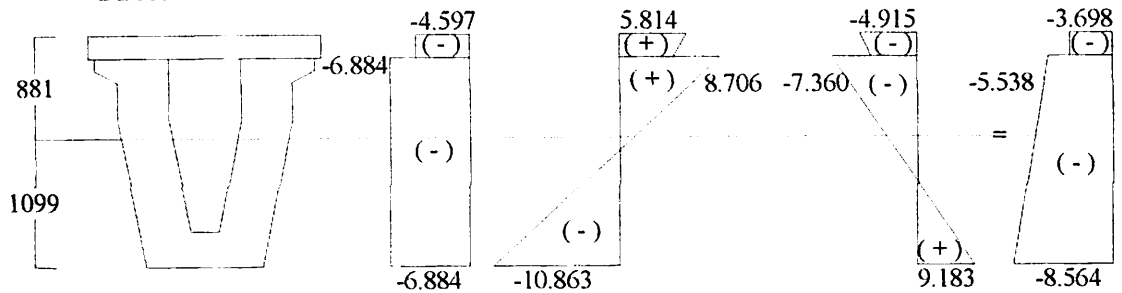
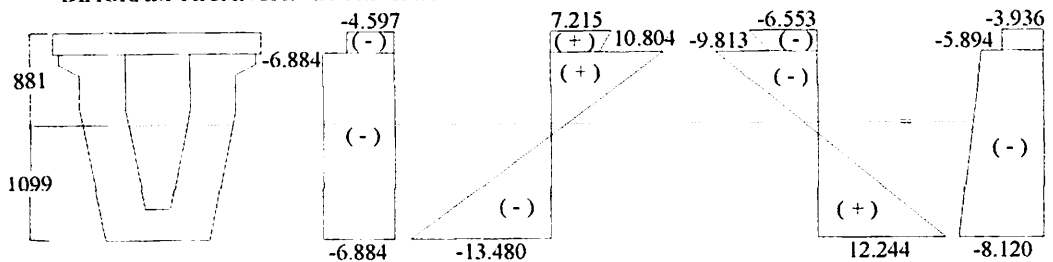


DIAGRAM TEGANGAN DI TENGAH BENTANG



Kehilangan tegangan 8.379%

Titik	Serat	F / Ap	(F*e'*Y') / Ip	(MG*Y') / Ip	Total
		(F*n)/Ap	(F*e'*ya'*n)/Ip	(MG*ya'*n)/Ip	
		Mpa	Mpa	Mpa	
A	fa	-4.40229	0.29893	0.00000	-4.10336
	fb	-4.40229	-0.23662	0.00000	-4.63890
	faa	-3.67508	2.49550	0.00000	-1.17957
	fbb	fa*n			-2.74042
1	fa	-6.88473	4.38025	-2.30005	-4.80453
	fb	-6.88473	-5.46524	2.86977	-9.48019
	faa	-5.26589	3.35030	-1.53608	-3.45167
	fbb	fa*n			-3.20869
2	fa	-6.88473	6.08457	-4.29343	-5.09358
	fb	-6.88473	-7.59171	5.35690	-9.11953
	faa	-5.26589	4.65388	-2.86736	-3.47937
	fbb	fa*n			-3.40174
3	fa	-6.88473	7.52669	-5.98013	-5.33817
	fb	-6.88473	-9.39104	7.46140	-8.81436
	faa	-5.26589	5.75691	-3.99382	-3.50281
	fbb	fa*n			-3.56509
4	fa	-6.88473	8.70660	-7.36016	-5.53829
	fb	-6.88473	-10.86321	9.18327	-8.56468
	faa	-5.26589	6.65938	-4.91547	-3.52198
	fbb	fa*n			-3.69874
5	fa	-6.88473	9.62431	-8.43352	-5.69394
	fb	-6.88473	-12.00824	10.52249	-8.37048
	faa	-5.26589	7.36131	-5.63231	-3.53690
	fbb	fa*n			-3.80268
6	fa	-6.88473	10.27982	-9.20020	-5.80511
	fb	-6.88473	-12.82612	11.47908	-8.23176
	faa	-5.26589	7.86268	-6.14434	-3.54755
	fbb	fa*n			-3.87693
7	fa	-6.88473	10.67312	-9.66021	-5.87182
	fb	-6.88473	-13.31684	12.05304	-8.14853
	faa	-5.26589	8.16351	-6.45156	-3.55394
	fbb	fa*n			-3.92148
8	fa	-6.88473	10.80423	-9.81355	-5.89405
	fb	-6.88473	-13.48042	12.24435	-8.12079
	faa	-5.26589	8.26378	-6.55396	-3.55607
	fbb	fa*n			-3.93633

DIAGRAM TEGANGAN SEJARAK 8 M DARI TUMPUAN

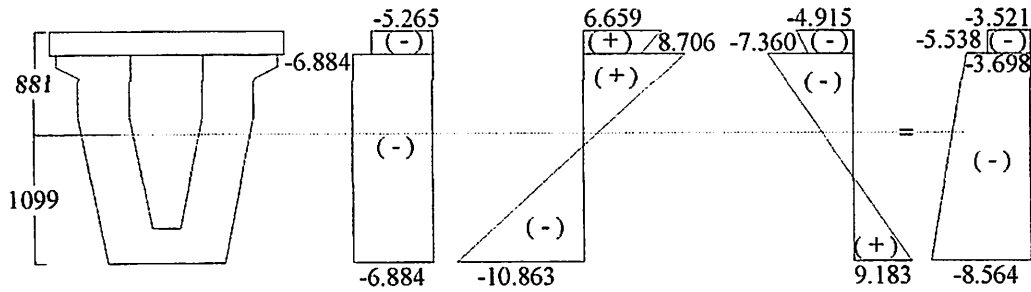
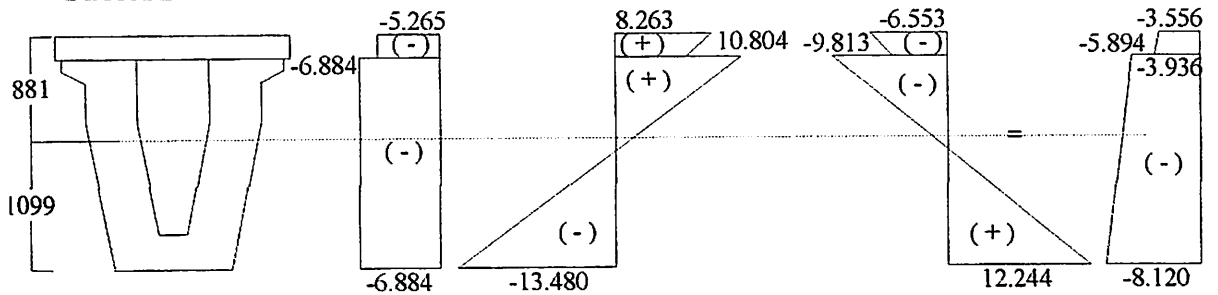


DIAGRAM TEGANGAN DI TENGAH BENTANG



- Berat sendiri, beban mati & beban hidup bekerja (keadaan akhir)

$$f_a = \left(\frac{F}{A_p} \right) \pm \left(\frac{F * e * Y_a - hf}{I_p} \right) \pm \left(\frac{MT * Y_a - hf}{I_p} \right)$$

$$f_b = \left(\frac{F}{A_p} \right) \pm \left(\frac{F * e * Y_b}{I_p} \right) \pm \left(\frac{MT * Y_b}{I_p} \right)$$

$$F = 1392000 \text{ kg} = 13920000 \text{ N}$$

$$A_p = 20218.666 \text{ cm}^2 = 2021866.6 \text{ mm}^2$$

$$I_p = 78208566.720 \text{ cm}^4 = 7.82086 * 10^{11} \text{ mm}^4$$

$$Y_a = 88.090 \text{ cm} = 880.90 \text{ mm}$$

$$Y_b = 109.910 \text{ cm} = 1099.10 \text{ mm}$$

Untuk titik 8

$$Mr = 1342206.350 \text{ kgm} = 13422063496 \text{ Nmm}$$

$$e = 68.910 \text{ cm} = 689.10 \text{ mm}$$

Tegangan pada serat atas (f_a)

$$\frac{F}{Ap} = \frac{13920000}{2021866.6} = 6.885 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{F * e * Y_a - hf}{Ip} = \frac{13920000 * 689.10 * 880.90 - 200}{7.82086 * 10^{11}} = 8.351$$

N/mm²

$$\frac{MT * Y_a - hf}{Ip} = \frac{13422063496 * 880.90 - 200}{7.82086 * 10^{11}} = 11.6855 \text{ N/mm}^2$$

$$f_a = -6.885 + 8.351 - 11.6855 = -10.219 \text{ N/mm}^2 (\text{ Mpa})$$

Tegangan pada serat bawah (f_b)

$$\frac{F}{Ap} = \frac{13920000}{2021866.6} = 6.885 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{F * e * Y_b}{Ip} = \frac{13920000 * 532.25 * 1099.10}{7.82086 * 10^{11}} = 13.480 \text{ N/mm}^2$$

$$\frac{MT * Y_b}{Ip} = \frac{13422063496 * 1099.10}{7.82086 * 10^{11}} = 18.863 \text{ N/mm}^2$$

$$f_b = -6.885 - 13.480 + 18.863 = -1.502 \text{ N/mm}^2 (\text{ Mpa})$$

Kehilangan tegangan 20%

Titik	Serat	F / Ap	$(F \cdot e' \cdot Y_a - hf) / I_p$	$(MT \cdot Y_a - hf) / I_p$	Total
			$(F \cdot e' \cdot Y_b) / I_p$	$(MT \cdot Y_b) / I_p$	
		F*n / Ap	$(F \cdot e' \cdot Y_a \cdot n) / I_p$	$(MT \cdot Y_a \cdot n) / I_p$	
		Mpa	Mpa	Mpa	
A	fa	-4.22617	0.17336	0.00000	-4.05281
	fb	-4.22617	-0.19525	0.00000	-4.42141
	faa	-2.82244	1.43438	0.00000	-1.38806
	fbf	fa*n			-2.70666
1	fa	-6.88473	3.38576	-2.58603	-6.08500
	fb	-6.88473	-5.46524	4.17432	-8.17564
	faa	-4.59795	2.92534	-2.23437	-3.90697
	fbf	fa*n			-4.06385
2	fa	-6.88473	4.70313	-4.85053	-7.03213
	fb	-6.88473	-7.59171	7.82965	-6.64679
	faa	-4.59795	4.06357	-4.19093	-4.72531
	fbf	fa*n			-4.69640
3	fa	-6.88473	5.81783	-6.79351	-7.86041
	fb	-6.88473	-9.39104	10.96597	-5.30979
	faa	-4.59795	5.02669	-5.86969	-5.44096
	fbf	fa*n			-5.24956
4	fa	-6.88473	6.72985	-8.41497	-8.56984
	fb	-6.88473	-10.86321	13.58330	-4.16464
	faa	-4.59795	5.81469	-7.27065	-6.05392
	fbf	fa*n			-5.72335
5	fa	-6.88473	7.43921	-9.71490	-9.16042
	fb	-6.88473	-12.00824	15.68163	-3.21134
	faa	-4.59795	6.42758	-8.39381	-6.56418
	fbf	fa*n			-6.11777
6	fa	-6.88473	7.94589	-10.69330	-9.63215
	fb	-6.88473	-12.82612	17.26095	-2.44989
	faa	-4.59795	6.86536	-9.23917	-6.97176
	fbf	fa*n			-6.43281
7	fa	-6.88473	8.24989	-11.35019	-9.98502
	fb	-6.88473	-13.31684	18.32128	-1.88029
	faa	-4.59795	7.12803	-9.80672	-7.27665
	fbf	fa*n			-6.66848
8	fa	-6.88473	8.35123	-11.68554	-10.21904
	fb	-6.88473	-13.48042	18.86261	-1.50253
	faa	-4.59795	7.21558	-10.09648	-7.47885
	fbf	fa*n			-6.82477

DIAGRAM TEGANGAN SEJARAK 8 M DARI TUMPUAN

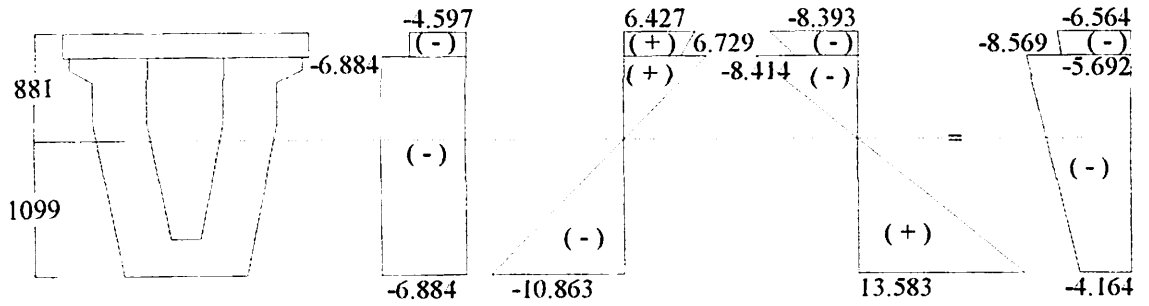
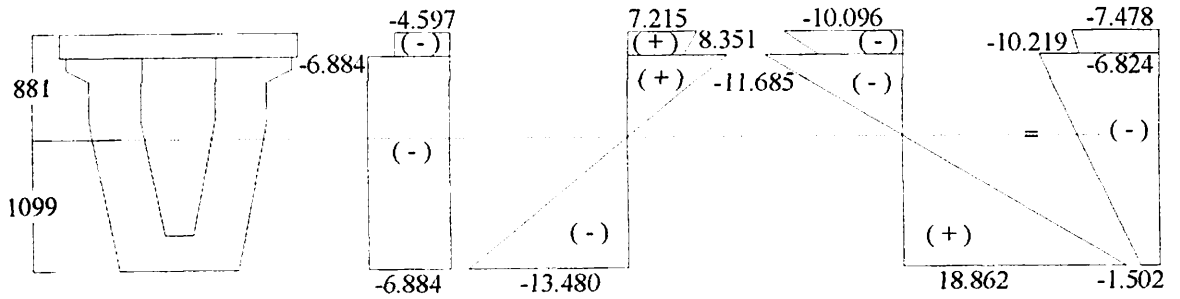


