

SKRIPSI

**PERENCANAAN ULANG ABUTMENT JEMBATAN
MENGUNAKAN APLIKASI MIDAS
(STUDI KASUS : JEMBATAN SUNGAI BENGKALIS
JALAN BENGKALIS)**

*Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi
Sarjana Terapan Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan*



Oleh :

RINA YESTIVA
4204211428

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS
TAHUN 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

**PERENCANAAN ULANG ABUTMENT JEMBATAN
MENGUNAKAN APLIKASI MIDAS
(STUDI KASUS : JEMBATAN SUNGAI BENGKALIS
JALAN BENGKALIS)**

*Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
Program Studi Sarjana Terapan Jurusan Teknik Sipil*

Oleh :
RINA YESTIVA
4204211428

Disetujui Oleh Tim Penguji Skripsi

Tanggal Ujian : 30 Juli 2025
Periode Wisuda : 2025/ IX

1. Dedi Enda, M.T
NIP. 198507092019031007

(Dosen Pembimbing)

2. Muhammad Gale Garcya, ST., M.T
NIP. 199412222022031010

(Dosen Penguji 1)

3. Marita Syarimah, ST., M.T
NIP. 198911152025062004

(Dosen Penguji 2)

4. Roma Dearn, MT
NIP. 199607022024062002

(Dosen Penguji 3)

Bengkalis, 30 Juli 2025

Ketua Program Studi D.IV Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan


Lizat, M.T
NIP. 198707242022031003

LEMBAR PENGESAHAN

Kami dengan sebenarnya menyatakan bahwa, kami telah membaca keseluruhan dari Skripsi ini, dan kami berpendapat bahwa Skripsi ini layak memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan.

Tanda tangan



Nama penguji 1

: Muhammad Gala Garcya, ST., M.T

Tanggal Pengujian

: 30 Juli 2025

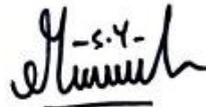
Nama penguji 2

: Marita Syarimah, ST., M.T

Tanggal Pengujian

: 30 Juli 2025

Tanda tangan



Nama penguji 3

: Rona Dearn, ST., M.T

Tanggal Pengujian

: 30 Juli 2025

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi ini adalah asli hasil karya saya dan tidak terdapat karya yang pernah dilakukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan di perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau dipublikasikan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disebutkan sumbernya dalam naskah dan dalam daftar pustaka.

Bengkalis, 30 Juli 2025



Rina Yestiva
4204211428

PERENCANAAN ULANG ABUTMENT JEMBATAN MENGGUNAKAN APLIKASI MIDAS

Nama Mahasiswa : Rina Yestiva
Nim : 4204211428
Dosen Pembimbing : Dedi Enda M.T

Abstrak

Jembatan merupakan infrastruktur penting yang berfungsi sebagai penghubung antara dua wilayah yang dipisahkan oleh rintangan seperti sungai. Salah satu komponen utama dari struktur jembatan adalah abutment, yaitu struktur penahan yang menopang ujung jembatan dan menahan tekanan tanah dari belakang dengan tujuan melakukan perencanaan ulang abutment agar mampu menahan beban yang semakin meningkat akibat pertumbuhan lalu lintas dan risiko gempa bumi. Jembatan yang ditinjau memiliki panjang total ± 60 meter, terdiri dari tiga bentang masing-masing sepanjang 20 meter, dan menggunakan tipe dinding ini sesuai untuk digunakan pada jembatan yang umumnya dibangun pada tanah lunak ($NSPT < 15$). Struktur abutment yang direncanakan ulang menggunakan tipe dinding, Dimensi abutmen jembatan sungai bengkalis menggunakan tiang pancang beton diameter 40 cm dengan kedalaman 24 meter, pilecap dengan dimensi panjang 9,6 meter, lebar 2,6 meter dan tinggi 0,7 meter, dinding abutment bawah dengan dimensi lebar 9,6 meter, tinggi dinding bawah abutment 2 meter, dan tebal dinding bawah abutment 0,7 meter. Perencanaan dilakukan menggunakan perangkat lunak Midas Civil, dari hasil aplikasi midas, gaya dalam di analisis sehingga diperoleh tiang pancang beton diameter 40 dengan kedalaman 24 meter, di dapatkan beban mati sebesar 9,24 KN, beban hidup sebesar 60,48 KN, TP sebesar 2,625 KN.

Kata kunci : Jembatan, Abutment, Midas Civil, Perencanaan Ulang, Tekanan Tanah, Beban Gempa, SNI 1725:2016.

BRIDGE ABUTMENT REDESIGN USING MIDAS APPLICATION

Student Name : Rina Yestiva
Student ID : 4204211428
Supervisor : Dedi Enda M.T

Abstract

Bridges are vital infrastructure that connect two areas separated by obstacles such as rivers. One key structural component of a bridge is the abutment, which supports the bridge ends and resists earth pressure from behind. This study focuses on redesigning the abutment to accommodate increasing loads due to traffic growth and seismic risks. The bridge reviewed has a total length of approximately 60 meters, consisting of three spans of 20 meters each. A wall-type abutment is chosen, suitable for soft soil conditions (NSPT < 15). The redesigned abutment structure for the Bengkalis River bridge uses reinforced concrete piles with a 40 cm diameter and a depth of 24 meters. The pile cap measures 9.6 meters in length, 2.6 meters in width, and 0.7 meters in height. The bottom abutment wall has a width of 9.6 meters, a height of 2 meters, and a thickness of 0.7 meters. The structural analysis and design were performed using Midas Civil software. The software enabled detailed modeling and load analysis according to applicable standards. Based on the analysis results, reinforced piles and pile caps were designed to ensure structural safety under traffic and seismic loads.

Keywords : *Bridge, Abutment, Midas Civil, Redesign, Earth Pressure, Seismic Load, SNI 1725:2016.*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT dan mengharapkan ridho yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Perencanaan Ulang Abutment Jembatan Menggunakan Aplikasi Midas Studi Kasus : Jembatan Sungai Bengkalis Jalan Bengkalis*”. Shalawat dan salam disampaikan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, mudah-mudahan kita semua mendapatkan syafaatnya diyaumul akhir nanti, Aaamiiinn.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Sarjana Terapan di Program Studi D-IV Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil di Politeknik Negeri Bengkalis. Penyelesaian karya tulis ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Kepada ibunda Asnawati, Terimakasih sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada beliau atas segala bentuk do’a, motivasi dan juga semangat yang telah diberikan kepada penulis, terimakasih atas nasehat, kesabaran dan kebesaran hati untuk menghadapi penulis yang keras kepala ini, ibu menjadi pengingat dan penguat penulis yang paling hebat. Penulis persembahkan skripsi ini untuk ibu tercinta.
2. Bapak Hendra Saputra, M.Sc., selaku ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Bengkalis, atas dukungannya selama proses penelitian ini.
3. Bapak Lizar, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan, yang telah memberikan berbagai masukan dan bimbingan.
4. Ibu Roma Dearn, M.T., selaku Koordinator Skripsi, yang membantu dalam setiap proses administrasi dan teknis penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Dedi Enda, M.T., selaku pembimbing Skripsi, yang telah sabar membimbing dan memberikan arahan yang sangat bermanfaat.

6. Bapak/ Ibu Dosen penguji yang telah memeberikan saran dan kritik yang sangat berharga untuk perbaikan skripsi ini.
7. Kepada teman-teman seperjuangan, khususnya rekan-rekan satu bimbingan, terima kasih atas semangat dan bantuannya yang telah diberikan hingga terselesaikannya skripsi ini.
8. Kepada seseorang yang telah sabar dan menjadi support system dalam keadaan masa-masa sulit, Nanang Rizkiawan, terimakasih atas pengertian, do'a, dan atas bantuanmu yang sudah membantu penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
9. Kepada rekan-rekan yang turut serta dalam membantu penyelesaian skripsi ini.
10. Dan support system lainnya yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, semoga segala bantuan yang yang diberikan dicatat oleh Allah SWT sebagai amal ibadah Aaamiinnn.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk menyempurnakan skripsi ini. Harapan penulis, skripsi ini dapat memeberikan manfaat bagi pihak-pihak yang berkepentingan di bidang Teknik Sipil, khususnya dalam analisa kapasitas abutmen jembatan.

Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa memeberikan rahmat dan kemudahan kepada kita semua. Aaaminnn.

Bengkalis , 30 Juli
2025



Rina Vestiva

NIM. 4204211428

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
Abstrak	v
Abstract	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR SIMBOL SERTA SINGKATAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Jembatan	7
2.3 Abutment	7
2.4 Tipe Abutment Jembatan	8
2.4.1 Abutment Jenis Gravitasi	8
2.4.2 Abutment tembok penahan kantilever atau jenis T	9
2.4.3 Abutment jenis penopang (<i>Counterfort</i>)	9
2.5 Pembebanan Pada Abutment	11
2.5.1 Beban Permanen	11
2.5.2 Kelompok pembebanan dan simbol untuk beban	12
2.5.3 Berat sendiri (<i>MS</i>)	16

2.5.4 Beban mati tambahan/utilitas (<i>MA</i>)	16
2.5.5 Beban akibat tekanan tanah (<i>TA</i>)	17
2.6 Pemasangan	18
2.7 Keberadaan Air	18
2.8 Pengaruh Gempa	18
2.9 Jenis – jenis Tekanan Tanah	18
BAB III METODE PENELITIAN	42
3.1 Alat	42
3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan	42
3.3 Tahapan penelitian	43
3.4 Secara Umum langkah – langkah Midas Civil	45
3.4.1 Pendefinisian Material	45
3.4.2 Pendefinisian Section, Nodal, Element, Boundary	46
3.4.3 Result	48
3.4.4 Input Load	48
3.4.5 Perform	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Pengumpulan data	51
4.2 Penampang Abutment	53
4.3 Beban Mati Komponen Struktur dan Nonstruktur (<i>MS</i>)	58
4.4 Beban mati tambahan atau utilitas (<i>MA</i>)	60
4.5 Gaya Akibat Rem (<i>TB</i>)	62
4.6 Gaya horizontal akibat tekanan tanah (<i>TA</i>)	63
4.7 Penentuan kelas situs	67
4.8 Penentuan PGA, S _s dan S ₁	70
4.9 Penentuan faktor situs	71
4.10 Pembuatan kurva respon spektra rencana	74
4.11 Penentuan Zona Gempa	77
4.12 Beban lajur “D”	78
4.13 Beban pejalan kaki (<i>TP</i>)	79
4.14 Gaya akibat temperatur seragam (<i>Eun</i>)	80
4.15 Penulangan Abutmen	83

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	92
5.1Kesimpulan	92
5.2Saran	93
DAFTAR PUSTAKA	94
HALAMAN PERSEMBAHAN	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kondisi Jembatan Sungai Bengkalis Jalan Bengkalis pada saat ini	1
Gambar 2. 1 Abutment Jenis Gravitasi	8
Gambar 2. 2 Abutment tembok penahan kantilever atau jenis T	9
Gambar 2. 3 Abutment jenis penopang (<i>counterfort</i>)	9
Gambar 2. 4 Prosedur perhitungan tekanan tanah pasif untuk dinding vertikal dengan urukan horizontal.	20
Gambar 2. 5 Prosedur perhitungan tekanan tanah pasif untuk dinding vertikal dengan urukan membentuk sudut	21
Gambar 2. 6 Tekanan tanah penyederhanaan tidak terfaktor untuk dinding kantilever	22
Gambar 2. 7 Distribusi tekanan tanah penyederhanaan tidak terfaktor untuk dinding kantilever permanen nongravitasi	22
Gambar 2. 8 Distribusi tekanan tanah penyederhanaan tidak terfaktor untuk dinding kantilever permanen nongravitasi	23
Gambar 2. 9 Distribusi tekanan tanah penyederhanaan tidak terfaktor untuk dinding kantilever sementara nongravitasi dengan elemen dinding	23
Gambar 2. 10 Distribusi tekanan tanah penyederhanaan tidak terfaktor untuk dinding kantilever	24
Gambar 2. 11 Distribusi tekanan tanah penyederhanaan tidak terfaktor dengan elemen dinding vertikal	24
Gambar 2. 12 Distribusi tekanan tanah penyederhanaan tidak terfaktor untuk dinding kantilever sementara nongravitasi	24
Gambar 2. 13 Beban lajur “D”	29
Gambar 2. 14 Alternatif penempatan beban “D” dalam arah memanjang	30
Gambar 2. 15 Pembebanan truk “T” (500 kN)	32
Gambar 2. 16 Beban yang bekerja pada abutment	34
Gambar 2. 17 Gaya- gaya yang bekerja pada fondasi	37

Gambar 2. 18	Tegangan yang timbul akibat momen	37
Gambar 2. 19	Complete model dan condensed matrix model	39
Gambar 2. 20	p-y curve per kedalaman	40
Gambar 3. 1	Kondisi Jembatan Sungai Bengkalis jalan bengkalis pada saat ini	42
Gambar 3. 2	Pembentukan material dan tipe material	45
Gambar 3. 3	Pengukuran penampang struktur	46
Gambar 3. 4	Pembuatan titik nodal	46
Gambar 3. 5	Membuat pembentukan elemen pelat	47
Gambar 3. 6	Perletakan sambungan jepit, sendi, rol	47
Gambar 3. 7	Hasil analisis disajikan dalam bentuk grafik, tabel	48
Gambar 3. 8	Menginput beban hidup, dan beban mati	49
Gambar 3. 9	Hasil analysis perhitungan gaya elemen	50
Gambar 4. 1	Hasil Pengukuran Profil Melintang	52
Gambar 4. 2	Penampang Struktur Atas Jembatan	52
Gambar 4. 3	Penampang Struktur Atas Jembatan	53
Gambar 4. 4	Jembatan Sungai Senderak	54
Gambar 4. 5	Jembatan Sungai Raya Desa Sukamaju Kec. Bantan	56
Gambar 4. 6	Tampak samping abutment	57
Gambar 4. 7	Tampak depan abutment	57
Gambar 4. 8	pondasi abutment	58
Gambar 4. 9	Potongan melintang jembatan	58
Gambar 4. 10	Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia untuk jembatan	71
Gambar 4. 11	Beban lajur “D”	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tipe Tipe Abutment Jembatan	10
Tabel 2. 2 Berat isi untuk beban mati	11
Tabel 2. 3 Beban Transien	12
Tabel 2. 4 Komponen dan sambungan	13
Tabel 2. 5 Kombinasi beban dan faktor beban	15
Tabel 2. 6 Faktor beban untuk berat sendiri	16
Tabel 2. 1 Faktor beban untuk beban mati tambahan	16
Tabel 2. 8 Faktor beban akibat tekanan tanah	17
Tabel 2. 9 Tinggi ekivalen tanah untuk beban kendaraan pada kepala jembatan tegak lurus terhadap lalu lintas	26
Tabel 2. 10 Tinggi ekivalen tanah untuk beban kendaraan pada dinding penahan tanah paralel terhadap lalu lintas	26
Tabel 2. 11 Jumlah lajur lalu lintas rencana	28
Tabel 2. 12 Faktor beban untuk beban lajur “D”	29
Tabel 2. 13 Faktor beban untuk beban “T”	31
Tabel 2. 14 Faktor kepadatan lajur (m)	33
Tabel 4. 1 Pengukuran Profil Sungai Bengkalis Jl. Bengkalis	51
Tabel 4. 2 Faktor beban akibat tekanan tanah :	63
Tabel 4. 3 Beban Mati Tambahan (SDL) perbaiki tabel	64
Tabel 4. 4 Tabel kelas Situs	67
Tabel 4. 5 Pemeriksaan lapisan Tanah	69
Tabel 4. 6 cara Menentukan Nilai N.	70
Tabel 4. 7 Faktor amplifikasi untuk PGA dan 0,2 detik (FPGA/Fa)	72
Tabel 4. 8 Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (FV)	72
Tabel 4. 9 faktor amplifikasi untuk PGA dan 0,2 detik (FPGA/Fa)	73
Tabel 4. 10 besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (Fv)	73
Tabel 4. 11 Data Tanah Lunak	76
Tabel 4. 12 Zona Gempa	77

DAFTAR SIMBOL SERTA SINGKATAN

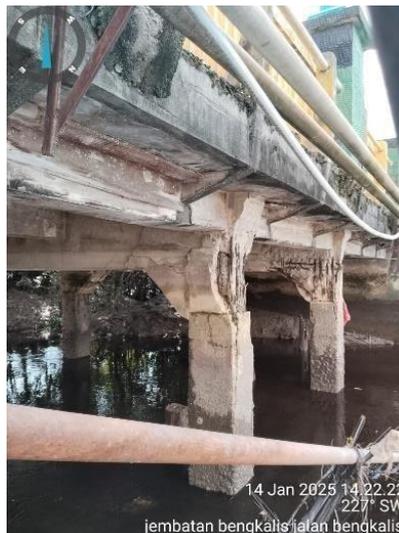
MS	: Beban mati komponen struktural dan non struktural jembatan
MA	: Beban mati perkerasan dan utilitas
TD	: Beban lajur “D”
TT	: Beban truk “T”
TB	: Gaya akibat rem
TP	: Beban pejalan kaki
Ews	: Beban angin pada struktur
EWL	: Beban angin pada kendaraan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jembatan adalah infrastruktur yang sangat penting, karena berfungsi untuk menghubungkan dua wilayah yang terpisah oleh rintangan alam seperti sungai, lembah, atau jalur lalu lintas lainnya. Jembatan memiliki peran yang sangat krusial dalam mendukung kelancaran transportasi dan mobilitas masyarakat, serta berkontribusi pada perkembangan ekonomi suatu daerah. Penting untuk memperhatikan kualitas konstruksi jembatan dengan serius, karena masa pakai, keamanan, dan efektivitas jembatan bergantung pada perencanaan dan perawatan yang tepat.



Gambar 1. 1 Kondisi Jembatan Sungai Bengkalis Jalan Bengkalis pada saat ini
(Sumber : Dokumentasi Lapangan 2024)

Jembatan yang ada di Jalan Bengkalis, yaitu Jembatan Sungai Bengkalis, merupakan salah satu jembatan penting di wilayah tersebut. Seiring dengan berjalannya waktu, volume lalu lintas meningkat, namun kualitas layanan dari struktur jembatan menurun. Pada Gambar 1.1, terlihat kerusakan pada bagian kolom atau tiang yang menjadi keropos, sehingga perlu diambil tindakan untuk mengatasi masalah yang terjadi pada jembatan ini. Salah satu solusi untuk masalah ini adalah

dengan mengganti jembatan tersebut. Untuk melakukan penggantian jembatan, dibutuhkan perencanaan yang baik.

Untuk saat ini, dalam merencanakan perencanaan ulang jembatan terkait analisis struktur jembatan, salah satu aplikasi atau perangkat lunak yang digunakan adalah Midas Civil. Midas Civil merupakan salah satu perangkat lunak yang telah banyak dimanfaatkan untuk analisis dan perancangan struktur jembatan karena keahliannya dalam menangani perhitungan struktural yang rumit, sehingga dalam perencanaan ulang abutmen Jembatan Sungai Bengkalis, menggunakan aplikasi Midas Civil dengan harapan dapat menghasilkan desain yang lebih efisien dan aman.

Fungsi dan Kapasitas dari aplikasi Midas antara lain analisis struktur, desain struktur, analisis beban bergerak, modeling dan visualisasi. Kelebihan dari MIDAS Civil memiliki kelebihan utama yang mampu menganalisis berbagai tipe struktur jembatan secara menyeluruh dan memiliki dukungan kelebihan diantaranya dukungan sepenuhnya terhadap desain jembatan yang kompleks seperti jembatan lengkung, jembatan gantung, jembatan prategang segmen, dan jembatan kabel-stayed, Keterampilan analisis beban yang bergantung pada waktu yang sesuai untuk struktur beton pracetak dan prategang, Integrasi antarmuka pengguna (UGI) yang memudahkan pengisian data, penciptaan model, serta pembacaan hasil analisis, Hasil grafis dan angka yang rinci serta mendukung laporan teknis.

Berdasarkan penjelasan di atas, maka skripsi ini dilakukan perancangan desain ulang jembatan, khususnya pada elemen struktur bawah jembatan (*abutment*), di mana abutment berfungsi untuk mendukung ujung jembatan serta menampung beban dari struktur di atas dan tekanan tanah di sekitarnya. Perencanaan ulang abutment sangat penting agar jembatan dapat menahan beban secara optimal dan aman.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perencanaan ulang abutment Jembatan Sungai Bengkalis menggunakan aplikasi Midas Civil ?
2. Bagaimana hasil perancangan dimensi abutment jembatan Sungai Bengkalis Jalan Bengkalis ?
3. Perlunya penyesuaian ulang dengan kondisi eksisting abutment jembatan menggunakan aplikasi Midas Civil.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis bentuk/jenis abutment tipe dinding yang di gunakan untuk jembatan Sungai Bengkalis di Jalan Bengkalis yang memiliki kondisi tanah lunak.
2. Merancang dimensi abutment jembatan Sungai Bengkalis Jalan Bengkalis menggunakan Midas Civil.
3. Menganalisis kedalaman tiang pancang yang sesuai untuk diameter pada struktur pondasi jembatan.

1.4 Batasan Masalah

Agar penelitian ini fokus dan terarah, maka ditentukan batasan- batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian hanya dilakukan pada struktur abutmen Jembatan Sungai Bengkalis di Jalan Bengkalis.
2. Perhitungan dan analisis dilakukan menggunakan aplikasi Midas Civil.
3. Pembebanan menggunakan SNI 1725-2016.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menunjukkan pemanfaatan aplikasi MIDAS sebagai alat bantu analisis struktur yang akurat dan modern dalam perencanaan ulang abutment jembatan.
2. Menjadi referensi bagi perencanaan dan evaluasi ulang struktur abutmen jembatan lainnya di daerah yang memiliki kondisi serupa.
3. Memberikan pengetahuan tambahan mengenai penggunaan aplikasi Midas dalam perencanaan struktur jembatan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Dalam penyusunan skripsi ini mengacu pada beberapa penelitian sebelumnya yang sudah menjadi panduan untuk menyelesaikan skripsi ini, di antaranya sebagai berikut :

1. Jembatan merupakan suatu konstruksi terpenting yang mampu menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan seperti alur sungai. Kerusakan jembatan terutama struktur bagian bawah seperti abutment dan pondasi akan berakibat fatal terhadap struktur jembatan. Abutment adalah bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung jembatan, berfungsi sebagai pemikul seluruh beban hidup dan beban mati pada jembatan. Pondasi yang digunakan dalam perencanaan ini adalah pondasi tiang bor. Pondasi tiang bor (*bored pile*) adalah pondasi tiang yang mampu menembus lapisan tanah batuan dan pemasangannya dilakukan dengan mengebor tanah pada awal pengerjaannya, baru kemudian diisi tulangan dan dicor beton. (Hutahaean & Marco Hia, 2019).
2. Menurut (Nahla et al. 2022), pada Perencanaan Abutment Jembatan Glendeng Kabupaten Tuban, Perencanaan abutment jembatan ini lebih baik menggunakan metode pondasi bored pile lebih akurat dalam segi kedalaman tiang bored pile sehingga bisa menyesuaikan dengan kedalaman tiang bored pile yang diinginkan. Jika menggunakan pancang akan sulit dalam mobilitas tiang pancang karena bentuknya yang besar dan panjang dan kedalaman tiang yang terbatas. Perencanaan jembatan ini dimulai dengan penjelasan mengenai pemilihan latar belakang pemilihan tipe jembatan, perumusan tujuan perencanaan, pembahasan, dan dasar-dasar perencanaan yang mengacu pada peraturan perencanaan pembebanan jembatan RSNI T-02-2005. Setelah itu baru dilakukan dimensi-dimensi utama pada jembatan. Pada

tahap awal perencanaan, dilakukan perhitungan terhadap struktur sekunder jembatan seperti pagar pembatas. Kemudian menganalisa beban yang terjadi seperti : analisa berat sendiri, beban mati tambahan, beban lalu lintas dan analisa pengaruh waktu seperti creep dan kehilangan gaya prategang. Dari hasil analisa tersebut dilakukan kontrol tegangan kemudian dilanjutkan dengan perhitungan penulangan, setelah perhitungan jembatan atas, dilanjutkan dengan pembahasan metode pelaksanaan yang dalam hal ini menggunakan *Balanced Cantilever* dengan *Traveller*. Dilanjutkan dengan perencanaan bangunan bawah yaitu, pilar dan pondasi. Akhir dari perencanaan ini adalah didapat bentuk dan dimensi penampang jumlah tendon box girder yang dituangkan dalam gambar perencanaan. (Yudo, 2016).

3. Pada penelitian Metode Pelaksanaan Konstruksi Abutment Pada Jembatan Sosongian Tumpaan, Pelebaran jembatan sosongian ini direncanakan dan menggunakan konstruksi beton bertulang dengan bentang jembatan 46.6 lebar 15 meter. Dengan menggunakan tipe abutment pada proyek ini adalah tipe T terbalik. Hasil dari penelitian ini dapat mengetahui pelaksanaan konstruksi abutment, dengan tinggi abutment 5.34 meter, lebar 1.20 meter dan panjang 18 meter. Pondasi yang digunakan dalam konstruksi ini adalah pondasi tiang pancang dengan jumlah tiang pancang 27 tiang pancang dengan jarak masing-masing 2.10 meter (Kare et al., 2022).
4. Pada penelitian Perencanaan Abutment Jembatan Glendeng Kabupaten Tuban juga menggunakan abutment tipe T terbalik karena efektif digunakan sebagai abutment dan juga dinding penahan tanah bagi lereng sungai untuk mencegah adanya kerusakan akibat longsor. Dengan menghitung analisis stabilitas guling, geser pada jembatan Glendeng Kabupaten Tuban Jawa Timur. Di dapatkan hasil perhitungan Nilai dari stabilitas guling (x,y) memenuhi angka aman yaitu safety factor 2.2 dan hasil perhitungan nilai dari stabilitas geser (x,y) memenuhi angka aman safety factor 1.2 memenuhi standar (Nahla et al., 2022).

5. Evaluasi perencanaan abutmen dan pondasi pada proyek jembatan di bawadasi kecamatan lahomi kab. Nias barat, Jembatan Bawadasi adalah jembatan pedestrian sepanjang 60 m yang didesain untuk pejalan kaki, kendaraan roda 2 dan roda 4, letaknya di Kec. Lahomi di Kabupaten Nias Barat, Provinsi Sumatra Utara. Sebagai urat nadi perekonomian nasional di daerah Kabupaten Nias Barat, pembangunan Jembatan Bawadasi merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan aksesibilitas, meningkatkan perekonomian, memberikan kemudahan untuk masyarakat penduduk di lokasi tersebut dalam kegiatan sehari-hari serta meningkatkan produktivitas melalui pengurangan biaya distribusi dan menyediakan akses ke pasar regional. Jembatan merupakan suatu konstruksi terpenting yang mampu menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan seperti alur sungai. Kerusakan jembatan terutama struktur bagian bawah seperti abutment dan pondasi akan berakibat fatal terhadap struktur jembatan. Abutment adalah bangunan bawah jembatan yang terletak pada kedua ujung jembatan, berfungsi sebagai pemikul seluruh beban hidup dan beban mati pada jembatan. Pondasi yang digunakan dalam perencanaan ini adalah pondasi tiang bor. Pondasi (Hutahaean & Marco Hia, 2019).