DIAGRAM TEGANGAN DI TENGAH BENTANG



Kehilangan tegangan 8.379%

Titik	Serat	F / Ap	$(F \cdot e' \cdot Y_a' - hf) / I_p$	$(MT \cdot Y_a' - hf) / I_p$	Total
			$(F \cdot e' \cdot Y_b') / I_p$	$(MT \cdot Y_b') / I_p$	
		F*n / Ap	$(F \cdot e' \cdot Y_a' \cdot n) / I_p$	$(MT \cdot Y_a' \cdot n) / I_p$	
		Mpa	Mpa	Mpa	
A	fa	-4.84009	0.19854	0.00000	-4.64155
	fb	-4.84009	-0.22361	0.00000	-5.06370
	faa	-3.23245	1.64275	0.00000	-1.58970
	fbb	fa*n			-3.09985
1	fa	-7.88486	3.87760	-2.58603	-6.59329
	fb	-7.88486	-6.25916	4.17432	-9.96970
	faa	-5.26589	3.35030	-2.23437	-4.14995
	fbb	fa*n			-4.40332
2	fa	-7.88486	5.38635	-4.85053	-7.34905
	fb	-7.88486	-8.69455	7.82965	-8.74976
	faa	-5.26589	4.65388	-4.19093	-4.80294
	fbb	fa*n			-4.90805
3	fa	-7.88486	6.66297	-6.79351	-8.01540
	fb	-7.88486	-10.75526	10.96597	-7.67415

	faa	-5.26589	5.75691	-5.86969	-5.37868
	fb	fa*n			-5.35307
4	fa	-7.88486	7.70749	-8.41497	-8.59234
	fb	-7.88486	-12.44130	13.58330	-6.74286
	faa	-5.26589	6.65938	-7.27065	-5.87716
	fb	fa*n			-5.73838
5	fa	-7.88486	8.51989	-9.71490	-9.07987
	fb	-7.88486	-13.75266	15.68163	-5.95590
	faa	-5.26589	7.36131	-8.39381	-6.29840
	fb	fa*n			-6.06398
6	fa	-7.88486	9.10017	-10.69330	-9.47799
	fb	-7.88486	-14.68935	17.26095	-5.31326
	faa	-5.26589	7.86268	-9.23917	-6.64238
	fb	fa*n			-6.32986
7	fa	-7.88486	9.44835	-11.35019	-9.78670
	fb	-7.88486	-15.25136	18.32128	-4.81494
	faa	-5.26589	8.16351	-9.80672	-6.90911
	fb	fa*n			-6.53603
8	fa	-7.88486	9.56440	-11.68554	-10.00600
	fb	-7.88486	-15.43870	18.86261	-4.46095
	faa	-5.26589	8.26378	-10.09648	-7.09859
	fb	fa*n			-6.68249

DIAGRAM TEGANGAN SEJARAK 8 M DARI TUMPUAN

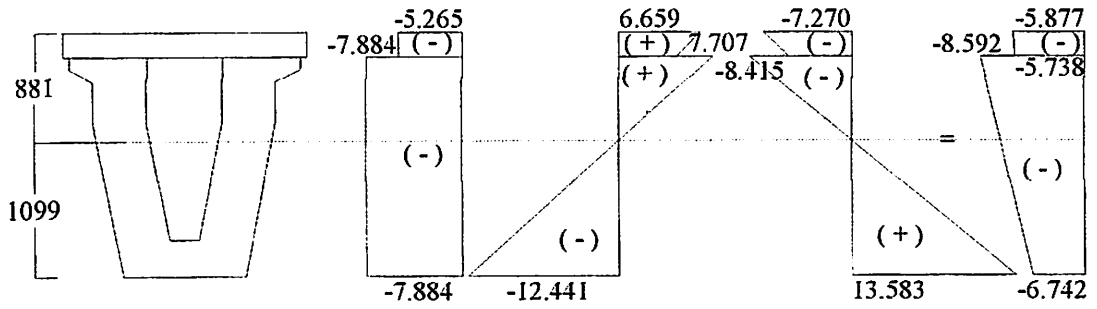
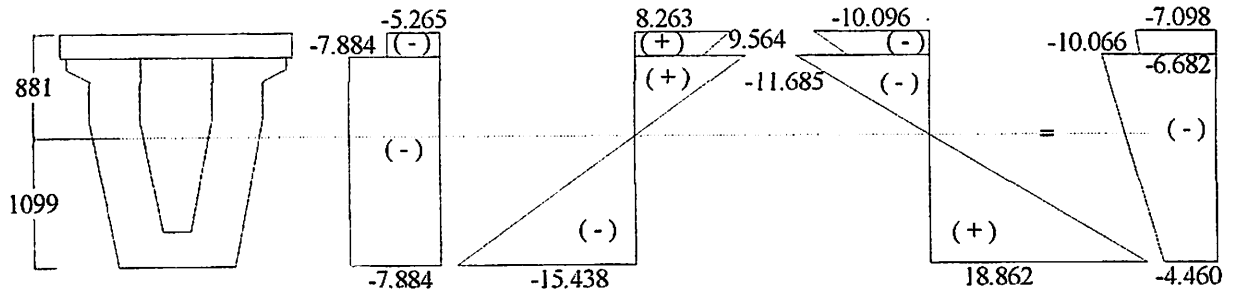


DIAGRAM TEGANGAN DI TENGAH BENTANG



4.6.2. Lendutan

4.6.2.1. Akibat berat sendiri balok

$$\text{Dengan rumus } \Delta_{\max} = \frac{5}{384} * \frac{q * L^4}{E * I}$$

$$q = 4220.807 \text{ kg/m} = 42.208 \text{ N/mm}$$

$$L = 32 \text{ m} = 32000 \text{ mm}$$

$$E = 41634.571 \text{ Mpa} = 41634.571 \text{ N/mm}^2$$

$$I_p = 52157270.359 \text{ cm}^4 = 5.21573 * 10^{11} \text{ mm}^4$$

$$I_p' = 78208566.720 \text{ cm}^4 = 7.82086 * 10^{11} \text{ mm}^4$$

Lendutan maks sebelum komposit

$$5/384 = 0.013$$

$$q * L^4 = 4.42584 * 10^{19} \text{ Nmm}^3$$

$$E * I_p = 2.17155 * 10^{16} \text{ Nmm}^2$$

$$\Delta_{\max} = 26.538 \text{ Mm}$$

Lendutan maks setelah komposit

$$5/384 = 0.013$$

$$q * L^4 = 4.42584 * 10^{19} \text{ Nmm}^3$$

$$E * I_p = 3.25618 * 10^{16} \text{ Nmm}^2$$

$$\Delta_{\max} = 17.698 \text{ Mm}$$

4.6.2.2. Akibat beban mati (plat lantai kendaraan, lapisan aspal & air hujan)

$$q = 6188.807 \text{ kg/m} = 61.888 \text{ N/mm}$$

$$I_p' = 78208566.720 \quad \text{cm}^4 = 7.82086 \cdot 10^{11} \quad \text{mm}^4$$

Lendutan maks setelah komposit

$$5/384 = 0.0130$$

$$q * L^4 = 6.48943\text{E}+19 \quad \text{Nmm}^3$$

$$E * I_p = 3.25618\text{E}+16 \quad \text{Nmm}^2$$

$$\Delta_{\text{max}} = 25.950 \quad \text{mm}$$

4.6.2.3. Akibat beban lajur "D"

a. beban merata

$$q = 2325 \quad \text{kg/m} = 23.25 \quad \text{N/mm}$$

$$5/384 = 0.0130$$

$$q * L^4 = 2.43794\text{E}+19 \quad \text{Nmm}^3$$

$$E * I_p = 3.25618\text{E}+16 \quad \text{Nmm}^2$$

$$\Delta_{\text{max}} = 9.749 \quad \text{mm}$$

b. beban terpusat

$$P = 18480 \quad \text{kg} = 184800 \quad \text{N}$$

$$\Delta_{\text{max}} = \frac{1}{48} * \frac{P * L^3}{E * I_p}$$

$$1/48 = 0.021$$

$$P * L^3 = 6.05553 \cdot 10^{18} \quad \text{Nmm}^3$$

$$E * I_p' = 3.25618 \cdot 10^{16} \quad \text{Nmm}^2$$

$$\Delta_{\text{max}} = 3.874 \quad \text{mm}$$

4.6.2.4. Akibat beban rem

$$\Delta_{\text{max}} = \frac{1}{8} * \frac{M * L^2}{E * I_p'}$$

$$\begin{aligned}
 M &= 25185.404 \text{ kgm} = 251854038.1 \text{ Nmm} \\
 l/8 &= 0.125 \\
 M * L^2 &= 2.57899E+17 \text{ Nmm}^3 \\
 E * I_p' &= 3.25618E+16 \text{ Nmm}^2 \\
 \Delta_{\max} &= 0.990 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.6.2.5. Akibat beban angin

$$\Delta_{\max} = \frac{5}{384} * \frac{q * L^4}{E * I}$$

$$\begin{aligned}
 q &= 100.8 \text{ kg/m} = 1.008 \text{ N/mm} \\
 5/384 &= 0.013 \\
 q * L^4 &= 1.05696E+18 \text{ Nmm}^3 \\
 E * I_p &= 3.25618E+16 \text{ Nmm}^2 \\
 \Delta_{\max} &= 0.423 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.6.2.6. Akibat gaya prategang sebelum komposit

$$\Delta_{\max} = \left[\frac{-5}{48} * \frac{F * L^2}{E * I_p} * (e_1 + e_2) \right] + \left[\frac{F * e_2 * L^2}{8 * E * I_p} \right]$$

$$\begin{aligned}
 F &= 13920000 \text{ N} \\
 L &= 32000 \text{ mm} \\
 E &= 41634.571 \text{ N/mm}^2 \\
 I_p &= 5.21573E+11 \text{ mm}^4 \\
 e_1 &= 532.248 \text{ mm} \\
 e_2 &= 2.902 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 (-5/48) &= -0.104 \\
 F \cdot L^2 / E \cdot I_p &= 0.656 \\
 c_1 + c_2 &= 1544.342 \text{ mm} \\
 F \cdot c_2 \cdot L^2 / 8 \cdot E \cdot I_p &= 0.238 \text{ mm} \\
 \Delta_{\max} &= -105.357 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.6.2.7. Akibat gaya prategang setelah komposit

$$\begin{aligned}
 e' &= 689.099 \text{ mm} \\
 I_p' &= 7.82086E+11 \text{ mm}^4
 \end{aligned}$$

$$\Delta_{\max} = \frac{5 \cdot F \cdot e' \cdot L^2}{48 \cdot E \cdot I_p'}$$

$$\begin{aligned}
 (-5 \cdot F \cdot e' \cdot L^2) &= -4.91124E+19 \text{ Nmm}^3 \\
 48 \cdot E \cdot I_p' &= 1.56297E+18 \text{ Nmm}^2 \\
 \Delta_{\max} &= -31.423 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

4.6.3. Kontrol Lendutan

$$\bar{\Delta} \leq \frac{l}{240} \cdot L = \frac{l}{240} \cdot 3200 = 133.333 \text{ mm}$$

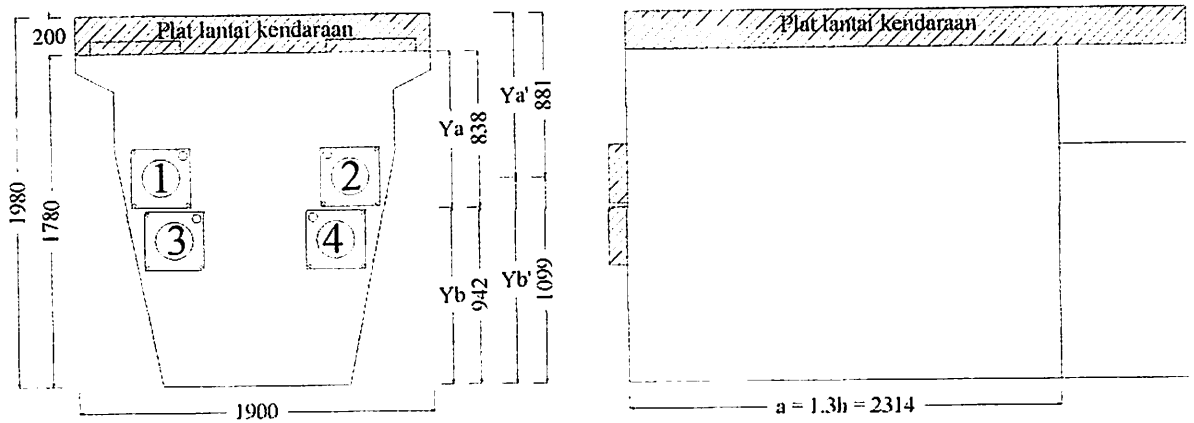
Kontrol Lendutan

Lendutan			mm	
sebelum komposit	a	Akibat Berat sendiri balok	26.538	
	b	Akibat gaya prategang	-105.357	
Komposit	c	Akibat Berat sendiri balok	17.698	
	d	Akibat beban mati (plat, lapisan aspal & air hujan)	25.950	
	e	Akibat beban lajur D	merata	9.749
			terpusat	3.874
	g	Akibat beban rem	0.990	
	h	Akibat beban angin	0.423	
	i	Akibat gaya prategang	-31.423	