2.2 Jembatan

Menurut (Mulyono, 2004) Jembatan adalah struktur bangunan yang berfungsi untuk menghubungkan dua bagian jalan yang terputus oleh rintangan, seperti sungai, saluran irigasi, atau jurang, sehingga lalu lintas bisa berjalan tanpa hambatan.

2.3 Abutment

Menurut (Tamin 2000) Abutment adalah bangunan pendukung pada kedua sisi ujung jembatan yang berfungsi menahan beban vertikal dari struktur atas serta tekanan lateral dari tanah di belakangnya.

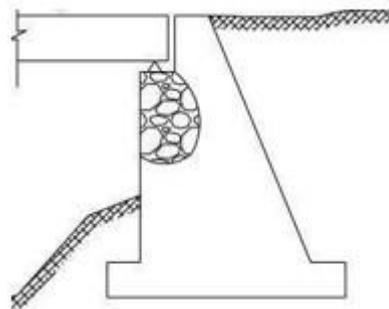
2.4 Tipe Abutment Jembatan

Dalam pemilihan tipe abutment perlu diketahui kelebihan dan kekurangan dari berbagai jenis abutment, hal ini sangat bermanfaat bagi perencana untuk menentukan jenis abutment yang tepat untuk digunakan pada struktur jembatan. Ada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan jenis abutment di antaranya adalah sebagai berikut :

1. Persyaratan desain jembatan
2. Geometri jembatan
3. Persyaratan jalan
4. Kondisi sungai
5. Kondisi geoteknik
6. Aspek estetika
7. Aspek biaya

2.4.1 Abutment Jenis Gravitasi

Abutment jenis gravitasi memanfaatkan kekuatan dan ketahanan terhadap gaya-gaya yang bekerja dengan menggunakan berat sendiri karena memiliki bentuk yang sederhana dan pelaksanaannya tidak begitu rumit. Abutment jenis gravitasi sering digunakan pada struktur yang tidak terlalu tinggi dan kondisi tanah fondasinya yang baik. Pada umumnya material yang digunakan merupakan pasangan batu kali atau beton. Abutment jenis gravitasi biasanya digunakan pada jembatan bentang pendek. Abutment jenis gravitasi harus direncanakan terhadap guling, geser, dan tegangan tanah yang terjadi.

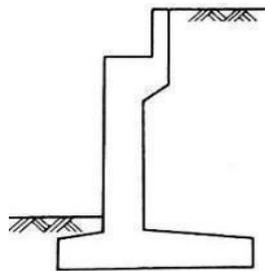


Gambar 2. 1 Abutment Jenis Gravitasi

(Sumber : *Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan 2021*)

2.4.2 Abutment tembok penahan kantilever atau jenis T

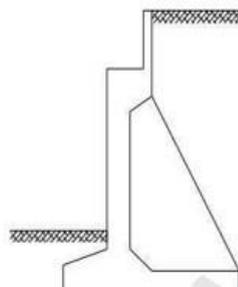
Abutment jenis T merupakan tembok penahan dengan gelagar kantilever tersusun dari suatu tembok memanjang dan sebagai suatu pelat kekuatan dari tembok. Ketahanan dari gaya-gaya yang bekerja diperoleh dari berat sendiri serta berat tanah di atas pelat tumpuan. Abutment jenis T juga bisa digunakan sebagai abutment tembok penahan kantilver dengan menambahkan *tie back* di belakang abutment. Pada umumnya abutment tipe T terbalik lebih cocok digunakan pada konstruksi yang memiliki tinggi abutment berkisar 6-12 m. Untuk material yang digunakan adalah beton bertulang.



Gambar 2. 2 Abutment tembok penahan kantilever atau jenis T
(Sumber : Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan 2021)

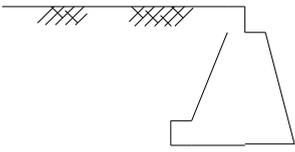
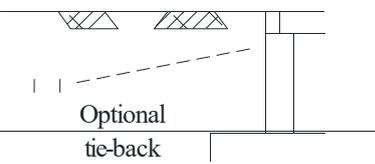
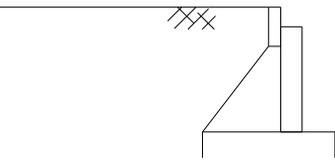
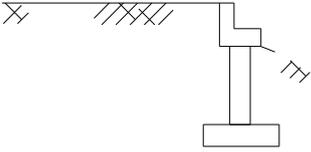
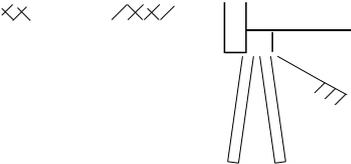
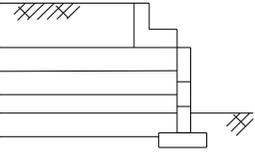
2.4.3 Abutment jenis penopang (*Counterfort*)

Abutment tipe ini hampir mirip dengan abutment tipe T terbalik. Abutment tipe ini adalah abutment tipe kantilever dimana untuk menjaga stabilitas guling dan gesernya diberi penopang pada sisi belakangnya (*counterfort*) yang berfungsi untuk memperkecil gaya yang bekerja pada tembok memanjang dan tumpuannya. Pada umumnya abutment tipe penopang digunakan pada keadaan struktur dengan tinggi abutment berkisar antara 9-20 m. Struktur dari abutment jenis penopang ini menggunakan material beton bertulang.



Gambar 2. 3 Abutment jenis penopang (*counterfort*)
(Sumber : Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan 2021)

Tabel 2. 1 Tipe Tipe Abutment Jembatan

Tipe Abutment		Tinggi Abutment		
		0	10	20
Abutment tembok penahan gravitasi		3 - 4		
Abutment tembok penahan kantilever atau jenis T		8		
Abutment tembok penahan counterfort atau jenis penopang		6 - 8		
Abutment kolom "spill through"				
Abutment balok cap tiang sederhana				
Abutment tanah bertulang		5	15	

Sumber : Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan 2021

2.5 Pembebanan Pada Abutment

2.5.1 Beban Permanen

Menurut, SNI 1725-2016 (Hutahaean & Marco Hia, 2019) Massa setiap bagian bangunan harus dihitung berdasarkan dimensi yang tertera dalam gambar dan berat jenis bahan yang digunakan. Berat dari bagian-bagian bangunan tersebut adalah massa dikalikan dengan percepatan gravitasi (g). Percepatan gravitasi yang digunakan dalam standar ini adalah $9,81 \text{ m/detik}^2$. Besarnya kerapatan massa dan berat isi untuk berbagai macam bahan diberikan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Berat isi untuk beban mati

No.	Bahan	Beratisi (kN/m^3)	Kerapatan massa (kg/m^3)
1	Lapisan permukaan beraspal (<i>bituminous wearing surfaces</i>)	22,0	2245
2	Besi tuang (<i>cast iron</i>)	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan (<i>compacted sand, silt or clay</i>)	17,2	1755
4	Kerikildipadatkan (<i>rolled gravel, macadam or ballast</i>)	18,8-22,7	1920-2315
5	Beton aspal (<i>asphalt concrete</i>)	22,0	2245
6	Beton ringan (<i>lowdensity</i>)	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton $f'_c < 35 \text{ MPa}$	22,0-25,0	2320
	$35 < f'_c < 105 \text{ MPa}$	$22 + 0,022 f'_c$	$2240 + 2,29 f'_c$
8	Baja (<i>steel</i>)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras (<i>hard wood</i>)	11,0	1125

Sumber : SNI 1725-2016

Penggunaan kerapatan massa yang tinggi bisa aman dalam satu kondisi, tetapi tidak selalu untuk yang lain. Untuk mengatasi masalah ini, bisa diterapkan faktor beban yang dikurangi. Namun, jika kerapatan massa diambil dari suatu rentang nilai antara nilai-nilai tersebut yang paling berisiko.

Beban mati jembatan terdiri dari total berat semua bagian, baik yang struktural maupun non-struktural. Setiap bagian ini harus dipandang sebagai satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan ketika menerapkan faktor beban normal dan faktor beban yang dikurangi. Para perencanaan jembatan perlu menggunakan keahlian didalam menentukan semua bagian tersebut.

2.5.2 Kelompok pembebanan dan simbol untuk beban

Beban permanen dan transien sebagai berikut harus diperhitungkan dalam perencanaan jembatan :

Beban Permanen

MS = beban mati komponen struktural dan non struktural jembatan

MA = *beban* mati perkerasan dan utilitas

TA = gaya horizontal akibat tekanan tanah

PL = gaya-gaya yang terjadi pada struktur jembatan yang disebabkan oleh proses pelaksanaan, termasuk semua gaya yang terjadi akibat perubahan statika yang terjadi pada konstruksi segmental

PR = *prategang*

Tabel 2. 3 Beban Transien

<i>SH</i>	=	gaya akibat s usut/rangkak
<i>TB</i>	=	gaya akibat rem
<i>TR</i>	=	gaya sentrifugal
<i>TC</i>	=	gaya akibat tumbukan kendaraan
<i>TV</i>	=	gaya akibat tumbukan kapal
<i>EQ</i>	=	gaya gempa
<i>BF</i>	=	gaya friksi
<i>TD</i>	=	beban lajur "D"
<i>TT</i>	=	beban truk "T"
<i>TP</i>	=	beban pejalan kaki
<i>SE</i>	=	beban akibat penurunan
<i>ET</i>	=	gaya akibat temperatur gradien
<i>EUn</i>	=	gaya akibat temperatur seragam
<i>EF</i>	=	gaya apung
<i>EWs</i>	=	beban angin pada struktur
<i>EWL</i>	=	beban angin pada kendaraan
<i>EU</i>	=	beban arus dan hanyutan

Sumber : SNI 1725-2016

Komponen dan sambungan pada jembatan harus memenuhi Persamaan 1 untuk kombinasi beban-beban ekstrem seperti yang ditentukan pada setiap keadaan batas sebagai berikut :

Tabel 2. 4 Komponen dan sambungan

Kuat I	Kombinasi pembebanan yang memperhitungkan gaya-gaya yang timbul pada jembatan dalam keadaan normal tanpa memperhitungkan beban angin. Pada keadaan batas ini, semua gaya nominal yang terjadi dikalikan dengan faktor beban yang sesuai.
Kuat II	Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan penggunaan jembatan untuk memikul beban kendaraan khusus yang ditentukan pemilik tanpa memperhitungkan beban angin.
Kuat III	Kombinasi pembebanan dengan jembatan dikenai beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.
Kuat IV	Kombinasi pembebanan untuk memperhitungkan kemungkinan adanya rasio beban mati dengan beban hidup yang besar.
Kuat V	Kombinasi pembebanan berkaitan dengan operasional normal jembatan dengan memperhitungkan beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.
Ekstrem I	Kombinasi pembebanan gempa. Faktor beban hidup γ_{EQ} yang mempertimbangkan bekerjanya beban hidup pada saat gempa berlangsung harus ditentukan berdasarkan kepentingan jembatan.
Ekstrem II	Kombinasi pembebanan yang meninjau kombinasi antara beban hidup berkurang dengan beban yang timbul akibat tumbukan kapal, tumbukan kendaraan, banjir atau beban hidrolika lainnya, kecuali untuk kasus pembebanan akibat tumbukan kendaraan (<i>TC</i>). Kasus pembebanan akibat banjir tidak boleh dikombinasikan dengan beban akibat tumbukan kendaraan dan tumbukan kapal
LayanI	Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan operasional jembatan dengan semua beban mempunyai nilai nominal serta memperhitungkan adanya beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam. Kombinasi ini juga digunakan untuk mengontrol lendutan pada gorong-gorong baja, pelat pelapis terowongan, pipa termoplastik serta untuk mengontrol lebar retak struktur beton bertulang; dan juga untuk analisis tegangan tarik pada penampang melintang jembatan beton segmental. Kombinasi pembebanan ini juga harus digunakan untuk investigasi stabilitas lereng.

Layan II	Kombinasi pembebanan yang ditujukan untuk mencegah terjadinya pelepasan pada struktur baja dan selip pada sambungan akibat beban kendaraan.
Layan III	Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada arah memanjang jembatan beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak dan tegangan utama tarik pada bagian badan dari jembatan beton segmental.
Layan IV	Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada kolom beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak.
Fatik	Kombinasi beban fatik dan fraktur sehubungan dengan umur fatik akibat induksi beban yang waktunya tak terbatas.

Sumber : SNI 1725-2016

Faktor beban harus dipilih sedemikian rupa untuk menghasilkan kondisi ekstrem akibat beban yang bekerja. Untuk setiap kombinasi pembebanan harus diselidiki kondisi ekstrem maksimum dan minimum. Dalam kombinasi pembebanan dimana efek salah satu gaya mengurangi efek gaya yang lain, maka harus digunakan faktor beban terkurangi untuk gaya yang mengurangi tersebut. Untuk beban permanen, harus dipilih faktor beban yang menghasilkan kombinasi pembebanan kritis. Jika pengaruh beban permanen adalah meningkatkan stabilitas atau kekuatan komponen jembatan, maka perencana harus memperhitungkan pengaruh faktor beban terkurangi (minimum).

Untuk beban akibat temperatur seragam (EU_n), terdapat dua faktor beban. Dalam hal ini nilai terbesar digunakan untuk menghitung deformasi sedangkan nilai terkecil digunakan untuk menghitung semua efek lainnya. Perencana dapat menggunakan $\gamma_{EU} = 0,50$.

Tabel 2. 5 Kombinasi beban dan faktor beban

Keadaan Batas	<i>MS</i>	<i>TT</i>	<i>EU</i>	<i>EW_s</i>		<i>EW_L</i>	<i>BF</i>	<i>EU_n</i>	<i>TG</i>	<i>ES</i>	<i>Gunakan salah satu</i>		
	<i>MA</i>	<i>TD</i>									<i>EQ</i>	<i>TC</i>	<i>TV</i>
	<i>TA</i>	<i>TB</i>											
	<i>PR</i>	<i>TR</i>											
	<i>PL</i>	<i>TP</i>											
	<i>SH</i>												
Kuat I	γ_p	1,8	1,00	-		-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat II	γ_p	1,4	1,00	-		-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat III	γ_p	-	1,00	1,40		-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat IV	γ_p	-	1,00	-		-	1,00	0,50/1,20	-	-	-	-	-
Kuat V	γ_p	-	1,00	0,40		1,00	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Ekstrem I	γ_p	γ_{EQ}	1,00	-		-	1,00	-	-	-	1,00	-	-
Ekstrem II	γ_p	0,50	1,00	-		-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00
Daya layan I	1,00	1,00	1,00	0,30		1,00	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya layan II	1,00	1,30	1,00	-		-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya layan III	1,00	0,80	1,00	-		-	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya layan IV	1,00	-	1,00	0,70		-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-
Fatik (TD dan TR)	-	0,75	-	-		-	-	-	-	-	-	-	-

(Sumber : SNI 1725:2016)

2.5.3 Berat sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya, termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen nonstruktural yang dianggap tetap. Adapun faktor beban yang digunakan untuk berat sendiri dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2. 6 Faktor beban untuk berat sendiri

Tipe beban	Faktor beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ^U)	
	MS		MS	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Aluminium	1,00	1,10	0,90
	Beton pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton dicor di tempat	1,00	1,30	0,75
	Kayu	1,00	1,40	0,70

(Sumber : SNI 1725:2016)

2.5.4 Beban mati tambahan/utilitas (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen nonstruktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Dalam hal tertentu, nilai faktor beban mati tambahan yang berbeda dengan ketentuan pada Tabel 2.5 boleh digunakan dengan persetujuan instansi yang berwenang. Hal ini bisa dilakukan apabila instansi tersebut melakukan pengawasan terhadap beban mati tambahan pada jembatan, sehingga tidak dilampaui selama umur jembatan.

Tabel 2. 7 Faktor beban untuk beban mati tambahan

Tipe beban	Faktor beban (γ_{MA})			
	Keadaan Batas Layan (γ^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ^U)	
	MA		MA	
	Keadaan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Umum	1,00 ⁽¹⁾	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,00	1,40	0,80

Catatan ⁽¹⁾ : Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas

(Sumber : SNI 1725:2016)

2.5.5 Beban akibat tekanan tanah (TA)

Koefisien tekanan tanah nominal harus dihitung berdasarkan sifat-sifat tanah. Sifat-sifat tanah (kepadatan, kadar kelembaban, kohesi sudut geser dalam dan lain sebagainya) harus diperoleh berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian tanah baik di lapangan ataupun laboratorium. Bila tidak diperoleh data yang cukup maka karakteristik tanah dapat ditentukan sesuai dengan ketentuan pada pasal ini. Tekanan tanah lateral mempunyai hubungan yang tidak linier dengan sifat-sifat bahan tanah. Tekanan tanah lateral pada keadaan batas daya layan dihitung berdasarkan nilai nominal dari γ_s , c dan ϕ .

Tabel 2. 8 Faktor beban akibat tekanan tanah

Tipe beban	Faktor beban (γ_{TA})			
	Kondisi Batas Layan (γ^S) TA		Kondisi Batas Ultimit (γ^U) TA	
	Tekanan tanah		Biasa	Terkurangi
Tetap	Tekanan tanah vertikal	1,00	1,25	0,80
	Tekanan tanah lateral			
	- Aktif	1,00	1,25	0,80
	- Pasif	1,00	1,40	0,70
	- Diam	1,00	(1)	
Catatan ⁽¹⁾ : Tekanan tanah lateral dalam keadaan diam biasanya tidak diperhitungkan pada keadaan batas ultimit.				

(Sumber : SNI 1725:2016)

Tanah di belakang dinding penahan biasanya mendapatkan beban tambahan yang bekerja apabila beban lalu lintas bekerja pada bagian daerah keruntuhan aktif teoritis. Besarnya beban tambahan ini adalah setara dengan tanah setebal 0,7 m yang bekerja secara merata pada bagian tanah yang dilewati oleh beban lalu lintas tersebut. Beban tambahan ini hanya diterapkan untuk menghitung tekanan tanah dalam arah lateral saja, dan faktor beban yang digunakan harus sama seperti yang telah ditentukan dalam menghitung tekanan tanah arah lateral. Faktor pengaruh pengurangan dari beban tambahan ini tidak perlu diperhitungkan.

Tekanan tanah lateral dalam keadaan diam umumnya tidak diperhitungkan pada keadaan batas kekuatan. Apabila keadaan demikian timbul, maka faktor beban untuk keadaan batas kekuatan yang digunakan untuk menghitung nilai rencana dari tekanan tanah dalam keadaan diam harus sama seperti untuk tekanan tanah dalam keadaan aktif. Faktor beban pada keadaan batas daya layan untuk tekanan tanah dalam keadaan diam adalah 1,0, tetapi harus hati-hati dalam pemilihan nilai nominal yang memadai pada waktu menghitung tekanan tanah.

2.6 Pematatan

Apabila peralatan pematatan mekanik diterapkan pada jarak setengah tinggi dinding penahan tanah, yang diambil sebagai perbedaan elevasi antara titik level perkerasan yang berdekatan dengan bagian belakang dinding dan dasar dinding, maka dampak tekanan tanah tambahan akibat pematatan harus diperhitungkan.

2.7 Keberadaan Air

Jika air tidak diperbolehkan keluar dari dinding penahan tanah, maka pengaruh tekanan air hidrostatik harus ditambahkan terhadap tekanan tanah. Jika air dapat tergenang di belakang dinding penahan tanah, maka dinding harus direncanakan untuk memikul gaya hidrostatik akibat tekanan air ditambah dengan tekanan tanah.

Berat jenis terendam tanah harus digunakan untuk perhitungan tekanan tanah yang berada dibawah muka air.

2.8 Pengaruh Gempa

Pengaruh inersia dinding dan kemungkinan amplifikasi tekanan tanah aktif dan atau mobilisasi massa tanah pasif akibat gaya gempa harus diperhitungkan.

2.9 Jenis – jenis Tekanan Tanah

a. Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral harus diasumsikan linier sebanding dengan kedalaman tanah sebagai berikut :

$$p = k\gamma_s z$$

Keterangan :

P adalah tekanan tanah lateral (kPa)

K adalah koefisien tekanan tanah lateral

bisa berupa k_0 (koefisien tekanan tanah kondisi diam) atau ;

k_a (koefisien tekanan tanah kondisi aktif) atau ;

k_p (koefisien tekanan tanah kondisi pasif)

γ_s adalah berat jenis tanah (kN/m³)

z adalah kedalaman diukur dari permukaan tanah (m)

Resultan beban tanah lateral akibat timbunan diasumsikan bekerja pada ketinggian $H/3$ dari dasar dinding, di mana H adalah ketinggian dinding diukur dari permukaan tanah di belakang dinding bagian bawah fondasi atau puncak pada telapak.

b. Koefisien tekanan tanah dalam kondisi diam k_0

Untuk tanah terkonsolidasi normal, dinding vertikal, dan permukaan tanah, koefisien tekanan tanah lateral dalam kondisi diam dapat diambil sebagai :

$$k = 1 - \sin^2 \phi$$

Keterangan :

ϕ : sudut geser efektif tanah

k_0 : koefisien tekanan tanah lateral kondisi diam

c. Koefisien tekanan tanah pasif (k_p)

Untuk tanah nonkohesif, nilai koefisien tekanan tanah lateral pasif dapat diambil dari Gambar 2 untuk kasus dinding miring atau vertikal dengan timbunan yang rata dan Gambar 3 untuk kasus dinding vertikal dan timbunan miring. Untuk kondisi lain yang berbeda dari yang dijelaskan dalam Gambar 2 dan Gambar 3, tekanan pasif dapat dihitung dengan menggunakan prosedur berdasarkan teori irisan. Ketika teori irisan yang digunakan, nilai batas sudut geser dinding tidak boleh diambil lebih besar dari satu setengah sudut geser ϕ . Untuk tanah kohesif, tekanan pasif dapat dihitung dengan :

$$p_p = k_p \gamma_s z + 2c \sqrt{\frac{1-\sin \theta}{1+\sin \theta}}$$

Keterangan :

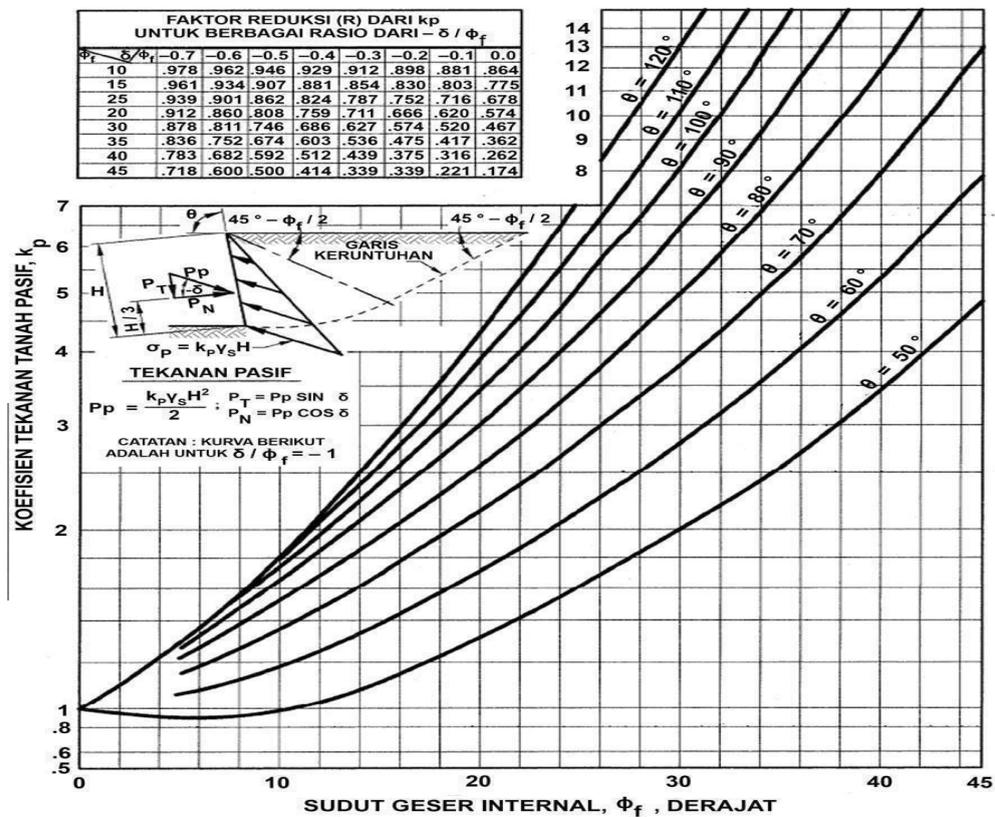
p adalah tekanan tanah lateral pasif (kPa)

γ_s adalah berat jenis tanah (kN/m³)

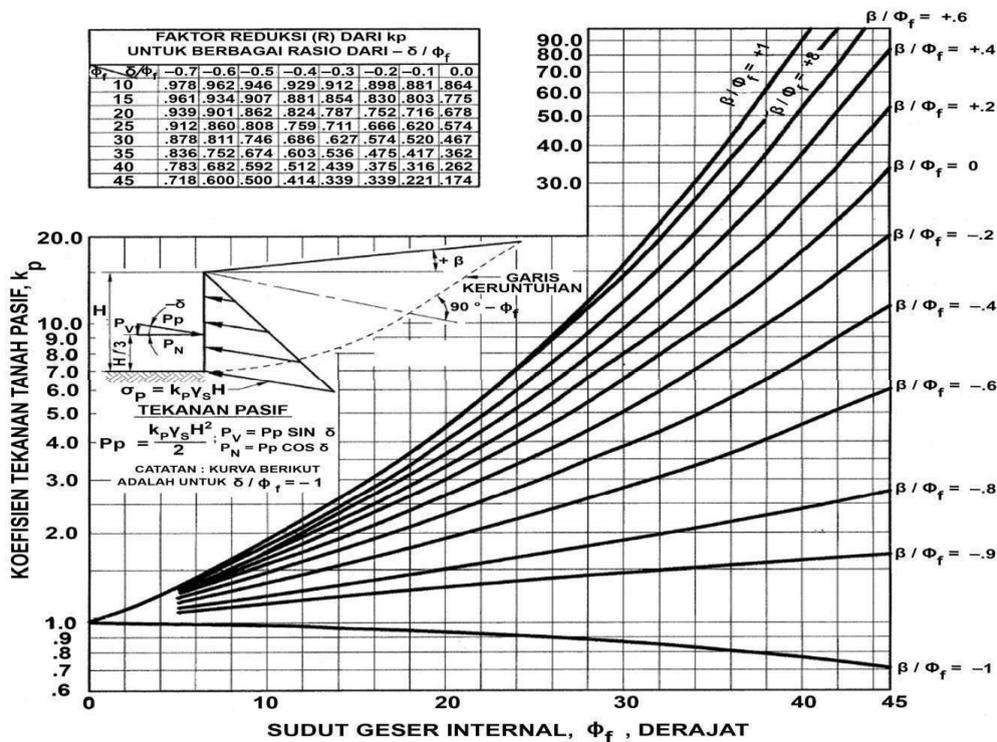
z adalah kedalaman diukur dari permukaan tanah (m)

c adalah kohesi tanah (kPa)

k_p adalah koefisien tekanan tanah lateral pasif



Gambar 2. 4 Prosedur perhitungan tekanan tanah pasif untuk dinding vertikal dengan urukan horizontal.
(Sumber : SNI 1725:2016)