Lendutan yang terjadi

Lendutan sesaat setelah transfer gaya		$a + b =$	-78.819	↑	<	133.333	mm
Lendutan saat pengangkatan		$a*1.85 + b*1.5 =$	-108.940	↑	<	133.333	mm
Lendutan jangka pendek	tanpa beban lajur, rem & angin	$i + c + d =$	12.226	↓	<	133.333	mm
	dengan beban lajur, rem & angin	$i + c + d + e + f + g + h =$	27.261	↓	<	133.333	mm
Lendutan jangka panjang	tanpa beban lajur, rem & angin	$i*2.2 + c*2.4 + d*3 =$	51.196	↓	<	133.333	mm
	dengan beban lajur, rem & angin	$i*2.2 + c*2.4 + d*3 + (e+f+g+h)*2.3 =$	85.778	↓	<	133.333	mm

4.6.4. Perencanaan End Blok



Gambar 4.15 Rencana End Blok

Data Perencanaan

- Angkur VSL tipe 31 Sc (31.5 x 31.5 cm)
- Gaya prapenegangan awal $F_o = 13920000$ N
- Mutu beton konvensional $f_c = 35$ Mpa
- Mutu beton prategang $f_c = 60$ Mpa
- Mutu baja tulangan $f_y = 320$ Mpa
- Luas penampang blok ujung $A_{p'} = 32937.663$ cm²
- $Y_{a'} = 103.715$ cm
- $Y_{b'} = 94.285$ cm

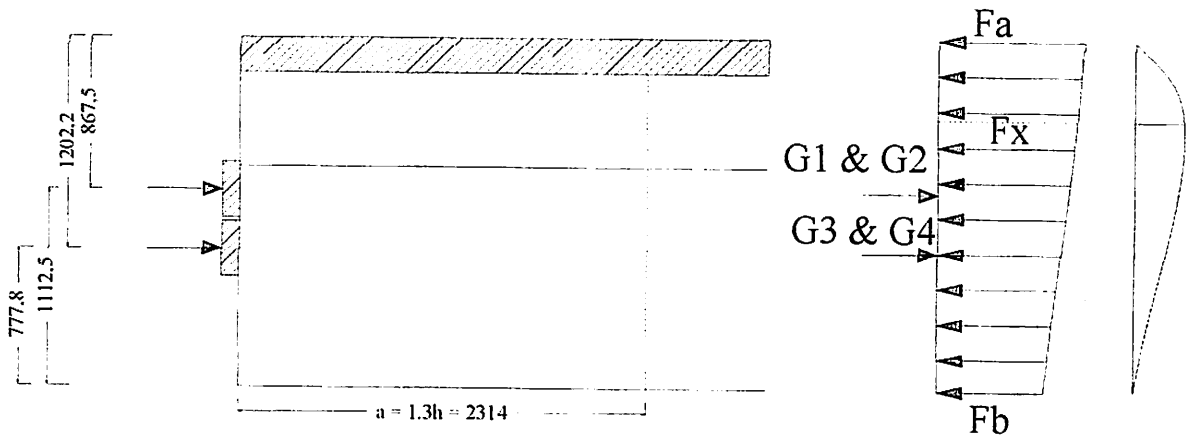
4.6.4.1. Perencanaan tulangan akibat momen pecah ledak (MPL)

Jarak maksimum tegangan yang menyebabkan terjadi pecah ledak $0.45a$.

Dimana panjang blok ujung

- $a = 1.3 * h = 1.3 * 198 = 2574 \text{ mm}$
- $0.45a = 0.45 * 2574 = 891 \text{ mm}$
- $0.2a = 0.2 * 2574 = 514.8 \text{ mm}$

Gaya tarik N tiap tendon $N = 13920000 / 4 = 3480000 \text{ N}$



Gambar 4.16 Diagram tegangan End Blok

$$F1 \ \& \ F2 = 3480000 \text{ N}$$

$$F3 \ \& \ F4 = 3480000 \text{ N}$$

$$b1 \ \& \ b2 = 867.5 \text{ mm}$$

$$b3 \ \& \ b4 = 1202.8 \text{ mm}$$

$$I = \frac{2 * (3480000 * 867.5) + 2 * (3480000 * 1202.8)}{13920000} - \frac{1980}{2}$$

$$I = 45.150 \text{ mm}$$

$$I'a = \frac{13920000}{1980} + \frac{45.150 * 13920000}{1/6 * 1980^2}$$

$$I'a = 7992.176 \text{ N / mm}$$

$$I'b = \frac{13920000}{1980} - \frac{45.150 * 13920000}{1/6 * 1980^2}$$

$$I'b = 6068.430 \text{ N / mm}$$

Momen lentur maksimum bila gaya lintang = 0 , maka

$$F_x = Fa - \left(\frac{x}{h}\right) * (Fa - Fb)$$

$$D = 0 ; \rightarrow \int_0^x p_x dx - 3480000 = 0$$

$$FaX - \frac{X^2}{2h} (Fa - Fb) - 3480000 = 0$$

$$7992.176X - \frac{X^2}{2 * 1980} * (7992.176 - 6068.430) - 3480000 = 0$$

$$7992.176X - \frac{X^2}{3960} * (1923.746) - 3480000 = 0$$

$$7992.176X - 0.486X^2 - 3480000 = 0$$

untuk mencari nilai X digunakan rumus abc

$$X_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$a = -0.486$$

$$b = 7992.176$$

$$c = -3480000$$

didapat

$$X1 = 15997.198 \text{ mm}$$

$$X2 = 447.609 \text{ mm}$$

$$F; 447.609 = 7992.176 - \frac{7992.176 - 6068.430}{1980} * 447.609$$

$$F; 447.609 = 7557.248N / mm$$

$$M \text{ max} = -\frac{447.609^2}{2} * 7992.176 + \frac{447.609^2}{6} * 7992.176 - 7557.284$$

$$M \text{ max} = -800632418.319 + 14522071.847$$

$$M \text{ max} = -786110346.473Nmm$$

Tegangan tarik pada balok ujung

$$b = 1900 \text{ mm}$$

$$a = 2574 \text{ mm}$$

$$\sigma_b = \frac{7.2 * MPL}{b * a^2} = \frac{7.2 * -815154490.166}{1900 * 2574^2}$$

$$\sigma_b = 0.466 \text{ N/mm}^2$$

Standar Australia

$$\bar{f}_b = 0.17 * \sqrt{f_{bk} * f'c} = 0.17 * \sqrt{0.75 * 60}$$

$$f_b = 1.140$$

$$\sigma_b < f_b$$

maka diperlukan tulangan pecah ledak

Gaya tarik yang harus ditahan tulangan

$$T = \frac{2.6 * MPL}{a}$$

$$T = \frac{2.6 * 815154490.166}{2574}$$

$$T = 823388.374 \text{ N}$$

Digunakan baja tulangan dengan $f_y = 320 \text{ Mpa}$

Luas tulangan begel yang dibutuhkan (A_s)

$$A_s \text{ perlu} = T / f_y$$

$$= 823388.374 / 320$$

$$= 2573.089 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan begel D = 12 mm

$$\begin{aligned} A_s &= 2 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \right) \\ &= 2 \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 \right) \\ &= 226.080 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah tulangan (n)

$$\begin{aligned} N &= A_s \text{ perlu} / A_s \\ &= 2573.089 / 226.080 \\ &= 11.381 \end{aligned}$$

dipakai 14 buah

$$\begin{aligned} A_s \text{ ada} &= (2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2) \cdot N \\ &= (2 \cdot \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2) \cdot 14 \end{aligned}$$

$$A_s \text{ ada} = 3165.120 > 2573.089 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan begel D 12 jumlah 14 buah

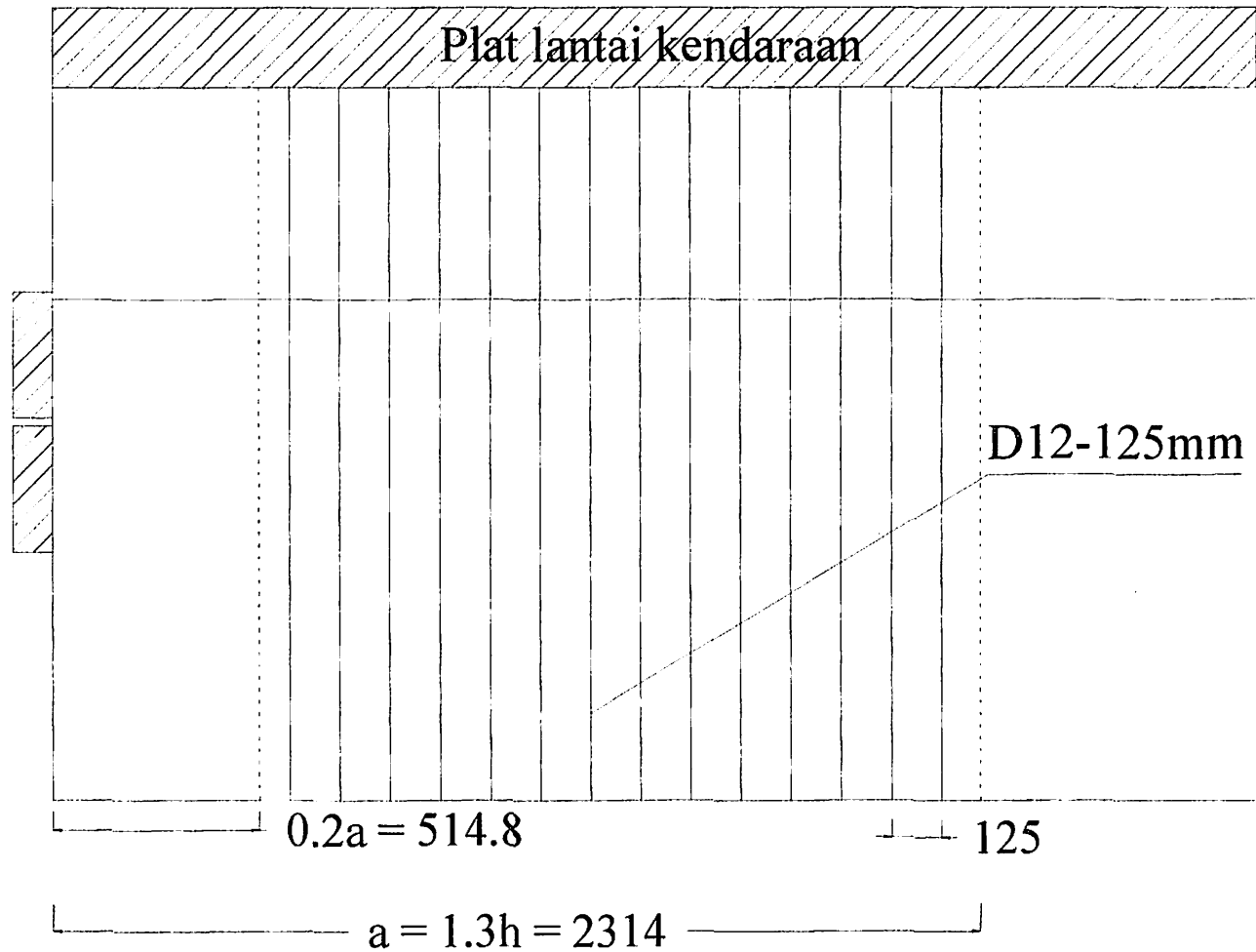
Tulangan begel dipasang antara $0.2 \cdot a$ sampai a

$$a = 2574.000 \text{ mm}$$

$$0.2a = 514.800 \text{ mm}$$

Tulangan dipusatkan pada jarak sejauh $0.45a$

$$0.45a = 1158.300 \text{ mm}$$

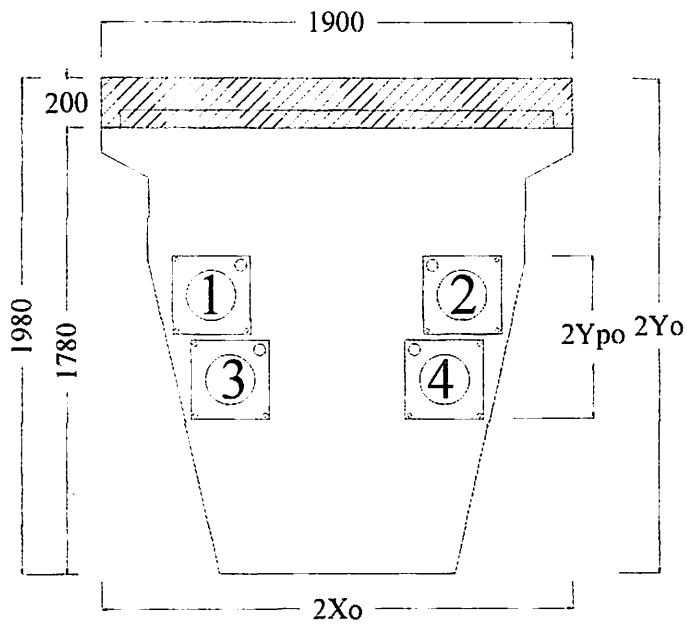


Gambar 4.17 Tulangan begel End Blok

4.6.4.2. Perencanaan tulangan daerah angkur (Pecah gumpal)

Diketahui ;

- $F_o = 13920000 \text{ N}$
- Untuk penampang yang ditinjau $F_o/4 = 3480000 \text{ N}$
- Angkur VSL tipe 12.7 mm (31.5 x 31.5) cm