Gambar 2. 5 Prosedur perhitungan tekanan tanah pasif untuk dinding vertikal dengan urukan membentuk sudut
(Sumber : SNI 1725:2016)

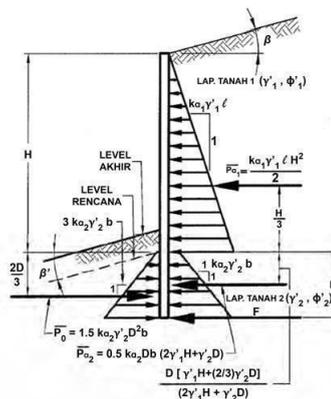
a. Tekanan tanah lateral untuk dinding kantilever nongravitasi

Untuk dinding permanen, distribusi tekanan tanah lateral penyederhanaan yang ditunjukkan pada Gambar 4 hingga Gambar 6 dapat digunakan. Jika dinding mendukung atau didukung oleh tanah kohesif untuk penggunaan sementara, dinding dapat dirancang berdasarkan metode analisis tegangan total dan parameter kuat geser *undrained*. Untuk itu, distribusi tekanan tanah penyederhanaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 hingga Gambar 8 dapat digunakan dengan batasan sebagai berikut :

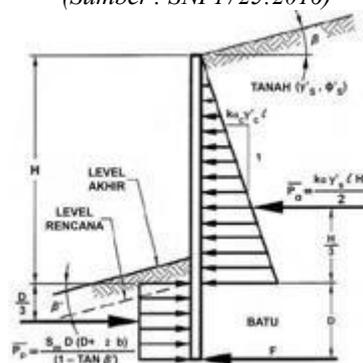
1. Rasio tekanan *overburden* total untuk kuat geser *undrained*, N_s harus kurang dari 3 di dasar dinding.
2. Tekanan tanah aktif tidak boleh kurang dari 0,25 kali tekanan *overburden* efektif pada setiap kedalaman, atau 5,5 kPa/m ketinggian dinding, diambil yang terbesar.

Untuk dinding sementara dengan elemen vertikal diskrit tertanam dalam tanah butiran atau batuan, Gambar 2.4 dan Gambar 2.5 dapat digunakan untuk menentukan tahanan pasif, kemudian Gambar 2.7 dan Gambar 2.8 dapat digunakan untuk menentukan tekanan tanah aktif.

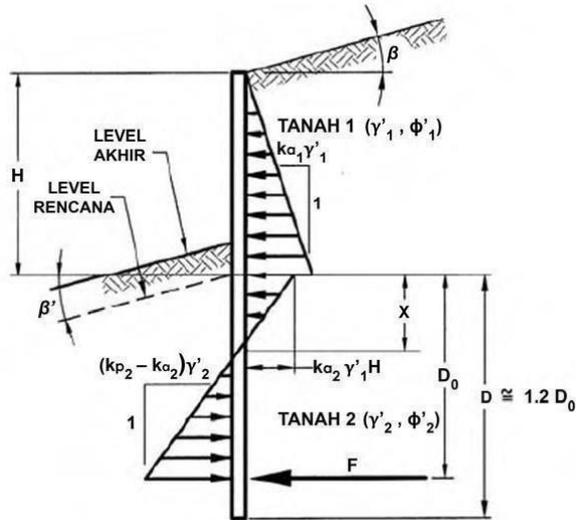
Bila elemen dinding vertikal diskrit digunakan untuk perletakan, maka lebar b dari setiap elemen vertikal harus diasumsikan sama dengan lebar sayap atau diameter elemen untuk penampang yang didorong dan diameter lubang untuk penampang yang akan diisi beton. Besarnya beban tambahan di atas dinding untuk penentuan P_{a2} pada Gambar 2.7 harus berdasarkan irisan tanah di atas dinding pada area tekanan aktif. Pada Gambar 2.8, sebagian pembebanan negatif pada atas dinding karena kohesi diabaikan dan tekanan hidrostatis dalam retak tarik harus diperhitungkan, namun tidak ditampilkan pada gambar.



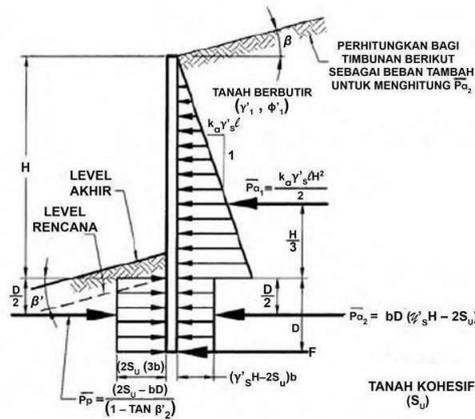
Gambar 2. 6 Tekanan tanah penyederhanaan tidak terfaktor untuk dinding kantilever
(Sumber : SNI 1725:2016)



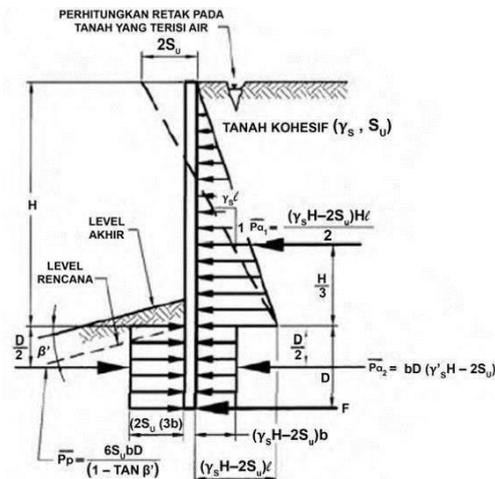
Gambar 2. 7 Distribusi tekanan tanah penyederhanaan tidak terfaktor untuk dinding kantilever permanen nongravitasi
(Sumber : SNI 1725:2016)



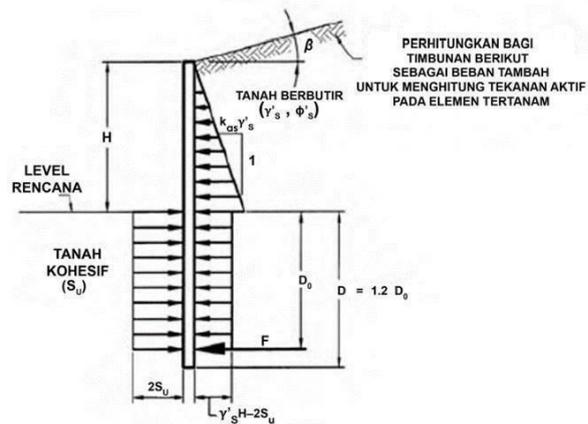
Gambar 2. 8 Distribusi tekanan tanah penyederhanaan tidak terfaktor untuk dinding kantilever permanen nongravitasi
(Sumber : SNI 1725:2016)



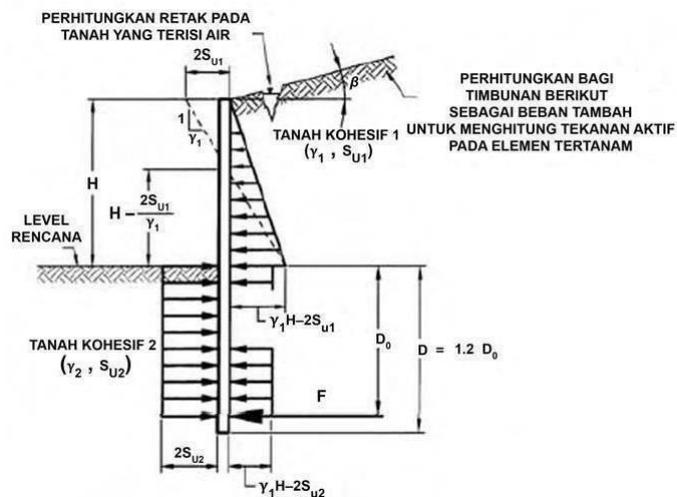
Gambar 2. 9 Distribusi tekanan tanah penyederhanaan tidak terfaktor untuk dinding kantilever sementara nongravitasi dengan elemen dinding
(Sumber : SNI 1725:2016)



Gambar 2. 10 Distribusi tekanan tanah penyederhanaan tidak terfaktor untuk dinding kantilever
(Sumber : SNI 1725:2016)



Gambar 2. 11 Distribusi tekanan tanah penyederhanaan tidak terfaktor dengan elemen dinding vertikal
(Sumber : SNI 1725:2016)



Gambar 2. 12 Distribusi tekanan tanah penyederhanaan tidak terfaktor untuk dinding kantilever sementara nongravitasi
(Sumber : SNI 1725:2016)

b. Beban Timbunan

Peningkatan tegangan tanah terfaktor di belakang dinding oleh karena beban timbunan harus lebih besar dari beban timbunan tidak terfaktor atau tegangan yang dikalikan dengan faktor beban atau beban terfaktor yang bekerja pada elemen struktur yang menyebabkan beban timbunan dengan faktor beban sebesar 1. Beban yang bekerja pada dinding karena adanya elemen struktur di atas dinding tidak boleh diberi faktor dua kali.

1. Beban Timbunan Merata

Bila beban timbunan yang bekerja berupa beban merata, maka tekanan tanah dasar harus dikalikan dengan tekanan tanah horizontal dengan nilai dirumuskan sebagai berikut :

$$\Delta_p = k_s q_s \quad (2.1)$$

Keterangan :

Δ_p adalah tekanan tanah horizontal karena timbunan merata (kPa)

k_s adalah koefisien tekanan tanah karena timbunan

q_s adalah timbunan merata pada permukaan bagian tekanan tanah aktif (kPa)

2. Tambahan beban akibat beban hidup

Beban tambahan akibat beban hidup harus diperhitungkan jika bebankendaraan diperkirakan akan melewati timbunan dengan jarak setengah tinggi dinding diukur dari muka belakang dinding. Bila beban tambahan adalah untuk jalan raya, intensitas beban harus konsisten dengan ketentuan beban hidup. Jika beban tambahan bukan untuk jalan raya, maka pemilik pekerjaan harus menentukan beban tambahan tersebut. Peningkatan tekanan horizontal akibat beban hidup dapat diestimasi dengan rumus sebagai berikut :

$$\Delta_p = k \gamma_s h_{eq} \quad (2.2)$$

Keterangan :

Δ_p adalah tekanan tanah horizontal akibat tambahan beban hidup (kPa)

γ_s adalah berat jenis tanah (kN/m³)

k adalah koefisien tekanan tanah

h_{eq} adalah tinggi tanah ekivalen untuk beban kendaraan (m)

adalah tinggi tanah ekivalen untuk beban kendaraan (m)

Tinggi tanah ekivalen (h_{eq}) untuk pembebanan jalan raya pada kepala jembatan dan dinding penahan tanah dapat diambil sesuai dengan Tabel 2.9 Interpolasi linier dapat dilakukan untuk tinggi dinding lainnya. Tinggi dinding diambil sebagai jarak diukur dari permukaan timbunan dan dasar telapak sepanjang permukaan tekanan yang ditinjau.

Tabel 2. 9 Tinggi ekivalen tanah untuk beban kendaraan pada kepala jembatan tegak lurus terhadap lalu lintas

Tinggi kepala jembatan (m)	h_{eq} (m)
1,5 m	1,2
3 m	0,9
≥ 6 m	0,6

(Sumber : SNI 1725:2016)

Tabel 2. 10 Tinggi ekivalen tanah untuk beban kendaraan pada dinding penahan tanah paralel terhadap lalu lintas

Tinggi dinding penahan tanah (m)	h_{eq} (m) jarak dari muka belakang dinding ke tepi lalu lintas	
	0 m	0,3 m atau lebih
1,5 m	1,5	0,6
3 m	1,2	0,6
≥ 6 m	0,6	0,6

(Sumber : SNI 1725:2016)

3. Reduksi beban tambahan

Jika beban kendaraan ditransfer pada pelat lantai yang juga didukung oleh struktur selain tanah, maka diizinkan untuk reduksi beban tambahan.

4. Reduksi beban tambahan

Jika beban kendaraan ditransfer pada pelat lantai yang juga didukung oleh struktur selain tanah, maka diizinkan untuk reduksi beban tambahan.

5. Reduksi karena tekanan tanah

Untuk gorong-gorong dan jembatan serta komponennya dimana tekanan tanah dapat mengurangi efek beban lain, maka reduksi harus dibatasi pada tekanan

tanah yang permanen akan muncul. Sebagai alternatif, reduksi sebesar 50% dapat digunakan tetapi tidak perlu dikombinasikan dengan faktor beban terkurangi.

6. Downdrag

Kemungkinan peningkatan *downdrag* pada tiang pancang atau fondasi pipa harus dievaluasi jika Tanah berupa material kompresibel seperti lempung, lanau, atau tanah organik, Timbunan akan terletak dekat dengan tiang pancang atau fondasi pipa, seperti pada timbunan pada timbunan oprit, Muka air tanah rendah, Likuifaksi dapat terjadi jika potensi *downdrag* pada tiang pancang atau pipa ada akibat penurunan tanah relatif terhadap tiang pancang, kemudian potensi *downdrag* tidak dihilangkan dengan *preloading* tanah untuk mengurangi penurunan tanah atau mitigasi lainnya, maka tiang pancang harus direncanakan untuk menahan *downdrag*.

Perlu diperhitungkan potensi beban akibat *downdrag* dengan menggunakan beban timbunan, teknik perbaikan tanah, dan atau drainase vertikal dan pengukuran untuk memonitor penurunan.

Untuk keadaan batas kuat I, *downdrag* akibat penurunan likuifaksi harus dikerjakan pada tiang pancang atau pipa dikombinasi dengan beban lain pada grup beban. *Downdrag* akibat likuifaksi tidak boleh dikombinasikan dengan *downdrag* akibat penurunan konsolidasi. Untuk beban *downdrag* yang bekerja pada kelompok tiang maka pengaruh kelompok tiang harus diperhitungkan.

7. Beban lalu lintas

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T". Beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring- iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri.

Beban truk "T" adalah satu kendaraan berat dengan 3 gandar yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri atas dua bidang kontak, pembebanan yang di maksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk "T" di terapkan per lajur lalu lintas rencana.

Secara umum, beban "D" akan menjadi beban penentu dalam perhitungan jembatan yang mempunyai bentang sedang sampai panjang, sedangkan beban "T" digunakan untuk bentang pendek dan rantai kendaraan.

8. Lajur lalu lintas rencana

Secara umum, Jumlah lajur lalu lintas rencana ditentukan dengan mengambil bagian *integer* dari hasil pembagian lebar bersih jembatan (w) dalam mm dengan lebar lajur rencana sebesar 2750 mm. Perencana harus memperhitungkan kemungkinan berubahnya lebar bersih jembatan dimasa depan sehubungan dengan perubahan fungsi dari bagian jembatan. Jumlah maksimum lajur lalu lintas yang digunakan untuk berbagai lebar jembatan bisa dilihat dalam Tabel 2.11. Lajur lalu lintas rencana harus disusun sejajar dengan sumbu memanjang jembatan.

Tabel 2. 11 Jumlah lajur lalu lintas rencana

Tipe Jembatan (1)	Lebar Bersih Jembatan (2) (mm)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (n)
Satu Lajur	$3000 \leq w < 5250$	1
Dua Arah, tanpa Median	$5250 \leq w < 7500$	2
	$7500 \leq w < 10,000$	3
	$10,000 \leq w < 12,500$	4
	$12,500 \leq w < 15,250$	5
	$w \geq 15,250$	6
Dua Arah, dengan Median	$5500 \leq w \leq 8000$	2
	$8250 \leq w \leq 10,750$	3
	$11,000 \leq w \leq 13,500$	4
	$13,750 \leq w \leq 16,250$	5
	$w \geq 16,500$	6
Catatan (1) : Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang. Catatan (2) : Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dan median untuk banyak arah.		

(Sumber : SNI 1725:2016)

Berdasarkan Tabel 2.11, bila lebar bersih jembatan berkisar antara 3000 mm sampai 5000 mm, maka jumlah jalur rencana harus diambil satu lajur lalu lintas rencana dan lebar jalur rencana harus diambil sebagai lebar jalur lalu lintas. Jika

jembatan mempunyai lebar bersih antara 5250 mm dan 7500 mm, maka jembatan harus direncanakan memiliki dua lajur rencana, masing-masing selebar lebar bersih jembatan dibagi dua. Jika jembatan mempunyai lebar bersih antara 7750 mm dan 10000 mm, maka jembatan harus direncanakan memiliki tiga lajur rencana, masing-masing selebar lebar bersih jembatan dibagi tiga.

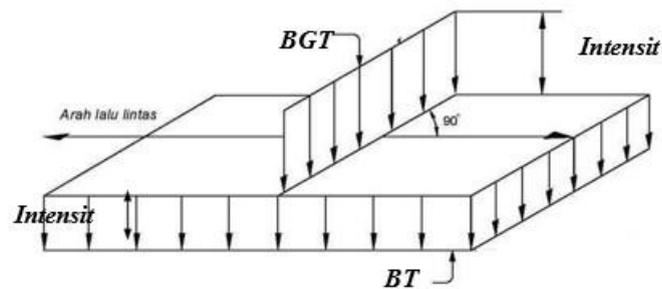
9. Beban lajur "D" (TD)

Beban lajur "D" terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) seperti terlihat dalam Gambar 2.11. Adapun faktor beban yang digunakan untuk beban lajur "D" seperti pada Tabel 2.12.

Tabel 2. 12 Faktor beban untuk beban lajur "D"

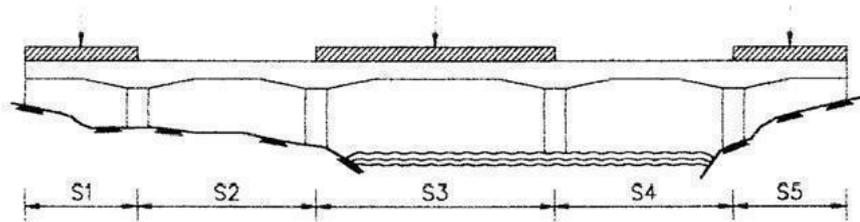
Tipe beban	Jembatan	Faktor beban (\square TD)	
		Keadaan Batas Layan (\square S)	Keadaan Batas Ultimit (\square U)
		TD	TD
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

(Sumber : SNI 1725:2016)



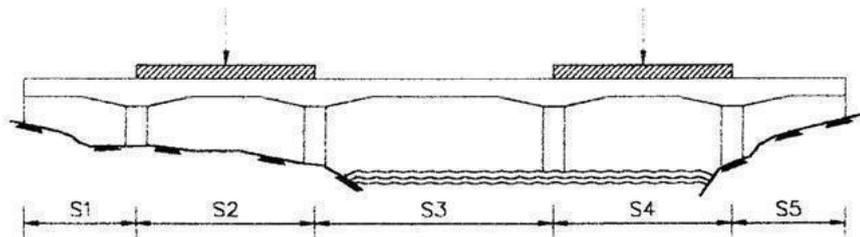
Gambar 2. 13 Beban lajur "D"
(Sumber : SNI 1725:2016)

Beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m. Untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus, BGT kedua yang identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya.



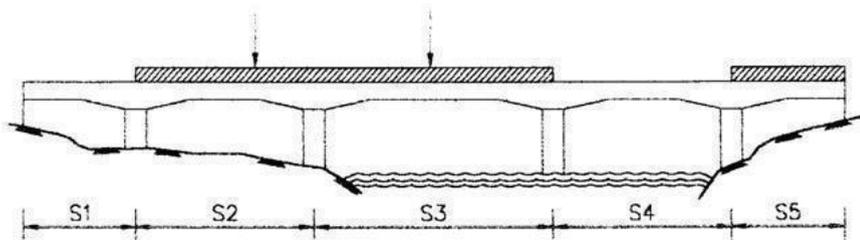
Untuk momen lentur maksimum di bentang 1: Tempatkan BGT di bentang 1 (bentang 5 serupa) ambil L = pengaruh terburuk dari S_1 ; $S_1 + S_3$; atau $S_1 + S_3 + S_5$
 Untuk momen lentur maksimum di bentang 3: Tempatkan BGT di bentang 3
 ambil L = pengaruh terburuk dari S_3 ; $S_1 + S_3$; atau $S_3 + S_5$

a. MOMEN LENTUR POSITIF – BENTANG 1,3,5



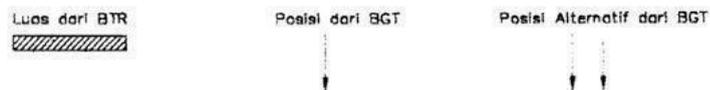
Untuk momen lentur maksimum di bentang 2: Tempatkan BGT di bentang 2
 ambil L = pengaruh terburuk dari S_2 ; atau $S_2 + S_4$
 Untuk momen lentur maksimum di bentang 4: Tempatkan BGT di bentang 4
 ambil L = pengaruh terburuk dari S_4 atau $S_2 + S_4$

b. MOMEN LENTUR POSITIF – BENTANG 2,4



Untuk momen lentur maksimum di pilar 2: Tempatkan BGT di bentang 2 dan 3 ;
 ambil L = pengaruh terburuk dari $S_2 + S_3$ atau $S_2 + S_3 + S_5$

c. MOMEN LENTUR NEGATIF PADA PILAR



Gambar 2. 14 Alternatif penempatan beban “D” dalam arah memanjang
 (Sumber : SNI 1725:2016)

10. Respons terhadap beban lajur “D”

Distribusi beban hidup dalam arah melintang digunakan untuk memperoleh momen dan geser dalam arah longitudinal pada gelagar jembatan. Hal itu dilakukan dengan mempertimbangkan beban lajur “D” tersebar pada seluruh lebar balok (tidak termasuk parapet, kerb dan trotoar) dengan intensitas 100% untuk panjang terbebani yang sesuai.

11. Beban truk "T" (TT)

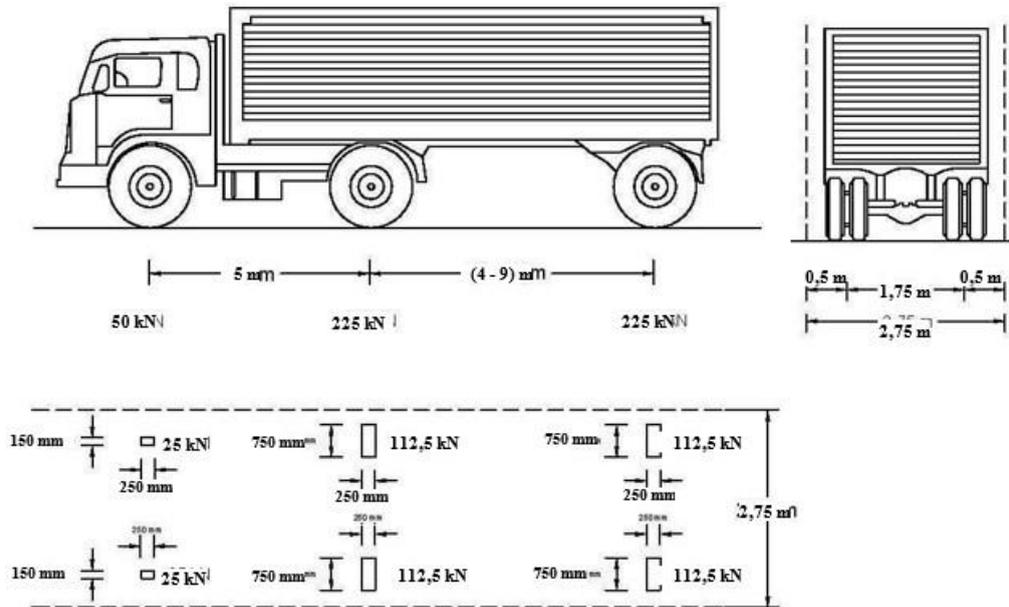
Selain beban “D”, terdapat beban lalu lintas lainnya yaitu beban truk "T". Beban truk "T" tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban “D”. Beban truk dapat digunakan untuk perhitungan struktur lantai. Adapun faktor beban untuk beban “T” seperti terlihat pada Tabel 2.13.

Tabel 2. 13 Faktor beban untuk beban “T”

Tipe beban	Jembatan	Faktor beban	
		Keadaan Batas Layan (γ^S) TT	Keadaan Batas Ultimit (γ^U) TT
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

(Sumber : SNI 1725:2016)

a. Besarnya pembebanan truk "T"



Gambar 2. 15 Pembebanan truk "T" (500 kN)
(Sumber : SNI 1725:2016)

Pembebanan truk "T" terdiri atas kendaraan truk *semi-trailer* yang mempunyai susunan dan berat gandar seperti terlihat dalam Gambar 2.13. Berat dari tiap-tiap gandar disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 gandar tersebut bisa diubah-ubah dari 4,0 m sampai dengan 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

b. Posisi dan penyebaran pembebanan truk "T" dalam arah melintang

Terlepas dari panjang jembatan atau susunan bentang, umumnya hanya ada satu kendaraan truk "T" yang bisa ditempatkan pada satu lajur lalu lintas rencana. Untuk jembatan sangat panjang dapat ditempatkan lebih dari satu truk pada satu lajur lalu lintas rencana.

Kendaraan truk "T" ini harus ditempatkan di tengah-tengah lajur lalu lintas rencana seperti terlihat dalam Gambar 2.13. Jumlah maksimum lajur lalu lintas rencana dapat dilihat dalam Tabel 11, tetapi jumlah lebih kecil bisa digunakan dalam perencanaan apabila menghasilkan pengaruh yang lebih besar. Hanya jumlah lajur lalu lintas rencana dalam nilai bulat harus digunakan. Lajur lalu lintas rencana bisa ditempatkan di mana saja pada lajur jembatan.

c. Kondisi faktor kepadatan lajur

Ketentuan pasal ini tidak boleh digunakan untuk perencanaan keadaan batas fatik dan fraktur, dimana hanya satu jalur rencana yang diperhitungkan dan tidak tergantung dari jumlah total lajur rencana. Jika perencana menggunakan faktor distribusi beban kendaraan untuk satu lajur, maka pengaruh beban truk harus direduksi dengan faktor 1,20. Tetapi jika perencana menggunakan *lever rule* atau metode statika lainnya untuk mendapatkan faktor distribusi beban kendaraan, maka pengaruh beban truk tidak perlu direduksi.