Gambar 4.18 Penampang Komposit

$2 y_{po} =$	64.970	cm
$y_{po} =$	32.485	cm
$2y_o =$	198	cm
$y_o =$	99	cm
$2x_{po} =$	31.5	cm
$x_{po} =$	15.75	cm
$2x_o =$	190	cm
$x_o =$	95	cm

a. Tulangan arah vertikal

Tarikan memecah tendon

$$F_{bst} = 0.3 * F_o * \left(1 - \frac{y_{po}}{y_o}\right)^{0.58}$$

$$F_{bst} = 0.3 * 13920000 * \left(1 - \frac{32.485}{99}\right)^{0.58}$$

$$F_{bst} = 828944.494 \text{ N}$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_{sp} = \frac{F_{bst}}{0.87 * f_y}$$

$$A_{sp} = \frac{828944.494}{0.87 * 320}$$

$$A_{sp} = 2977.531 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D = 16 mm

$$A_s = 1/4 * \pi * D^2$$

$$1/4 * \pi *$$

$$= 16^2$$

$$= 200.96 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan (n)

$$n = \frac{A_{sp}}{A_s} \quad n = \frac{2977.531}{200.960}$$

$$n = 14.817$$

dipakai 18 buah

b. Tulangan arah horizontal

Tarikan memecah tendon

$$F_{bst} = 0.3 * F_o * \left(1 - \frac{x_{po}}{x_o}\right)^{0.58}$$

$$F_{bst} = 0.3 * 13920000 * \left(1 - \frac{15.75}{95}\right)^{0.58}$$

$$F_{bst} = 939810.699 \text{ N}$$

Luas tulangan yang diperlukan

$$A_{sp} = \frac{F_{bst}}{0.87 * f_y}$$

$$A_{sp} = \frac{939810.699}{0.87 * 320}$$

$$A_{sp} = 3375.757 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan $D = 16 \text{ mm}$

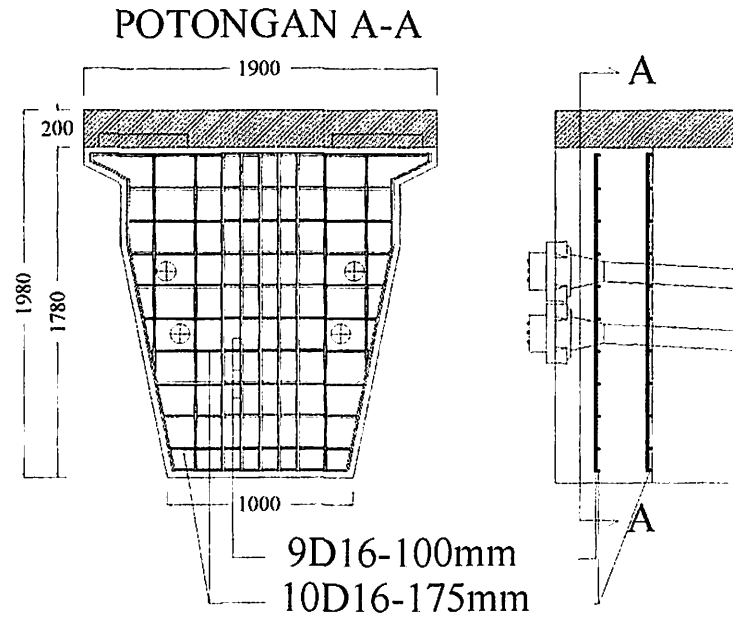
$$A_s = 200.960 \text{ mm}^2$$

$$n = A_{sp} / A_s$$

$$= 3375.757 / 200.960$$

$$= 16.798$$

dipakai 20 buah



Detail penulangan pecah gumpal

Gambar 4.19 Tulangan anyaman End Blok

4.6.5. Penghubung Geser (Shear Conector)

Gaya geser yang terjadi akibat plat lantai

$$f_c = 60 \text{ Mpa}$$

$$b = 1001.772 \text{ mm}$$

$$h_f = 200 \text{ mm}$$

$$A_c = 200354.472 \text{ mm}^2$$

$$V_{hL} = 0.85 * f_c * A_c$$

$$V_{hL} = 0.85 * 60 * 200354.472$$

$$V_{hL} = 10218072.084 \text{ N}$$

Gaya geser yang terjadi akibat balok prategang

$$A_p = 2021866.594 \text{ mm}^2$$

$$V_{hB} = 0.85 * f_c * A_p$$

$$= 0.85 * 60 * 2021866.594$$

$$= 103115196.278 \text{ N}$$

Gaya geser yang terjadi akibat beban V_b

$$V_b = V_u = 2379710.255 \text{ N}$$

$$\text{syarat } V_b \leq V_{hL} + V_{hB}$$

$$2379710.255 \leq 10218072.084 + 103115196.594$$

$$2379710.255 \leq 113333274.363 \text{ N}$$

Alat penghubung geser direncanakan menggunakan stud diameter D 13
maka kekuatan nominal penghubung

$$q_{ult} = 0.0004 * d_s^2 * \sqrt{f_c * E_c}$$

$$H = 100 \text{ mm}$$

$$d_s = 13 \text{ mm}$$

$$f_c = 35 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 41634.571 \text{ Mpa}$$

$$\text{untuk } H/d_s \geq 4$$

$$100 / 13 > 4$$

$$7.692 > 4$$

$$q_{ult} = 0.0004 * 13^2 * \sqrt{35 * 41634.571}$$

$$q_{ult} = 81.603 \text{ kN}$$

$$= 81603.308 \text{ N}$$

Kekuatan elastis shear connector

$$Q_{ne} = \frac{q_{ult}}{2}$$

$$Q_{ne} = 81603.308 / 2$$

$$= 40801.654 \text{ N}$$

Besar gaya horizontal yang harus ditahan shear connector dengan jumlah kaki 2 buah (5 buah shear connector)

$$b_w = 1001.772 \text{ mm}$$

$$V_N = \frac{103115196.278}{10}$$

$$= 10311519.628 \text{ N}$$

Mencari jumlah shear connector, dipakai nilai terkecil diantara V_N dan V_h

dipakai $V_N = 10311519.628 \text{ N}$

$$\begin{aligned} N &= \frac{VN \text{ terkecil}}{q_{ult}} \\ &= \frac{10311519.628}{40801.654} \\ &= 252.723 \end{aligned}$$

jarak antar penghubung geser

$$L = 32000 \text{ mm}$$

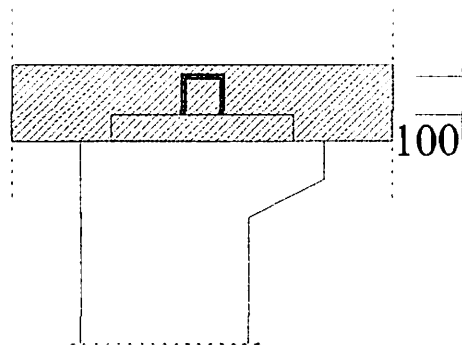
$$N = 254 \text{ buah}$$

$$P = 125.984 \text{ mm}$$

$$= 125 \text{ mm}$$

dipasang penghubung geser

D 13 - 125 mm



Gambar 4.20 Penghubung Geser

4.6.6. Perencanaan Tulangan non prategang

4.6.6.1. Perencanaan Tulangan geser

Diketahui

$$b_w = 200 \text{ cm} = 2000 \text{ mm}$$

$$h = 185 \text{ cm} = 1850 \text{ mm}$$

d = jarak antara serat tekan terluar ketitik berat tulangan

$$d = h - \text{cgs pada tengah bentang balok dari sisi bawah balok}$$

$$= 185 - 41$$

$$= 144 \text{ cm} = 1440 \text{ mm}$$

jarak $0.8 h$

$$d = 0.8 * h = 1480 \text{ mm}$$

4.6.6.2. Perencanaan Tulangan geser pada daerah tumpuan

A. Momen dan gaya lintang terfaktor

a. Gaya Lintang

Gaya Lintang	fkt.beban	V_A (N)	V_u (N)
Gaya lintang akibat b. sendiri (1)	1.3	990209.060	1287271.778
Gaya lintang akibat b. mati (2)	1.3	98880.000	128544.000
Gaya lintang akibat b. lajur "D" (3)	2	464400.000	928800.000
Gaya lintang akibat b. rem (4)	2	7870.440	15740.880
Gaya lintang akibat b. angin (5)	1.2	16128.000	19353.600
Total Gaya lintang terfaktor			2379710.255

Gaya geser terfaktor yang direncanakan sejarak $0.5h$ dari muka

$$\text{tumpuan } 0.5h = 0.5 * 1850 = 925 \text{ mm.}$$

$$\frac{V_u}{V_{u/2h}} = \frac{1/2L}{(1/2L - 1/2h)}$$

$$V_u = 2379710.255 \text{ N}$$

$$1/2 L = 16000 \text{ mm}$$

$$1/2 h = 925 \text{ mm}$$

$$\frac{2379710.255}{V_{u1/2h}} = \frac{16000}{16000 - 925}$$

$$V_{u1/2h} = \frac{2379710.255 * (16000 - 925)}{16000}$$

$$V_{u1/2h} = 2242133.256 \text{ N}$$

b. Momen

Momen	fkt. beban	Ms (Nmm)	Mu (Nmm)
Momen akibat berat sendiri (1)	1.3	7921672477.440	10298174220.672
Momen akibat beban mati (2)	1.3	791040000.000	1028352000.000
Momen akibat beban lajur "D" (3)	2	4454400000.000	8908800000.000
Momen akibat beban rem (4)	2	125927019.051	251854038.102
Momen akibat beban angin (5)	1.2	129024000.000	154828800.000
Momen maximum			20642009058.774

Momen terfaktor yang terjadi bersamaan dengan gaya lintang $V_{u1/2h}$ adalah $M_{u1/2h}$, dimana diagram momen berbentuk parabola

$$Y = \frac{4 * f * 1/2h * (L - 1/2h)}{L^2}$$

$$f = 20390155020.672 \text{ Nmm}$$

$$1/2 h = 925 \text{ mm}$$

$$L = 32000 \text{ mm}$$

$$Y = \frac{4 * 20390155020.672 * (32000 - 925)}{32000^2}$$

$$Y = 2289461961.806 \text{ Nmm}$$

$$1/2 L = 16000 \text{ mm}$$

$$M_{u1/2h} = Y + M_4$$

$$= 2289461961.806 + 251854038.102$$

$$= 2541315999.908 \text{ Nmm}$$

c. Gaya lintang dan momen akibat gaya prategang

• Tegangan akibat gaya prategang awal $F_0 = 17400000 \text{ N}$

• Jarak antara cgs dan cgc $e = 689.099 \text{ mm}$

• Panjang bentang jembatan $L = 32000 \text{ mm}$

$$q = \frac{8 * F_0 * e}{L^2} = \frac{8 * 17400000 * 689.099}{32000^2}$$

$$q = 93.674 \text{ N/mm}$$

$$V_a = \frac{q * L}{2} = \frac{93.674 * 32000}{2}$$

$$V_a = 1498790.264 \text{ N}$$

$$M = \frac{q * L^2}{2} = \frac{93.674 * 32000^2}{2}$$

$$M = 47961288449.263 \text{ Nmm}$$

$$M_{1/2h} = \frac{4 * f * 1/2h * (L - 1/2h)}{L^2}$$

$$M_{1/2h} = \frac{4 * 47961288449.263 * 925 * (32000 - 925)}{32000^2}$$

$$M_{1/2h} = 5385223674.487 \text{ Nmm}$$

$$\text{Gaya lintang total} = V_u - V_a$$

$$= 2379710.255 - 1498790.264$$

$$= 880919.991 \text{ N}$$

Gaya geser terfaktor direncanakan sejarak $1/2h$ dari muka tumpuan.

$$\frac{V}{V_{1/2h}} = \frac{1/2L}{1/2L - 1/2h}$$

$$\frac{880919.991}{V_{1/2h}} = \frac{16000}{16000 - 925}$$

$$V_{1/2h} = 855455.897 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen total} &= M_{1/2h} - Mu_{1/2h} \\ &= 5385223674.487 - 2541315999.908 \\ &= 2843907674.579 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

d. Kuat geser yang disumbangkan beton

•Kuat geser beton (V_c)

$$V_c = \left[\frac{\sqrt{f'_c}}{20} + 5 * \frac{V_u}{Mu} * d \right] b_w * d$$

$$f_c = 60 \text{ Mpa}$$

$$V_u = V_{1/2h} = 855455.897 \text{ N}$$

$$Mu = Mu_{1/2h} = 2843907674.579 \text{ Nmm}$$

$$b_w = 1900 \text{ mm}$$

$$d = 1440 \text{ mm}$$

$$V_c = \left[\frac{\sqrt{60}}{20} + 5 * \frac{855455.897}{2843907674.579} * 1440 \right] * 1900 * 1440$$

$$V_c = 6985226.266 \text{ N}$$

$$\text{Dengan syarat } \frac{1}{6} \sqrt{f_c} * b_w * d \leq V_c < 0.4 \sqrt{f_c} * b_w * d$$

$$V_{c \min} = \frac{1}{6} * \sqrt{60} * 1900 * 1440 = 3532160.812 \text{ N}$$

$$V_{c_{\max}} = 0.4 * \sqrt{60} * 1900 * 1440 = 8477185.948 N$$

$V_c > V_{c_{\min}}$ maka dipakai $V_c = 3532160.812 N$

•Kuat geser beton (V_{ci})

$$V_{ci} = \frac{\sqrt{f_c}}{20} * b_w * d + V_d + \frac{V_i * M_{cr}}{M_{\max}}$$

$$V_d = V_{A1} + V_{A2}$$

$$= 990209.060 + 98880$$

$$= 1089089.060 N$$

$$\frac{V_d}{V_{d_{1/2h}}} = \frac{1/2L}{1/2L - 1/2h}$$

$$\frac{1089089.060}{V_{d_{1/2h}}} = \frac{925}{16000 - 925}$$

$$V_{d_{1/2h}} = 1026126.098 N$$

$$V_i = V_{A3} + V_{A4} + V_{A5}$$

$$= 464400 + 7870.439 + 16128$$

$$= 488398.439 N$$

$$\frac{V_i}{V_{i_{1/2h}}} = \frac{1/2L}{1/2L - 1/2h}$$

$$\frac{488398.439}{V_{i_{1/2h}}} = \frac{16000}{16000 - 925}$$

$$V_{i_{1/2h}} = 460162.904 N$$

$$M_{cr} = \left(\frac{I}{Y_t} \right) * \left(\frac{\sqrt{f_c}}{2} + f_{pe} - f_d \right)$$