Kecuali ditentukan lain pada pasal ini, pengaruh beban hidup harus ditentukan dengan mempertimbangkan setiap kemungkinan kombinasi jumlah lajur yang terisi dikalikan dengan faktor kepadatan lajur yang sesuai untuk memperhitungkan kemungkinan terisinya jalur rencana oleh beban hidup. Jika perencana tidak mempunyai data yang diperlukan maka nilai-nilai pada Tabel 14.

1. dapat digunakan saat meneliti jika hanya satu jalur terisi,
2. boleh digunakan saat meneliti pengaruh beban hidup jika ada tiga atau lebih lajur terisi.

Tabel 2. 14 Faktor kepadatan lajur (m)

Jumlah lajur yang dibebani	Faktor kepadatan lajur
1	1,2
≥ 2	1

(Sumber : SNI 1725:2016)

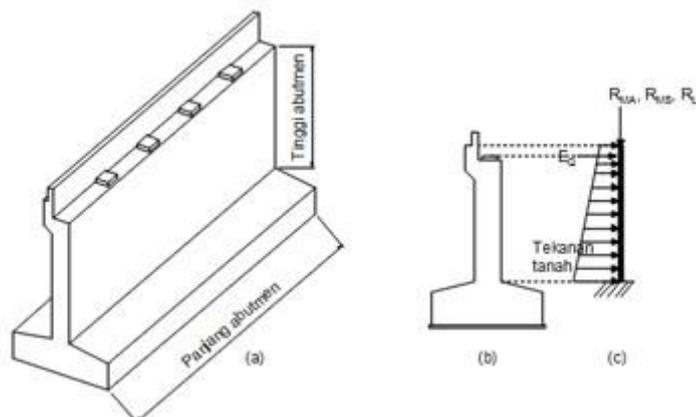
2.15 Pemodelan dan analisis abutment sederhana

Struktur abutment berfungsi sebagai dinding penahan tanah dan memikul beban dari struktur atas dan meneruskan beban-beban tersebut ke fondasi. Sehingga beban-beban yang bekerja pada abutment adalah beban horizontal yang berasal dari tekanan tanah dan beban gempa serta beban vertikal yang berasal dari beban mati dan beban hidup kendaraan. Dalam menganalisis struktur abutment, struktur bawah diasumsikan sebagai struktur kantilever dengan posisi jepit pada top pile cap. Berikut adalah beberapa tahapan analisis struktur abutment:

1. Abutment dimodelkan sebagai elemen garis, berat sendiri abutment dimodelkan sebagai beban terpusat di ujung kantilever dengan arah beban

ke bawah. Besar beban mati yang berasal dari berat sendiri abutment ditentukan berdasarkan perkalian antara volume abutment (luas penampang abutment dikalikan dengan panjang abutment) dengan berat isi material abutment (berat isi beton).

2. Beban mati (MA dan MS) dan beban hidup kendaraan yang berasal dari struktur atas ditentukan berdasarkan reaksi tumpuan (jumlah total reaksi tumpuan) dan dimodelkan sebagai beban terpusat berarah ke bawah pada ujung kantilever.
3. Efek tekanan lateral ditimbulkan dari timbunan yang berada di belakang abutment dan tekanan tanah lateral meningkat akibat adanya pengaruh beban hidup kendaraan dijadikan sebagai beban merata pada abutment yang bekerja tegak lurus terhadap struktur kantilever abutment.
4. Beban gempa EQ yang bekerja pada abutment ditentukan berdasarkan massa dari struktur atas yang dimodelkan sebagai beban terpusat horizontal di puncak abutment. Jika tumpuan gelagar yang digunakan di atas abutment adalah tipe move pada arah yang ditinjau, maka beban gempa pada arah tersebut tidak perlu diperhitungkan.
5. Pengaruh beban (momen) yang digunakan dalam perencanaan tulangan lentur diperoleh dari kombinasi pembebanan yang dibagi dengan panjang abutment sehingga diperoleh pengaruh beban (momen) persatuan panjang (kN.m/m). Pemodelan analisis struktur abutment diperlihatkan pada Gambar 2.17 dengan simplifikasi struktur diperlihatkan pada Gambar 2.17.



Gambar 2. 16 Beban yang bekerja pada abutment
(Sumber : panduan-praktis-perencanaan-teknis-jembatan)

2.16 Analisis struktur fondasi

Dalam analisis struktur, struktur yang ada di dalam tanah, seperti fondasi, dinding penahan tanah, ataupun struktur geoteknik lainnya, ditentukan dengan menggunakan metode ASD (Allowable Stress Design), kombinasi beban yang digunakan dianggap bekerja dalam kondisi yang menghasilkan efek yang paling tidak baik di dalam fondasi atau komponen struktural yang diperhitungkan, kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SNI 1727:2016 adalah:

1. D
2. D + L
3. D + (0,6W atau 0,7E)
4. D + 0,75L + 0,75(0,6W)
5. D + 0,75L + 0,75(0,7E)

Keterangan:

D : adalah beban mati

L : adalah beban hidup

W : adalah beban angin

E : adalah beban gempa

2.17 Pemodelan dan analisis fondasi tiang

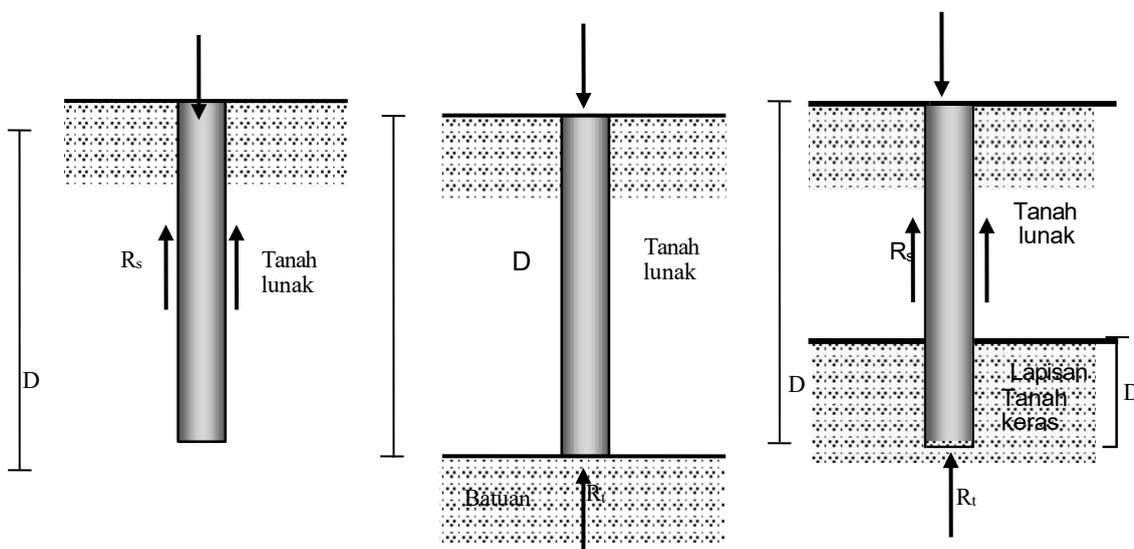
Fondasi tiang digunakan untuk mendukung struktur bangunan jika tanah keras terletak sangat dalam dari permukaan tanah dasar, penggunaan fondasi dalam juga dapat ditentukan jika perbandingan kedalaman tertanam (D) fondasi terhadap diameter (d) lebih dari 4 ($4 D d \geq$).

Beban-beban yang bekerja pada fondasi dalam adalah berupa gaya aksial, gaya lateral, dan momen yang bekerja pada struktur atas yang ditahan oleh fondasi itu sendiri.

Pada pedoman ini metode yang digunakan dalam perencanaan fondasi tiang adalah metode analisis statik. Metode analisis statik dikategorikan sebagai metode analitik yang menggunakan sifat-sifat kompresibilitas dan kekuatan tanah untuk

penentuan kinerja dan kapasitas tiang. Jika tiang mengalami pembebanan tekan, maka terdapat tiga cara mendasar bagaimana fondasi tiang menahan beban, yaitu:

1. Tahanan gesek dinding tiang (R_s), dimana beban ditahan oleh gesekan dalam tanah nonkohesif atau adhesi dalam tanah kohesif.
2. Tahanan ujung tiang (R_t), dimana beban ditahan pada dasar tiang.
3. Kombinasi dari tahanan gesek dinding tiang dan tahanan ujung tiang ($Q_u = R_s + R_t$).

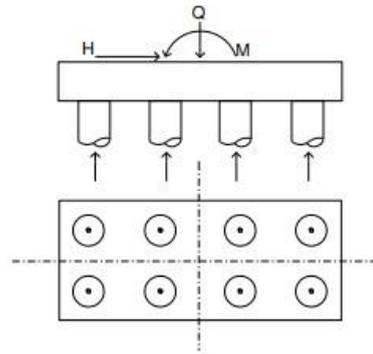


Gambar 2. 17 Komponen dalam tahanan tiang
 (Sumber: Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan Bagian 8, 2017)

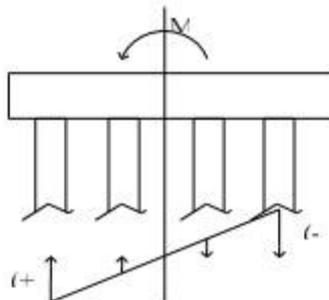
Kapasitas aksial tiang statik didapatkan dari penjumlahan tahanan tanah atau batuan di sepanjang sisi tiang dan pada ujung tiang, sedangkan untuk menentukan kapasitas lateral tiang, fondasi tiang dipertimbangkan sebagai suatu gelagar di atas fondasi elastis, dimana metode yang digunakan adalah metode pendekatan analitik yaitu metode Broms, dimana metode ini relatif lebih mudah dengan prosedur perhitungan tangan (hand-calculation). Metode ini dapat digunakan untuk mengevaluasi tiang ujung bebas dan tiang ujung jepit pada profil tanah kohesif murni dan tanah nonkohesif murni. Cara perhitungan pada metode ini menganggap bahwa besaran-besaran tanah dan tiang adalah sama sepanjang tiang, perbedaan kecil dalam besaran tanah dapat diakomodasi dengan besaran rata-rata dari tanah. Kekurangan metode ini adalah tidak kondusif untuk analisis beban

lateral tiang pada profil campuran tanah kohesif dan nonkohesif. Kapasitas lateral tiang dibahas lengkap pada Volume 3.

Untuk analisis kelompok tiang metode yang digunakan adalah metode statik sederhana, beban yang bekerja pada fondasi adalah berupa beban vertikal dan beban horizontal, beban tersebut dapat diilustrasikan pada gambar di bawah:



Gambar 2. 17 Gaya- gaya yang bekerja pada fondasi
(Sumber: *Manual Perencanaan Fondasi Pada Jembatan – Ditjen Bina Marga, 2011*)



Gambar 2. 18 Tegangan yang timbul akibat momen
(Sumber: *Manual Perencanaan Fondasi Pada Jembatan – Ditjen Bina Marga, 2011*)

Pada Gambar 2.20, nilai P_i adalah gaya tekan jika tanda (+) dan gaya tarik jika tanda (-). Apabila momen terjadi dalam dua arah, untuk beban yang bekerja pada fondasi group berupa gaya aksial dan momen-momen yang terjadi pada titik berat, maka beban yang diterima masing-masing tiang dapat ditentukan dengan membaginya sama rata kepada setiap tiang yang sebanding dengan jaraknya, dapat dituliskan dengan persamaan berikut:

$$Q_i = \frac{Q}{n} + \frac{M y_i}{\sum_{i=1}^n y_i^2} + \frac{M x_i}{\sum_{i=1}^n x_i^2}$$

Keterangan:

Q_i : adalah beban tiap tiang ke-i

M_x : adalah momen yang bekerja memutar sumbu x (di bidang sejajar sumbu y)

y_i : adalah koordinat y tiang ke-i terhadap titik berat group (dapat bernilai + atau -)

M_y : adalah momen yang bekerja memutar sumbu y (di bidang sejajar sumbu x)

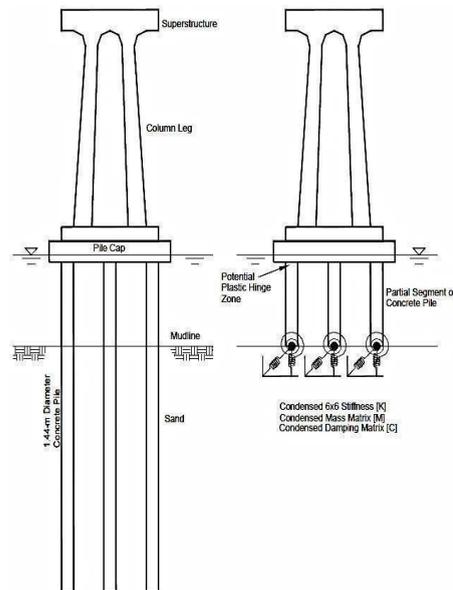
x_i : adalah koordinat x tiang ke-i terhadap titik berat group (dapat bernilai + atau -)

2.18 Analisis soil structure interaction (SSI)

SSI yang disebut juga dengan interaksi tanah struktur adalah proses dimana respon dari tanah mempengaruhi pergerakan struktur dan pergerakan struktur mempengaruhi respon dari tanah. Proses ini berlangsung ketika terjadinya gempa. Efek SSI ini tidak dapat diperhitungkan jika fondasi dan tanah hanya dimodelkan sebagai tumpuan jepit. Dalam analisis struktur, struktur atas, fondasi dan tanah harus dimodelkan dan dianalisis dalam waktu yang bersamaan untuk memperhitungkan efek dari SSI.