$$I = I_c = 7.82086 * 10^6 \text{ mm}^4$$

$$Y_t = 945.150 \text{ mm}$$

$$F = 13920000 \text{ N}$$

$$A_c = 2021866.594 \text{ mm}^2$$

$$Y_{b'} = 1099.099 \text{ mm}$$

$$e = e' = y_{b'} - c_{gs}$$

$$\text{Untuk } X = 925 \text{ mm}$$

$$f = 535.150 \text{ mm}$$

$$Y_{1/2h} = \frac{4 * f * X * (L - X)}{L^2}$$

$$Y_{1/2h} = \frac{4 * 535.150 * 925 * (32000 - 925)}{32000^2}$$

$$Y_{1/2h} = 60.088 \text{ mm}$$

$$c_{gs} = c_{gs} \text{ titik A} - Y_{1/2h}$$

$$= 945.150 - 60.088 = 885.062 \text{ mm}$$

$$e_{1/2h} = c_{gc'} - c_{gs}$$

$$= 1099.099 - 885.062 = 214.037 \text{ mm}$$

$$f_{pe} = \frac{F}{A_c} + \frac{F * e * y_{b'}}{I_c}$$

$$f_{pe} = \frac{13920000}{2021866.594} + \frac{13920000 * 214.037 * 1099.099}{7.82086 * 10^{11}}$$

$$f_{pe} = 11.072 \text{ N / mm}^2$$

$$MG_8 = 8712712477.440 \text{ Nmm}$$

$$MG_{1/2h} = \frac{4 * MG_8 * 1/2h * (L - 1/2h)}{L^2}$$

$$MG_{1/2h} = \frac{4 * 8712712477.440 * 925 * (32000 - 925)}{32000^2}$$

$$MG_{1/2h} = 978287010.620 \text{ Nmm}$$

$$fd = \frac{MG * yb'}{Ic}$$

$$fd = \frac{8712712477.440 * 1099.099}{7.82086 * 10^6}$$

$$fd = 12.440 \text{ N/mm}^2$$

$$Mcr = \left(\frac{I}{Yt} \right) * \left(\frac{\sqrt{fc}}{2} + fpe - fd \right)$$

$$Mcr = \left(\frac{7.82086 * 10^6}{945.150} \right) * \left(\frac{\sqrt{60}}{2} + 11.072 - 12.440 \right)$$

$$Mcr = 2234533118.654 \text{ Nmm}$$

$$Mmax = Mu8.3 + Mu8.4 + Mu8.5$$

$$= 8908800000 + 251854038.102 + 154828800$$

$$= 9315482838.102 \text{ Nmm}$$

Mmax 1/2h dengan persamaan parabola

$$M \text{ max } 1/2h = \frac{4 * M \text{ max} * 1/2h * (L - 1/2h)}{L^2}$$

$$M \text{ max } 1/2h = \frac{4 * 9315482838.102 * 925 * (32000 - 925)}{32000^2}$$

$$M \text{ max } 1/2h = 1045967703.142 \text{ Nmm}$$

$$Vci = \frac{\sqrt{fc}}{20} * bw * d + Vd + \frac{Vi * Mcr}{M \text{ max}}$$

$$Vci = \frac{\sqrt{60}}{20} * 1900 * 1480 + 1089089.060 + \frac{488398.439 * 2234533118.654}{1045967703.142}$$

$$Vci = 3221552.650 \text{ N}$$

Dengan syarat $V_{ci} \geq \frac{\sqrt{f_c}}{7} * b_w * d$

$$V_{ci_{min}} = \frac{\sqrt{60}}{7} * 1900 * 1480 = 3027566.410 N$$

$V_{ci} > V_{ci_{min}}$ maka dipakai $V_{ci} = 3027566.410 N$

•Kuat geser beton (V_{cw})

$$V_{cw} = 0.3(\sqrt{f_c} + f_{pc}) * b_w * d + V_p$$

$$f_{pc} = \frac{F}{A_p} + \frac{F * e' * (y_b' - y_b)}{I_p} - \frac{MG * (y_b' - y_b)}{I_p}$$

F =	13920000	N
A _p =	1688322.649	mm ²
I _p =	5.21573E+11	mm ⁴
y _b ' =	1099.099	mm
y _b =	942.248	mm
e'1/2h =	214.037	mm
MG _{1/2h} =	978287010.620	Nmm

$$\frac{F}{A_p} = \frac{13920000}{1688322.649} = 8.245 N / mm^2$$

$$\frac{F * e' * (y_b' - y_b)}{I_p} = \frac{13920000 * 214.037 * (1099.099 - 942.248)}{5.21573 * 10^{11}} = 0.896 N / mm^2$$

$$-\frac{MG * (y_b' - y_b)}{I_p} = \frac{978287010.620 * (1099.099 - 942.248)}{5.21573 * 10^{11}} = -0.294 N / mm^2$$

$$f_{pc} = 8.847 N / mm^2$$

$$V_p = F \cdot \sin \theta$$

$$\frac{\theta}{2} = \frac{8 \cdot e}{L}$$

$$e' = \text{turunnya kabel diantara tumpuan ke } 1/2L \text{ (Y1/2L)}$$

$$= 689.099 \text{ mm}$$

$$\theta/2 = 0.172 \text{ rad}$$

$$\theta = 0.086 \text{ rad}$$

$$= 4.935$$

$$V_p = 13920000 \cdot \sin 4.935$$

$$= 1197120 \text{ N}$$

$$V_{cw} = 0.3(\sqrt{f_c} + f_{pc}) \cdot b_w \cdot d + V_p$$

$$V_{cw} = 0.3(\sqrt{60} + 8.847) \cdot 1900 \cdot 1480 + 1197120$$

$$V_{cw} = 15194655.831 \text{ N}$$

Dari hasil perhitungan nilai kuat geser beton, V_c diambil nilai yang terkecil dari V_c , V_{ci} , V_{cw}

$$V_c = 3532160.812 \text{ N}$$

$$V_{ci} = 3027566.410 \text{ N}$$

$$V_{cw} = 15194655.831 \text{ N}$$

dipakai

$$V_c = 3027566.410 \text{ N}$$

B. Penulangan geser

Digunakan tulangan geser yang tegak lurus sumbu aksial

$$V_u/2h = 2242133.256 \text{ N}$$

$$V_c = 3027566.410 \text{ N}$$

$$f_y = 320 \text{ Mpa}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_s = \frac{2242133.256}{0.6} - 3027566.410$$

$$V_s = 709322.350 \text{ N}$$

$$\text{sengkang } D = 13 \text{ mm}$$

$$A_v = 2 * (1/4 * \pi * D^2) \text{ mm}^2$$

$$= 2 * (1/4 * 3.14 * 13^2)$$

$$= 265.330 \text{ mm}^2$$

$$s = \frac{A_v * f_y * d}{V_s}$$

$$s = \frac{265.330 * 320 * 1440}{709322.350}$$

$$s = 177.556 \text{ mm}$$

dipakai tulangan

$$D = 13 \text{ mm}$$

$$s = 100 \text{ mm}$$

4.6.6.3. Perencanaan tulangan geser pada daerah lapangan

A. Momen dan Gaya lintang terfaktor

a. Gaya lintang

Gaya Lintang	fkt.beban	V ₄ (N)	V _u (N)
Gaya lintang akibat b. sendiri (1)	1.3	495104.530	643635.889
Gaya lintang akibat b. mati (2)	1.3	49440.000	64272.000
Gaya lintang akibat b. lajur "D" (3)	2	278400.000	556800.000
Gaya lintang akibat b. rem (4)	2	7870.439	15740.877
Gaya lintang akibat b. angin (5)	1.2	8064.000	9676.800
Total Gaya lintang terfaktor			1290125.566

b. Momen

Momen	fkt.beban	M ₈ (Nmm)	M _u (Nmm)
Momen akibat berat sendiri	1.3	5941254358.080	7723630665.504
Momen akibat beban mati	1.3	593280000.000	771264000.000
Momen akibat beban lajur "D"	2	2971200000.000	5942400000.000
Momen akibat beban rem	2	62963509.526	125927019.051
Momen akibat beban angin	1.2	96768000.000	116121600.000
Momen maximum			14679343284.555

B. Gaya lintang dan momen akibat gaya prategang awal

Tegangan gaya prategang awal $F_o = 17400000 \text{ N}$

Jarak antara cgs dan cgc $c' = 689.099 \text{ mm}$

Panjang bentang balok prategang $L = 32000 \text{ mm}$

$$q = \frac{8 * F_o * e}{L^2} = \frac{8 * 17400000 * 689.099}{32000^2} = 93.674 \text{ N / mm}$$

$$V_a = \frac{1}{2} * q * L = \frac{1}{2} * 93.674 * 32000 = 1498790.264 \text{ N}$$

$$M = \frac{1}{2} * q * L^2 = \frac{1}{2} * 93.674 * 32000^2 = 47961288449 \text{ Nmm}$$

Gaya geser direncanakan $\frac{1}{4} L$ dari muka tumpuan = 8 m

$$\frac{V}{V_{1/4L}} = \frac{1/2L}{1/2L - 1/4L}$$

$$V_{1/4L} = \frac{V * (1/2L - 1/4L)}{1/2L}$$

$$V_{1/4L} = \frac{1498790.264 * (16000 - 8000)}{16000} = 749395.132 N$$

$$\text{Gaya lintang total} = V_u - V_{1/4L}$$

$$= 1290125.566 - 749395.132$$

$$= 540730.434 N$$

$$M_{1/4L} = \frac{4 * f * 1/4L * (L - 1/4L)}{L^2}$$

$$M_{1/4L} = \frac{4 * 14616379775.030 * 8000 * (32000 - 8000)}{32000^2}$$

$$M_{1/4L} = 10962284831.272 Nmm$$

$$\text{Momen } 1/4L \text{ total} = M_u - M_{1/4L}$$

$$= 14679343284.555 - 10962284831.272$$

$$= 3717058453.283 Nmm$$

C. Kuat geser yang disumbang oleh beton

• Kuat geser beton (V_c)

$$f_c = 60 \text{ Mpa}$$

$$V_u = V_{u4h} = 540730.434 \text{ N}$$

$$M_u = M_{u4h} = 3717058453.283 \text{ Nmm}$$

$$b_w = 1900 \text{ mm}$$

$$d = 1440 \text{ mm}$$

$$V_c = \left[\frac{\sqrt{f'_c}}{20} + 5 * \frac{V_u}{M_u} * d \right] * b_w * d$$

$$V_c = \left[\frac{\sqrt{60}}{20} + 5 * \frac{540730.434}{3717058453.283} * 1440 \right] * 1900 * 1440$$

$$V_c = 3925343.551 N$$

dengan syarat

$$\frac{1}{6} \sqrt{f'_c} * b_w * d \leq V_c < 0.4 \sqrt{f'_c} * b_w * d$$

Nilai V_c tidak boleh kurang dari V_c min dan lebih dari V_c max

$$V_c \text{ min} = 1/6 * \sqrt{60} * 1900 * 1440$$

$$= 3532160.812 \text{ N}$$

$$V_c \text{ max} = 0.4 * \sqrt{60} * 1900 * 1440$$

$$= 8477185.948 \text{ N}$$

$$\text{dipakai } V_c = 3532160.812 \text{ N}$$

•Kuat geser beton (V_{ci})

$$V_{ci} = \frac{\sqrt{f'_c}}{20} * b_w * d + V_d + \frac{V_i * M_{cr}}{M_{\text{max}}}$$

$$f_c = 60 \text{ Mpa}$$

$$b_w = 1900 \text{ mm}$$

$$d = 1440 \text{ mm}$$

$$V_d = V_{A1} + V_{A2}$$

$$= 544544.530 \text{ N}$$

$$V_i = V_{uA3} + V_{uA4} + V_{uA5}$$

$$= 582217.677 \text{ N}$$

$$M_{cr} = \left(\frac{I}{Y_t} \right) * \left(\frac{\sqrt{f'_c}}{2} + f_{pe} - f_d \right)$$

$$I = I_c = 7.82086 * 10^{11} \text{ mm}^4$$

$$Y_t = 945.15 \text{ mm}$$

$$f_{pe} = \frac{F}{A_c} + \frac{F * e * y_{b'}}{I_c}$$

$$F = 13920000 \text{ N}$$

$$A_c' = 2021866.594 \text{ mm}^2$$

$$Y_{b'} = 1099.099 \text{ mm}$$

$$e = e' = y_{b'} - c_{gs}$$

$$\text{untuk } X = 8000 \text{ mm}$$

$$f = 535.150 \text{ mm}$$

$$Y_{1/4L} = 401.363$$

$$c_{gs} = c_{gs} \text{ titik 4} - Y_{1/4L}$$

$$= 543.788 - 401.363$$

$$= 142.425 \text{ mm}$$

$$e_{1/4L} = c_{gc}' - c_{gs}$$

$$= 1099.099 - 142.425$$

$$= 956.674 \text{ mm}$$

$$f_{pe} = \frac{F}{A_c} + \frac{F * e * y_{b'}}{I_c}$$

$$f_{pe} = \frac{13920000}{2021866.594} + \frac{13920000 * 956.674 * 1099.099}{7.82086 * 10^{11}}$$

$$f_{pe} = 25.600 \text{ N / mm}^2$$

$$M_{G4} = 6534534358.080 \text{ Nmm}$$

$$f_d = \frac{MG * y_{b'}}{I_c} = \frac{6534534358.080 * 1099.099}{7.82086 * 10^{11}} = 9.183 \text{ N / mm}^2$$

$$M_{cr} = \left(\frac{I}{Y_t} \right) * \left(\frac{\sqrt{f_c}}{2} + f_{pe} - f_d \right)$$

$$M_{cr} = \left(\frac{7.82086 * 10^{11}}{945.15} \right) * \left(\frac{\sqrt{60}}{2} + 25.6 - 9.183 \right)$$

$$M_{cr} = 13904501857.065 \text{ Nmm}$$

$$M_{max} = M_{u4\ 3} + M_{u4\ 4} + M_{u4\ 5}$$

$$= 6184448619.051 \text{ Nmm}$$

$$V_{ci} = \frac{\sqrt{f_c}}{20} * b_w * d + V_d + \frac{V_i * M_{cr}}{M_{max}}$$

$$V_{ci} = \frac{\sqrt{60}}{20} * 1900 * 1480 + 544544.530 + \frac{582217.677 * 13904501857.065}{6184448619.051}$$

$$V_{ci} = 2942628.018N$$

Dengan syarat $V_{ci} \geq \frac{\sqrt{f_c}}{7} * b_w * d$

$$\sqrt{f_c}/7 = 1.10657$$

$$V_{ci\ min} = \sqrt{60}/7 * 1900 * 1480$$

$$= 3111665.477 \text{ N}$$

$$V_{ci\ min} > V_{ci}$$

maka dipakai $V_{ci\ min}$

$$V_{ci} = 3111665.477 \text{ N}$$

•Kuat geser beton (V_{cw})

$$V_{cw} = 0.3(\sqrt{f_c} + f_{pc}) * b_w * d + V_p$$

$$f_{pc} = \frac{F}{A_p} + \frac{F * e' * (y_b' - y_b)}{I_p} - \frac{M_G * (y_b' - y_b)}{I_p}$$

$$F = 13920000 \text{ N}$$

$$A_p = 1688322.649 \text{ mm}^2$$

$$I_p = 5,21573E+11 \text{ mm}^4$$

$$y_b' = 1099,099 \text{ mm}$$

$$y_b = 942,248 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 e^4 &= 555,311 \text{ mm} \\
 MG &= 6534534358,080 \text{ Nmm} \\
 F/A_p &= 8,245 \text{ N/mm}^2 \\
 F \cdot e' \cdot (y_b' - y_b) / I_p &= 2,325 \text{ N/mm}^2 \\
 MG \cdot (y_b' - y_b) / I_p &= -1,965 \text{ N/mm}^2 + \\
 f_{pc} &= \frac{8,604 \text{ N/mm}^2}{\phantom{8,604 \text{ N/mm}^2}}
 \end{aligned}$$

$$V_p = F \cdot \sin \theta$$

$$\theta = 4 \cdot e / L$$

$$e = 555,311 \text{ mm}$$

$$L = 32000 \text{ mm}$$

$$\theta / 2 = 0,069 \text{ rad}$$

$$\theta = 0,035 \text{ rad}$$

$$= 1,990$$

$$\sin \theta = 0,913$$

$$V_p = 13920000 \cdot \sin 1.990$$

$$= 12708960 \text{ N}$$

$$V_{cw} = 0.3(\sqrt{60} + 8.604) * 1900 * 1480 + 12708960$$

$$V_{cw} = 26502093,831 \text{ N}$$

dipakai nilai V_c terkecil dari

$$V_c = 3532160,812 \text{ N}$$

$$V_{ci} = 3111665,477 \text{ N}$$

$$V_{cw} = 26502093,831 \text{ N}$$

$$\text{dipakai } V_c = 3111665,477 \text{ N}$$

Penulangan geser

$$V_{u4} = 1290125,566 \text{ N}$$

$$V_c = 3111665,477 \text{ N}$$

$$f_y = 320 \text{ Mpa}$$

$$d = 1440 \text{ mm}$$

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c$$

$$V_s = \frac{1290125,566}{0.6} - 3111665,477$$

$$V_s = -961456,2001 \text{ N}$$

Harga V_s yang negatif mengindikasikan bahwa secara otomatis gaya geser terfaktor dapat ditahan oleh kompres geser balok prategang, maka tidak diperlukan tul. geser

Untuk itu dipasang tulangan geser minimum

dipakai tulangan D 13

Syarat SNI 2847 - 2002 untuk sengkang minimum

$$S_{\max} \leq 0.5 d = 0.5 * 1440 = 720 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 0.75 h = 0.75 * 1850 = 1387,5 \text{ mm}$$

$$S_{\max} \leq 600 \text{ mm} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{maka digunakan tulangan } D = 13 \text{ mm}$$

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

Dipasang tulangan

Pada daerah tumpuan D13 – 100 mm

Pada daerah lapangan D13 – 600 mm

4.6.6.4. Perencanaan Tulangan memanjang

Luas tulangan minimum adalah

$$A_s = 0.004 * A$$

Dimana $A_s =$ Luas tulangan tarik non prategang

$$A = 1688322.649 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 0.004 * 1688322.649$$

$$= 6753.291 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D 13 $D = 13 \text{ mm}$

$$A_s = 1/4 * \pi * D^2$$

$$= 1/4 * \pi * 13^2$$

$$= 132.665 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan memanjang yang diperlukan

$$N = A_s \text{ perlu} / A_s$$

$$= 6753.291 / 132.665$$

$$= 50.905$$

Dipasang D 13 dengan jumlah 52

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Perencanaan dimensi balok prategang dengan bentuk penampang U. dengan tinggi balok 1850 mm, lebar balok 1900 mm, tebal plat 200 mm. Tendon yang dipasang berjumlah 4 buah (VSL tipt 31 Sc) dengan jumlah untai 29, Mutu beton ($f'c$) 60 Mpa.
2. Total kehilangan prategang 8.379 %, yang berarti lebih kecil dari 20 %. Tegangan maksimum yang terjadi -20.858 Mpa (tekan) lebih kecil dari tegangan yang diijinkan -36 Mpa (tekan). Lendutan jangka panjang yang terjadi sebesar 85.142 mm, lebih kecil dari lendutan ijin 133.333 mm.
3. Pada balok prategang dipasang tulangan geser D13-100 mm pada daerah tumpuan dan D13-600 mm pada daerah lapangan. Penghubung geser antara plat kendaraan dengan balok prategang D13-125 mm. Tulangan arah memanjang sebanyak 52 batang dengan diameter 13 mm disebar pada penampang balok prategang.
4. Pada daerah angkur (End Block) dipasang tulangan pecah ledak D12 sebanyak 14 batang. Tulangan pecah gumpal dipasang D16 sebanyak 20 batang pada arah horizontal dan 18 batang pada arah vertikal.

5.2. Saran

1. Dalam perencanaan jembatan beton prategang berpenampang U hendaknya diperhatikan dengan seksama dalam perencanaan karakteristik penampangnya sehingga dapat diperoleh bentuk penampang U yang proporsional.
2. Dalam perhitungan penempatan koordinat tendon untuk panampang U perlu ketelitian agar mendapatkan lendutan, tegangan yang diijinkan.

Daftar Pustaka

Anonim., 2002., *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.*
SNI - 03 - 2847 - 2002., Bandung.

DPU., 1992., *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan.* (*Bridge Management system*), Bagian 1,2 dan 7., Jakarta.

Lin, T. Y, dan Burns, H., 1982., *Desain Struktur Beton Prategang.*, Edisi III., Penerbit Erlangga : Jakarta.

Raju, N. K., Alih Bahasa : Suryadi., 1986., *Beton Pratekan (Prestressed Concrete)*, Penerbit Erlangga : Jakarta.

Budiadi, Andri., 2008., *Desain Praktis Beton Prategang.*, Penerbit ANDI : Yogyakarta

Lampiran

Beam Force Detail

Sign convention as diagrams - positive above line, negative below line except Fx where positive is compression. Distance d is given from beam end A.

Beam	LC	d (m)	Axial			Shear			Torsion		Bending	
			Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)				
1	3KOMBINASI	0.000	-150.000	-921.676	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.184		
		0.100	-150.000	-1.14E 3	0.000	0.000	0.000	2.074	0.840			
		0.200	-150.000	-1.38E 3	0.000	0.000	0.000	3.519	0.000			
		0.300	-150.000	-1.8E 3	0.000	0.000	0.000	5.173	0.000			
		0.400	-150.000	-1.8E 3	0.000	0.000	0.000	7.038	0.000			
		0.500	-150.000	-2.02E 3	0.000	0.000	0.000	9.143	0.000			
		0.600	-150.000	-2.24E 3	0.000	0.000	0.000	11.458	0.000			
		0.700	-150.000	-2.47E 3	0.000	0.000	0.000	13.984	0.000			
		0.800	-150.000	-2.69E 3	0.000	0.000	0.000	16.720	0.000			
		0.900	-150.000	-2.91E 3	0.000	0.000	0.000	19.666	0.000			
2	3KOMBINASI	0.000	-150.000	-3.13E 3	0.000	0.000	0.000	19.849	5.882			
		0.126	0.000	11.3E 3	0.000	0.000	0.000	7.986	-8.882			
		0.252	0.000	11.2E 3	0.000	0.000	0.000	-7.986	-8.882			
		0.378	0.000	11E 3	0.000	0.000	0.000	-21.696	-36.264			
		0.504	0.000	10.9E 3	0.000	0.000	0.000	-48.694	-82.838			
		0.630	0.000	10.8E 3	0.000	0.000	0.000	-70.843	-119.986			
		0.756	0.000	10.7E 3	0.000	0.000	0.000	-89.292	-148.979			
		0.882	0.000	10.6E 3	0.000	0.000	0.000	-104.979	-170.041			
		1.008	0.000	10.5E 3	0.000	0.000	0.000	-117.041	-189.694			
		1.134	0.000	10.4E 3	0.000	0.000	0.000	-126.000	-199.694			
3	3KOMBINASI	0.000	0.000	9.64E 3	0.000	0.000	0.000	31.897	17.041			
		0.161	0.000	9.49E 3	0.000	0.000	0.000	24.414	13.984			
		0.322	0.000	9.34E 3	0.000	0.000	0.000	17.041	10.927			
		0.483	0.000	9.19E 3	0.000	0.000	0.000	10.927	7.986			
		0.644	0.000	9.04E 3	0.000	0.000	0.000	4.981	4.981			
		0.805	0.000	8.89E 3	0.000	0.000	0.000	1.976	1.976			
		0.966	0.000	8.75E 3	0.000	0.000	0.000	-1.021	-1.021			
		1.127	0.000	8.60E 3	0.000	0.000	0.000	-4.026	-4.026			
		1.288	0.000	8.46E 3	0.000	0.000	0.000	-7.031	-7.031			
		1.449	0.000	8.32E 3	0.000	0.000	0.000	-10.036	-10.036			
4	3KOMBINASI	0.000	0.000	8.17E 3	0.000	0.000	0.000	3.031	0.000			
		1.610	-0.000	8.03E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		0.126	0.000	7.89E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		0.252	0.000	7.75E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		0.378	0.000	7.61E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		0.504	0.000	7.47E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		0.630	0.000	7.33E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		0.756	0.000	7.19E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		0.882	0.000	7.05E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		1.008	0.000	6.91E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
5	3KOMBINASI	0.000	0.000	6.77E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		0.161	0.000	6.63E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		0.322	0.000	6.49E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		0.483	0.000	6.35E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		0.644	0.000	6.21E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		0.805	0.000	6.07E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		0.966	0.000	5.93E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		1.127	0.000	5.79E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		1.288	0.000	5.65E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			
		1.449	0.000	5.51E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000			

Beam Force Detail Cont...

Beam	LC	d (m)	Axial			Shear			Torsion		Bending	
			Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)				
6	3KOMBINASI	0.483	0.000	86.076	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-5.444		
		0.644	0.000	-63.172	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-5.468		
		0.805	0.000	-211.421	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-5.284		
		0.966	0.000	-359.670	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-4.800		
		1.127	0.000	-507.919	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-4.109		
		1.288	0.000	-656.167	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-3.190		
		1.449	0.000	-804.416	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-2.043		
		1.610	-0.000	-952.665	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.669		
		0.126	0.000	-1.2E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.746		
		0.252	0.000	-1.31E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.300		
7	3KOMBINASI	0.378	0.000	-1.43E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	3.993			
		0.504	0.000	-1.54E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	5.826			
		0.630	0.000	-1.66E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	7.798			
		0.756	0.000	-1.78E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	9.930			
		0.882	0.000	-1.89E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	12.201			
		1.008	0.000	-2.01E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	14.611			
		1.134	0.000	-2.12E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	17.160			
		1.260	-0.000	-2.24E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	19.849			
		0.000	-150.000	3.13E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	19.666			
		0.100	-150.000	2.91E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	16.720			

Beam Force Detail

Sign convention as diagrams - positive above line, negative below line except Fx where positive is compression. Distance d is given from beam end A.

Beam	LC	d (m)	Axial		Shear		Torsion		Bending	
			Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)		
1	3KOMBINASI	0.000	-150.000	-921.676	0.000	0.000	0.000	-0.184		
		0.100	-150.000	-1.14E 3	0.000	0.000	0.000	2.074		
		0.200	-150.000	-1.36E 3	0.000	0.000	0.000	2.974		
		0.300	-150.000	-1.58E 3	0.000	0.000	0.000	3.519		
		0.400	-150.000	-1.8E 3	0.000	0.000	0.000	5.173		
		0.500	-150.000	-2.02E 3	0.000	0.000	0.000	7.038		
		0.600	-150.000	-2.24E 3	0.000	0.000	0.000	9.143		
		0.700	-150.000	-2.47E 3	0.000	0.000	0.000	11.458		
		0.800	-150.000	-2.69E 3	0.000	0.000	0.000	13.984		
		0.900	-150.000	-2.91E 3	0.000	0.000	0.000	16.720		
2	3KOMBINASI	0.000	-150.000	-3.13E 3	-0.000	-0.000	-0.000	19.666		
		0.100	-150.000	-3.35E 3	0.000	0.000	0.000	19.849		
		0.200	-150.000	-3.57E 3	0.000	0.000	0.000	19.962		
		0.300	-150.000	-3.79E 3	0.000	0.000	0.000	20.194		
		0.400	-150.000	-4.01E 3	0.000	0.000	0.000	20.575		
		0.500	-150.000	-4.23E 3	0.000	0.000	0.000	21.095		
		0.600	-150.000	-4.45E 3	0.000	0.000	0.000	21.755		
		0.700	-150.000	-4.67E 3	0.000	0.000	0.000	22.574		
		0.800	-150.000	-4.89E 3	0.000	0.000	0.000	23.533		
		0.900	-150.000	-5.11E 3	0.000	0.000	0.000	24.631		
3	3KOMBINASI	0.000	-150.000	-1.06E 3	0.000	0.000	0.000	25.868		
		0.100	-150.000	-1.28E 3	0.000	0.000	0.000	27.245		
		0.200	-150.000	-1.50E 3	0.000	0.000	0.000	27.976		
		0.300	-150.000	-1.72E 3	0.000	0.000	0.000	28.689		
		0.400	-150.000	-1.94E 3	0.000	0.000	0.000	29.878		
		0.500	-150.000	-2.16E 3	0.000	0.000	0.000	31.106		
		0.600	-150.000	-2.38E 3	0.000	0.000	0.000	32.533		
		0.700	-150.000	-2.60E 3	0.000	0.000	0.000	34.143		
		0.800	-150.000	-2.82E 3	0.000	0.000	0.000	35.919		
		0.900	-150.000	-3.04E 3	0.000	0.000	0.000	37.849		
4	3KOMBINASI	0.000	-150.000	-1.46E 3	0.000	0.000	0.000	39.899		
		0.100	-150.000	-1.68E 3	0.000	0.000	0.000	42.074		
		0.200	-150.000	-1.90E 3	0.000	0.000	0.000	44.492		
		0.300	-150.000	-2.12E 3	0.000	0.000	0.000	47.143		
		0.400	-150.000	-2.34E 3	0.000	0.000	0.000	50.019		
		0.500	-150.000	-2.56E 3	0.000	0.000	0.000	53.113		
		0.600	-150.000	-2.78E 3	0.000	0.000	0.000	56.424		
		0.700	-150.000	-3.00E 3	0.000	0.000	0.000	60.019		
		0.800	-150.000	-3.22E 3	0.000	0.000	0.000	63.849		
		0.900	-150.000	-3.44E 3	0.000	0.000	0.000	67.919		
5	3KOMBINASI	0.000	-150.000	-1.86E 3	0.000	0.000	0.000	72.216		
		0.100	-150.000	-2.08E 3	0.000	0.000	0.000	76.776		
		0.200	-150.000	-2.30E 3	0.000	0.000	0.000	81.576		
		0.300	-150.000	-2.52E 3	0.000	0.000	0.000	86.616		
		0.400	-150.000	-2.74E 3	0.000	0.000	0.000	91.896		
		0.500	-150.000	-2.96E 3	0.000	0.000	0.000	97.416		
		0.600	-150.000	-3.18E 3	0.000	0.000	0.000	103.176		
		0.700	-150.000	-3.40E 3	0.000	0.000	0.000	109.176		
		0.800	-150.000	-3.62E 3	0.000	0.000	0.000	115.416		
		0.900	-150.000	-3.84E 3	0.000	0.000	0.000	121.896		

Beam Force Detail Cont...

Beam	LC	d (m)	Axial		Shear		Torsion		Bending	
			Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)		
6	3KOMBINASI	0.000	-150.000	-1.75E 3	0.000	0.000	0.000	7.338		
		0.100	-150.000	-1.97E 3	0.000	0.000	0.000	4.689		
		0.200	-150.000	-2.19E 3	0.000	0.000	0.000	2.367		
		0.300	-150.000	-2.41E 3	0.000	0.000	0.000	0.106		
		0.400	-150.000	-2.63E 3	0.000	0.000	0.000	-3.534		
		0.500	-150.000	-2.85E 3	0.000	0.000	0.000	-5.013		
		0.600	-150.000	-3.07E 3	0.000	0.000	0.000	-6.264		
		0.700	-150.000	-3.29E 3	0.000	0.000	0.000	-4.290		
		0.800	-150.000	-3.51E 3	0.000	0.000	0.000	-2.176		
		0.900	-150.000	-3.73E 3	0.000	0.000	0.000	0.077		
7	3KOMBINASI	0.000	-150.000	-2.11E 3	0.000	0.000	0.000	5.001		
		0.100	-150.000	-2.33E 3	0.000	0.000	0.000	7.692		
		0.200	-150.000	-2.55E 3	0.000	0.000	0.000	10.522		
		0.300	-150.000	-2.77E 3	0.000	0.000	0.000	13.492		
		0.400	-150.000	-2.99E 3	0.000	0.000	0.000	16.601		
		0.500	-150.000	-3.21E 3	0.000	0.000	0.000	19.849		
		0.600	-150.000	-3.43E 3	0.000	0.000	0.000	23.216		
		0.700	-150.000	-3.65E 3	0.000	0.000	0.000	26.704		
		0.800	-150.000	-3.87E 3	0.000	0.000	0.000	30.319		
		0.900	-150.000	-4.09E 3	0.000	0.000	0.000	34.064		

Beam Force Detail

Sign convention as diagrams: positive above line, negative below the except Fx where positive is compression. Distance d is given from beam end A.

Beam	LC	d (m)	Axial		Shear		Torsion		Bending	
			Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Rx (kNm)	Ry (kNm)	Mz (kNm)		
1	3KOMBINASI	0.000	-150.000	-921.676	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.184	
		0.100	-150.000	-1.14E 3	0.000	0.000	0.000	0.840		
		0.200	-150.000	-1.36E 3	0.000	0.000	0.000	2.074		
		0.300	-150.000	-1.59E 3	0.000	0.000	0.000	3.519		
		0.400	-150.000	-1.9E 3	0.000	0.000	0.000	5.173		
		0.500	-150.000	-2.02E 3	0.000	0.000	0.000	7.039		
		0.600	-150.000	-2.24E 3	0.000	0.000	0.000	9.143		
		0.700	-150.000	-2.47E 3	0.000	0.000	0.000	11.458		
		0.800	-150.000	-2.69E 3	0.000	0.000	0.000	13.984		
		0.900	-150.000	-2.91E 3	0.000	0.000	0.000	16.720		
1.000	-150.000	-3.13E 3	0.000	0.000	0.000	19.666				
2	3KOMBINASI	0.000	0.000	2.77E 3	0.000	0.000	0.000	19.649		
		0.125	0.000	2.68E 3	0.000	0.000	0.000	16.501		
		0.252	0.000	2.54E 3	0.000	0.000	0.000	13.291		
		0.378	0.000	2.43E 3	0.000	0.000	0.000	10.221		
		0.504	0.000	2.31E 3	0.000	0.000	0.000	7.291		
		0.630	0.000	2.19E 3	0.000	0.000	0.000	4.499		
		0.756	0.000	2.08E 3	0.000	0.000	0.000	1.867		
		0.882	0.000	1.96E 3	0.000	0.000	0.000	-0.625		
		1.008	0.000	1.85E 3	0.000	0.000	0.000	-2.979		
		1.134	0.000	1.73E 3	0.000	0.000	0.000	-5.192		
1.260	0.000	1.61E 3	0.000	0.000	0.000	-7.267				
3	3KOMBINASI	0.000	0.000	-1.01E 3	0.000	0.000	0.000	-5.545		
		0.161	0.000	-1.16E 3	0.000	0.000	0.000	-3.586		
		0.322	0.000	-1.3E 3	0.000	0.000	0.000	-1.419		
		0.483	0.000	-1.45E 3	0.000	0.000	0.000	0.985		
		0.644	0.000	-1.6E 3	0.000	0.000	0.000	3.617		
		0.805	0.000	-1.75E 3	0.000	0.000	0.000	6.509		
		0.966	0.000	-1.9E 3	0.000	0.000	0.000	9.629		
		1.127	0.000	-2.05E 3	0.000	0.000	0.000	12.976		
		1.288	0.000	-2.19E 3	0.000	0.000	0.000	16.550		
		1.449	0.000	-2.34E 3	0.000	0.000	0.000	20.353		
1.610	0.000	-2.48E 3	0.000	0.000	0.000	24.353				
4	3KOMBINASI	0.000	0.000	11.3E 3	0.000	0.000	0.000	6.449		
		0.126	0.000	11.2E 3	0.000	0.000	0.000	7.315		
		0.252	0.000	11.1E 3	0.000	0.000	0.000	8.181		
		0.378	0.000	11E 3	0.000	0.000	0.000	9.047		
		0.504	0.000	10.9E 3	0.000	0.000	0.000	9.913		
		0.630	0.000	10.7E 3	0.000	0.000	0.000	10.779		
		0.756	0.000	10.5E 3	0.000	0.000	0.000	11.645		
		0.882	0.000	10.3E 3	0.000	0.000	0.000	12.511		
		1.008	0.000	10.1E 3	0.000	0.000	0.000	13.377		
		1.134	0.000	9.9E 3	0.000	0.000	0.000	14.243		
1.260	0.000	9.7E 3	0.000	0.000	0.000	15.109				
5	3KOMBINASI	0.000	0.000	-16.8E 3	0.000	0.000	0.000	28.826		
		0.161	0.000	-16.1E 3	0.000	0.000	0.000	28.826		
		0.322	0.000	-15.4E 3	0.000	0.000	0.000	28.826		
		0.483	0.000	-14.7E 3	0.000	0.000	0.000	28.826		
		0.644	0.000	-14.0E 3	0.000	0.000	0.000	28.826		
		0.805	0.000	-13.3E 3	0.000	0.000	0.000	28.826		
		0.966	0.000	-12.6E 3	0.000	0.000	0.000	28.826		
		1.127	0.000	-11.9E 3	0.000	0.000	0.000	28.826		
		1.288	0.000	-11.2E 3	0.000	0.000	0.000	28.826		
		1.449	0.000	-10.5E 3	0.000	0.000	0.000	28.826		

Beam Force Detail Cont...

Beam	LC	d (m)	Axial		Shear		Torsion		Bending	
			Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Rx (kNm)	Ry (kNm)	Mz (kNm)		
6	3KOMBINASI	0.483	0.000	9.61E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	1.749	
		0.644	0.000	9.47E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	-13.320	
		0.805	0.000	9.32E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	-28.162	
		0.966	0.000	9.17E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	-42.744	
		1.127	0.000	9.02E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	-48.175	
		1.288	0.000	8.87E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	-28.390	
		1.449	0.000	8.72E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	-1.239	
		1.610	0.000	8.57E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	26.140	
		1.771	0.000	8.42E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	26.140	
		1.932	0.000	8.27E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	24.874	
7	3KOMBINASI	0.100	-150.000	2.91E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	16.720	
		0.200	-150.000	2.69E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	13.984	
		0.300	-150.000	2.47E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	11.458	
		0.400	-150.000	2.24E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	9.143	
		0.500	-150.000	2.02E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	7.039	
		0.600	-150.000	1.8E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	5.173	
		0.700	-150.000	1.58E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	3.519	
		0.800	-150.000	1.36E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	2.074	
		0.900	-150.000	1.14E 3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.840	
		1.000	-150.000	921.676	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.184	

Beam Force Detail

Sign convention as diagrams - positive above line, negative below line except Fx where positive is compression. Distance d is given from beam end A

Beam	LC	d (m)	Axial			Shear			Torsion		Bending	
			Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)				
1	3KOMBINASI	0.000	-150.000	-921.676	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.184		
		0.100	-150.000	-1.14E 3	0.000	0.000	0.000	0.840				
		0.200	-150.000	-1.36E 3	0.000	0.000	0.000	2.074				
		0.300	-150.000	-1.58E 3	0.000	0.000	0.000	3.519				
		0.400	-150.000	-1.8E 3	0.000	0.000	0.000	5.173				
		0.500	-150.000	-2.02E 3	0.000	0.000	0.000	7.038				
		0.600	-150.000	-2.24E 3	0.000	0.000	0.000	9.143				
		0.700	-150.000	-2.47E 3	0.000	0.000	0.000	11.458				
		0.800	-150.000	-2.69E 3	0.000	0.000	0.000	13.984				
		0.900	-150.000	-2.91E 3	0.000	0.000	0.000	16.720				
1.000	-150.000	-3.13E 3	-0.000	-0.000	-0.000	19.666						
2	3KOMBINASI	0.000	0.000	11.2E 3	0.000	0.000	19.849	6.039				
		0.126	0.000	11.1E 3	0.000	0.000	17.632					
		0.252	0.000	11E 3	0.000	0.000	15.164					
		0.378	0.000	10.9E 3	0.000	0.000	12.456					
		0.504	0.000	10.8E 3	0.000	0.000	9.489					
		0.630	0.000	10.7E 3	0.000	0.000	6.276					
		0.756	0.000	10.5E 3	0.000	0.000	2.864					
		0.882	0.000	10.3E 3	0.000	0.000	0.000					
		1.008	0.000	10.1E 3	0.000	0.000	0.000					
		1.134	0.000	9.9E 3	0.000	0.000	0.000					
3	3KOMBINASI	0.000	0.000	10.2E 3	0.000	0.000	48.749	0.000				
		0.161	0.000	10E 3	0.000	0.000	32.836					
		0.322	0.000	9.86E 3	0.000	0.000	17.150					
		0.483	0.000	9.72E 3	0.000	0.000	1.693					
		0.644	0.000	9.57E 3	0.000	0.000	-13.538					
		0.805	0.000	9.42E 3	0.000	0.000	-28.540					
		0.966	0.000	9.27E 3	0.000	0.000	-43.233					
		1.127	0.000	9.12E 3	0.000	0.000	-48.874					
		1.288	0.000	8.97E 3	0.000	0.000	-29.250					
		1.449	0.000	8.82E 3	0.000	0.000	-2.280					
4	3KOMBINASI	0.000	0.000	17.3E 3	0.000	0.000	24.959	0.000				
		0.126	0.000	16.815	0.000	0.000	23.462					
		0.252	0.000	16.328	0.000	0.000	21.965					
		0.378	0.000	15.841	0.000	0.000	20.468					
		0.504	0.000	15.354	0.000	0.000	18.971					
		0.630	0.000	14.867	0.000	0.000	17.474					
		0.756	0.000	14.380	0.000	0.000	15.977					
		0.882	0.000	13.893	0.000	0.000	14.480					
		1.008	0.000	13.406	0.000	0.000	12.983					
		1.134	0.000	12.919	0.000	0.000	11.486					
5	3KOMBINASI	0.000	0.000	17.3E 3	0.000	0.000	24.949	0.000				
		0.161	0.000	17.2E 3	0.000	0.000	22.980					
		0.322	0.000	17E 3	0.000	0.000	21.011					

Beam Force Detail Cont...

Beam	LC	d (m)	Axial			Shear			Torsion		Bending	
			Fx (kg)	Fy (kg)	Fz (kg)	Mx (kNm)	My (kNm)	Mz (kNm)				
6	3KOMBINASI	0.483	0.000	1.28E 3	0.000	0.000	0.000	-48.856				
		0.644	0.000	-9.26E 3	0.000	0.000	0.000	-43.235				
		0.805	0.000	-9.41E 3	0.000	0.000	0.000	-28.503				
		0.966	0.000	-9.56E 3	0.000	0.000	0.000	-13.512				
		1.127	0.000	-9.71E 3	0.000	0.000	0.000	1.708				
		1.288	0.000	-9.86E 3	0.000	0.000	0.000	17.156				
		1.449	0.000	-10E 3	0.000	0.000	0.000	32.829				
		1.610	-0.000	-10.2E 3	-0.000	-0.000	-0.000	48.731				
		0.126	0.000	15.9E 3	0.000	0.000	0.000	29.142				
		0.252	0.000	15.7E 3	0.000	0.000	0.000	9.693				
7	3KOMBINASI	0.378	0.000	15.6E 3	0.000	0.000	0.000	-9.617				
		0.504	0.000	15.5E 3	0.000	0.000	0.000	-28.787				
		0.630	0.000	15.3E 3	0.000	0.000	0.000	-47.818				
		0.756	0.000	10.8E 3	0.000	0.000	0.000	-34.564				
		0.882	0.000	-10.9E 3	0.000	0.000	0.000	-21.159				
		1.008	0.000	-11E 3	0.000	0.000	0.000	-7.656				
		1.134	0.000	-11.1E 3	0.000	0.000	0.000	6.037				
		1.260	-0.000	-11.2E 3	-0.000	-0.000	-0.000	19.849				
		0.100	-150.000	3.13E 3	0.000	0.000	0.000	19.666				
		0.200	-150.000	2.91E 3	0.000	0.000	0.000	16.720				
8	3KOMBINASI	0.300	-150.000	2.47E 3	0.000	0.000	13.984					
		0.400	-150.000	2.24E 3	0.000	0.000	9.143					
		0.500	-150.000	2.02E 3	0.000	0.000	7.038					
		0.600	-150.000	1.8E 3	0.000	0.000	5.173					
		0.700	-150.000	1.58E 3	0.000	0.000	3.519					
		0.800	-150.000	1.36E 3	0.000	0.000	2.074					
		0.900	-150.000	1.14E 3	0.000	0.000	0.840					
		1.000	-150.000	921.676	-0.000	-0.000	-0.184					



FORM REVISI / PERBAIKAN
 BIDANG STRUKTUR.

Nama : Moch. Amin Fikri
 NIM : 0521060
 Hari tanggal : Jum'at, 17/2 - 2012.

Perbaiki materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi:

- Satuan / konversi dari kNm ke Nm betul-betul.
- Lengkapilah keterangan analisis di pakai EXCEL dan STAAD PRO, jelaskan!
- Lengkapilah ket. qbr pd perh statika lantai kendaraan.

Perbaikan Seminar Hasil Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar. Bila melebihi 14 hari, maka tidak dapat diikuti Ujian Skripsi.

Pengumpulan berkas untuk Ujian Skripsi dengan menyertakan lembar pengesahan dari Dosen Pembahas dan Kaprodi

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui:

Malang, 20-2-2012
 Dosen Pembahas

Malang, 17-2-2012
 Dosen Pembahas

SEMINAR HASIL SKRIPSI PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG

Nama : M. AMIN FIKRI

NIM : 05.21.066

Hari tanggal : Jumat 17-02-2012

Isikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi:

— Pelebaran Perlebaran

— Gambar rencana g. Perlebaran

— Beban D dan beban T

— Perlebaran BMS. g. / Adm

AS

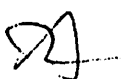
Perbaikan Seminar Hasil Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar. Bila melebihi 14 hari, maka tidak dapat diikuti Ujian Skripsi.


Pengumpulannya berkas untuk Ujian Skripsi dengan menyertakan lembar pengesahan dari Dosen Pembahas dan Kaprodi

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, _____ 20
Dosen Pembahas

Malang, _____ 20
Dosen Pembahas

()

()



FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG STRUKTUR.

Nama : Moch. Amin Fikri
NIM : 0521060
Hari/tanggal : Jum'at, 17/2 - 2012.

Perbaikan materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi:

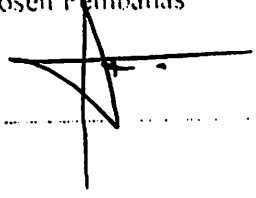
- Satuan / konversi dari kN/m ke kNm betulkan.
- Lengkapilah kekurangan analisis di pakai EXCEL dan STAAD PRO, jelaskan!
- Lengkapilah ket. gbr pd perh statika lantai kendaraan.

Perbaikan Seminar Hasil Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar. Bila melebihi 14 hari, maka tidak dapat diikutkan Ujian Skripsi.

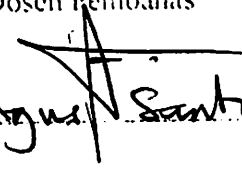
Penyempurnaan berkas untuk Ujian Skripsi dengan menandatangani lembar persetujuan dari Dosen Pembahas dan Kaprodi

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui:

Malang, 20 - 2 - 2012
Dosen Pembahas

()

Malang, 17 - 2 - 2012
Dosen Pembahas

()

FORM REVISI / PERBAIKAN
BIDANG _____

Nama : M. AMIN FIKRI
NIM : 05.21.060
Hari/tanggal : Jumat 17-02-2012

Isi/materi Seminar Hasil Tugas Akhir meliputi:

- Revisi Revisi Gambar
- Gambar Revisi 2 g Revisi
- Beban D dan beban T
- Perencanaan BMS. 9 L / Adm

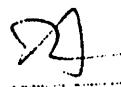
AS


Perbaikan Seminar Hasil Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Seminar. Bila melebihi 14 hari, maka tidak dapat diikuti Ujian Skripsi.

Pengumpulan berkas untuk Ujian Skripsi dengan menyertakan lembar pengesahan dari Dosen Pembahas dan Kaprodi

Skripsi telah diperbaiki dan disetujui:
Malang, _____ 20
Dosen Pembahas

Malang, _____ 20
Dosen Pembahas

()

()



FORM REVISI / PERBAIKAN
ISIAN STRUKTUR.

Nama : MOTT AMIN FIKRI
 NIM : 0521060
 Hari / tanggal : Rabu, 22 Februari 2012

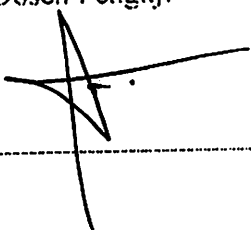
Perbaikan materi Skripsi meliputi :

- Celi lagi perh. tul. geser
 bagaimana adanya terdapat

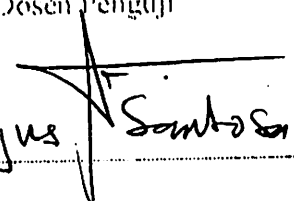
Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, 22 - 2 2012
 Dosen Penguji

()

Malang, 22 - 2 - 2012
 Dosen Penguji

( A. Agus Sambosa.)



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
 Jl. Bendungan Sigura-gura 2
 Jl. Raya Karanglo Km. 2
 Malang

UJIAN SKRIPSI

PRODI TEKNIK SIPIL S-1

FORM REVISI / PERBAIKAN BIDANG _____

Nama : _____

NIM : 05 21060

Hari / tanggal : _____ / _____

Perbaikan materi Skripsi meliputi :

Perbaiki nilai DLA = 0,3 seharusnya 0,4
 serta BMS 92

[Handwritten signature]

Perbaikan Skripsi harus diselesaikan selambatnya 14 hari terhitung sejak pelaksanaan Ujian dilaksanakan. Bila melebihi masa 14 hari, maka tidak dapat diikuti Yudisium

Tugas Akhir telah diperbaiki dan disetujui :

Malang, _____ 2010
 Dosen Penguji

Malang, _____ 2010
 Dosen Penguji

[Handwritten signature]

[Handwritten signature]

(_____)

(_____)

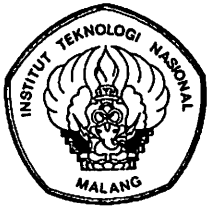


INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
JL. Bend. Sigura-gura No. 2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI

Nama : M. Amin Fikri
Nim : 05.21.060
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing : Ir. Ester Priskasari, MT
Judul : STUDI PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN
GADANG-BUMIAYU DENGAN PENAMPANG GELAGAR
MEMANJANG U-BEAM PRESSTRESS

NO	TANGGAL	URAIAN	TANDA TANGAN
		- hantar belahang di perbaiki landasan besi diperbaiki	
		landasan besi beban lantai	
		kayu tumpang perhit.	
		plat pelat diperbaiki kayu tumpang pralaga	


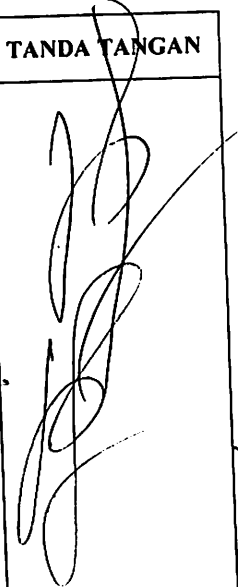
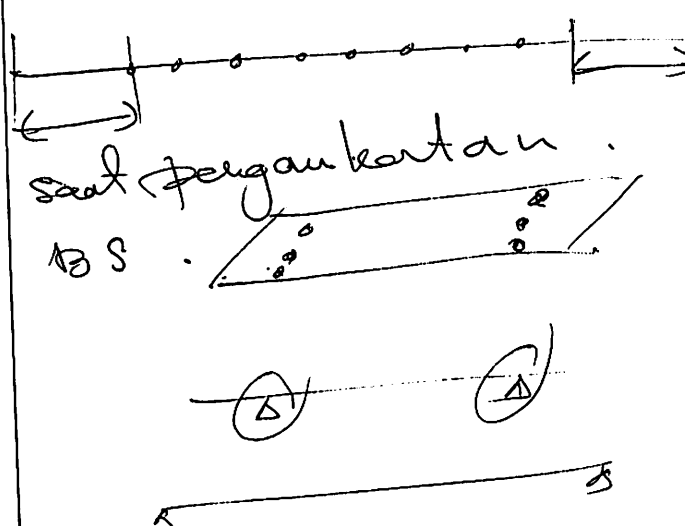


INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

JL. Bend. Sigura-gura No. 2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI

Nama : M. Amin Fikri
Nim : 05.21.060
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing : Ir. Ester Priskasari, MT
Judul : STUDI PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN
GADANG-BUMIAYU DENGAN PENAMPANG GELAGAR
MEMANJANG U-BEAM PRESTRESS


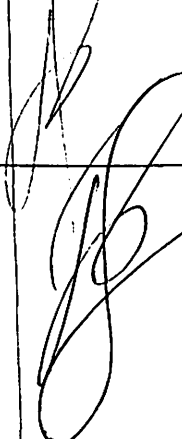
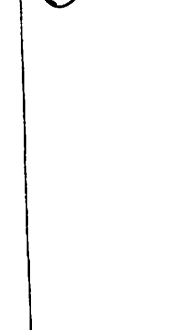
NO	TANGGAL	URAIAN	TANDA TANGAN
	20/11	diagram Tayan 	
	14/12	sat pengangkutan BS 	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
JL. Bend. Sigura-gura No. 2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI

Nama : M. Amin Fikri
Nim : 05.21.060
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing : Ir. Ester Priskasari, MT
Judul : STUDI PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN
GADANG-BUMIAYU DENGAN PENAMPANG GELAGAR
MEMANJANG U-BEAM PRESSTRESS

NO	TANGGAL	URAIAN	TANDA TANGAN
		Betulkan diagram momen pecah ledak lanjutkan tul geser	
		gambar perencanaan	
		ace momen	



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
JL. Bend. Sigura-gura No. 2
MALANG

LEMBAR ASISTENSI

Nama : M. Amin Fikri
Nim : 05.21.060
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Dosen Pembimbing : Eri Andrian Yudianto, ST., MT
Judul : STUDI PERENCANAAN BANGUNAN ATAS JEMBATAN
GADANG-BUMIAYU DENGAN PENAMPANG GELAGAR
MEMANJANG U-BEAM PRESSTRESS

NO	TANGGAL	URAIAN	TANDA TANGAN
1	25/8 '11	- Tulisan 2 spasi - Asistensi bica di kertas bekas - Pembetulan \rightarrow titik laju. (moti). - Gambar denah penulangan plot	
2	9/7 '11	- Ada fy yg belum diganti \rightarrow fy sama - Gbr penulangan plot, arah x dan y - Gbr pet. melintang plot beton - Nomor dan nama gbr.	
3	18/8 '11	- Judul gambar - Grafik \rightarrow skala - Gambar diperbesar	
4	27/12 2011	- Momen akibat beban mati total. salah - Tabel perhitungannya gaya proteksi salah - Koreksi sampai akhir.	
5	2/12 '12	- Gambar akhir, semua penyempitan sebagus mungkin di rubah	