Kriteria penggunaan interaksi tanah struktur :

1. Baik digunakan ketika kondisi fondasi freestanding, sering terjadi pada pilar jembatan yang berada di sungai dan untuk fondasi yang tidak terdapat freestanding, tumpuan jepit dimodelkan pada bottom pile cap.
2. Lokasi jembatan yang akan didesain berada pada zona gempa kuat. Pendekatan yang dapat dilakukan untuk menganalisis SSI:
3. Tanah, fondasi dan struktur atas dimodelkan dengan solid continuum element. Cara ini adalah yang paling akurat, tapi membutuhkan waktu yang lama untuk menganalisis dan membutuhkan bantuan komputer yang bagus.
4. Fondasi dan struktur atas dimodelkan sebagai line element dan tanah dengan spring element (bisa linear atau nonlinear). Cara ini banyak dipakai oleh praktisi dan disarankan oleh Lam dkk (2000) dan direkomendasikan oleh Federal Highway Administration Amerika Serikat.

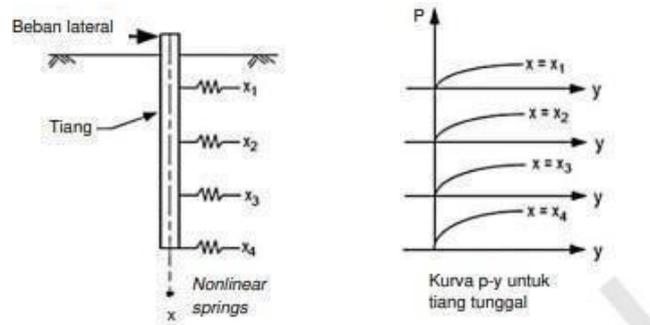


Gambar 2. 19 Complete model dan condensed matrix model
 (Sumber: *Soil Structure Interaction of Bridges for Seismic Analysis, 2000*)

Pada gambar di atas, Lam dkk (2000) menampilkan dua buah model, yaitu complete model yang seluruh fondasinya dimodelkan dan condensed matrix model yang hanya pile cap saja yang dimodelkan sedangkan fondasi tiangnya diganti dengan condensed matrix.

Model numerik yang mensimulasikan tahanan tanah arah lateral sebagai nonlinier spring adalah p-y curve, dimana p adalah reaksi tanah per unit panjang dan y adalah defleksi arah lateral tiang. Tanah direpresentasikan sebagai kumpulan nonlinear spring yang nilainya bervariasi untuk kedalaman dan jenis tanah.

Gambar 2.20 menunjukkan dimana sebuah fondasi tiang diberi beban lateral sedangkan tanahnya digantikan oleh kumpulan p-y curve per kedalaman tertentu sepanjang fondasi. Faktor yang mempengaruhi nilai p-y curve antara lain: jenis tanah, jenis pembebanan, bentuk dan diameter fondasi, kedalaman fondasi dan efek group tiang.



Gambar 2. 20 p-y curve per kedalaman

(Sumber: *Soil Structure Interaction of Bridges for Seismic Analysis, 2000*)

Dalam penggunaan p-y curve untuk analisis interaksi tanah struktur dapat menggunakan hasil studi dari Mohti dkk (2014) mengenai penggunaan p-y curve untuk analisis interaksi tanah struktur. Pada studi tersebut dilakukan analisis tiang tunggal yang diberi beban lateral dengan menggunakan software finite difference.

Program ini bisa mengeluarkan p-y curve per kedalaman tanah. Pada studi tersebut juga dibuatkan model yang sama dengan bantuan software finite element dimana p- y curve yang dihasilkan dari software finite difference tersebut dimasukkan sebagai nonlinear spring di software finite element dan membandingkan bending momen dan defleksinya. Hasil analisis menggunakan p-y curve spring mendekati hasil dari penggunaan software finite difference dan software finite element, akan tetapi penggunaan non-linier spring tidak praktis untuk keperluan desain yang sering menggunakan metode coba-coba (trial and error) apalagi untuk model yang kompleks, sehingga waktu yang diperlukan untuk analisis akan menjadi cukup lama.

Linierisasi p-y curve dapat menggunakan referensi yang relevan dan sudah diterima oleh ahli, misalnya mengacu kepada teori Reese. Jarak antar tiang pada group fondasi akan mempengaruhi nilai p-y curve, semakin dekat jarak antar tiang, maka nilai p-y curve akan berkurang. Hal ini disebabkan karena jika tiang diberi beban, maka beban akan diteruskan ke tanah dalam radius tertentu. Jika antara dua tiang yang cukup dekat, maka radius pengaruhnya akan berhimpit.

Jadi untuk memperhitungkan efek group dalam analisis, maka nilai p-y curve harus dikurangi. Lam dkk (2000) menyarankan untuk jarak antar tiang sekitar

3D (3 kali diameter) maka nilai p-y curve dikurangi setengahnya. Untuk jarak antar tiang besar dari 5D maka nilai p-y curve tidak perlu dikurangi. Penggunaan teknik SSI pada desain jembatan dilakukan dengan memodelkan tanah dengan element spring. Nilai spring tanah didapat dari linearisasi p-y curve. Karena p-y curve didapatkan dengan cara iterasi maka untuk kemudahan software finite difference digunakan untuk mendapatkan p-y curve dari interaksi fondasi dan tanah.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Alat

Adapun peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini antara lain :

1. Meteran
2. Alat Tulis
3. Komputer/Laptop
4. Perangkat lunak (Microsoft excel 2010, Microsoft word 2010, Midas Civil)

3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan di jembatan bengkalis – Sungai Bengkalis Riau , kabupaten bengkalis. Adapun waktu pelaksanaannya ialah dimulai dari bulan november – juli.



Gambar 3. 1 *Kondisi Jembatan Sungai Bengkalis jalan bengkalis pada saat ini*
(sumber : dokumentasi lapangan 2025)

3.3 Tahapan penelitian

Adapun tahapan penelitian dalam penyusunan laporan skripsi ini agar mendapatkan hasil desain yang baik dan benar adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah

Struktur abutment merupakan bagian dari sebuah jembatan karena berfungsi sebagai penahan tanah, penopang ujung jembatan, dan penerus beban dari struktur atas ke pondasi. Dalam kondisi aktual di lapangan, banyak abutment jembatan mengalami penurunan kinerja akibat penambahan beban lalu lintas, penurunan kualitas material, pengaruh lingkungan, serta kurangnya perawatan berkala.

Jembatan Sungai Bengkalis yang menjadi studi kasus dalam penelitian ini merupakan jalur transportasi penting di Kabupaten Bengkalis. Jembatan ini menghadapi tantangan struktural akibat meningkatnya volume kendaraan berat serta potensi gempa yang dapat mempengaruhi kestabilan abutment. Selain itu, desain awal jembatan kemungkinan belum sepenuhnya mempertimbangkan standar pembebanan terbaru seperti SNI 1725:2016 dan potensi interaksi tanah- struktur (*soil-structure interaction*).

2. Studi literatur

Studi literatur dalam penelitian ini bertujuan untuk memahami aspek teknis penelitian dengan mengacu pada standar atau pedoman diantaranya :

- a. SNI 1725:2016 tentang Pembebanan Untuk Jembatan.
- b. Panduan bidang jalan dan jembatan No. 02/M/BM/2021 tentang panduan praktis perencanaan teknis jembatan.

3. Pengumpulan data

Pengumpulan data berupa, data hasil survey pengambilan profil melintang sungai.

4. Pemodelan abutment jembatan

Dari hasil pengumpulan data abutment ini maka dapat dimodelkan bentuk abutment tipe dinding jembatan menggunakan aplikasi midas civil. Data yang telah diperoleh seperti geometri jembatan lalu diinput ke dalam aplikasi midas civil begitu juga dengan data beban kendaraan aktual dan beban standar juga dimodelkan di Midas Civil. Adapun langkah-langkah pemodelan struktur atas jembatan yaitu :

- a. Membuat perencanaan proyek baru
- b. Defenisikan geometri struktur
- c. Defenisikan material dan propertis
- d. Membentuk geometri
- e. Kondisi batas dan perletakan
- f. Analisa model non beban
- g. Input beban
- h. Evaluasi analisis model dengan beban
- i. Optimal dan perbaikan
- j. Hasil

5. Analisa gaya dalam

Analisis gaya dalam merupakan tahap penting dalam perencanaan ulang abutment, karena menentukan besarnya respons struktur terhadap berbagai jenis beban yang bekerja. Abutment sebagai elemen struktur penahan dan pendukung jembatan, menerima gaya dari atas (struktur atas) serta dari samping (tekanan tanah dan beban gempa). Oleh karena itu, analisis dilakukan untuk mendapatkan nilai momen lentur, gaya geser, dan gaya aksial sebagai dasar perencanaan dimensi dan penulangan struktur.

6. Analisa struktur

Analisis struktur abutment dilakukan untuk mengetahui kinerja dan respons struktur terhadap beban-beban yang bekerja. Proses ini merupakan tahapan penting dalam memastikan bahwa abutment yang direncanakan ulang dapat menahan gaya-gaya internal (gaya dalam) dan eksternal sesuai dengan standar keamanan struktural yang berlaku.

3.4 Secara Umum langkah – langkah Midas Civil

Berikut adalah langkah-langkah secara umum dalam penggunaan aplikasi Midas Civil untuk analisis dan desain struktur:

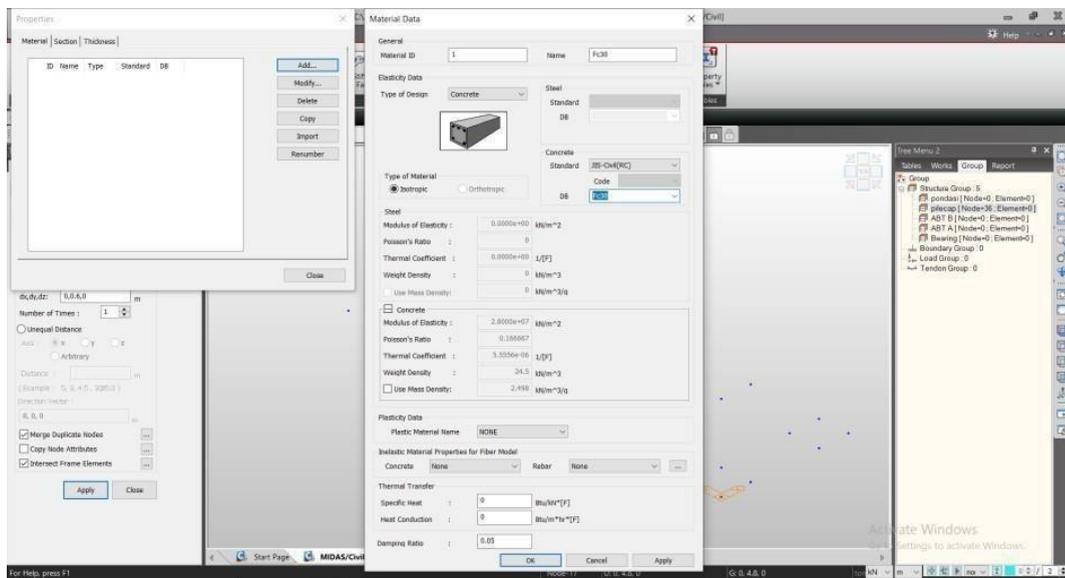
3.4.1 Pendefinisian Material

Pada langkah ini, Anda mendefinisikan material yang digunakan dalam model struktur. Midas Civil memungkinkan pengguna untuk memilih material dari database atau mendefinisikan material secara manual dengan memasukkan sifat-sifat material, seperti:

1. Modulus elastisitas
2. Kekuatan tarik
3. Densitas
4. Koefisien ekspansi termal, dan lainnya.

Penting untuk menentukan jenis material dengan benar karena ini akan mempengaruhi hasil analisis struktur.

Pembentukan material dan tipe material.

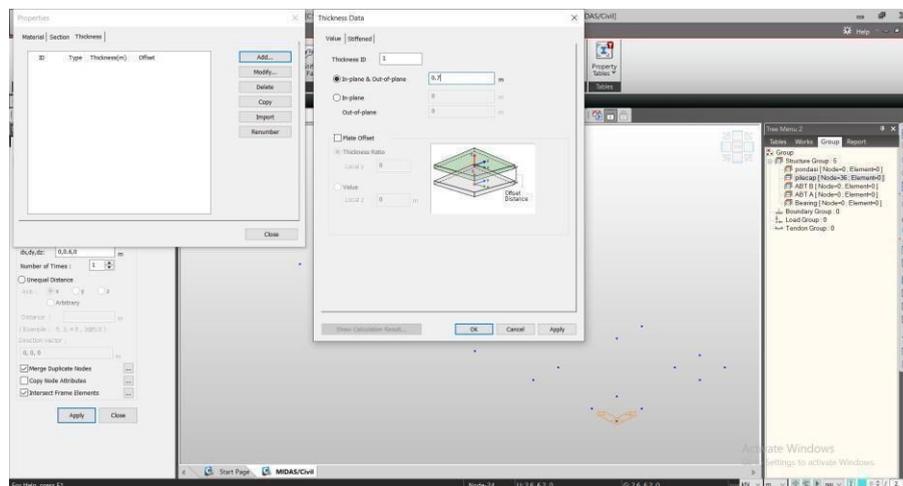


Gambar 3. 2 Pembentukan material dan tipe material
(Sumber : <https://www.scribd.com/document/547112500/Tutorial-Midas-Civil>)

3.4.2 Pendefinisian Section, Nodal, Element, Boundary

Langkah ini terdiri dari beberapa bagian utama:

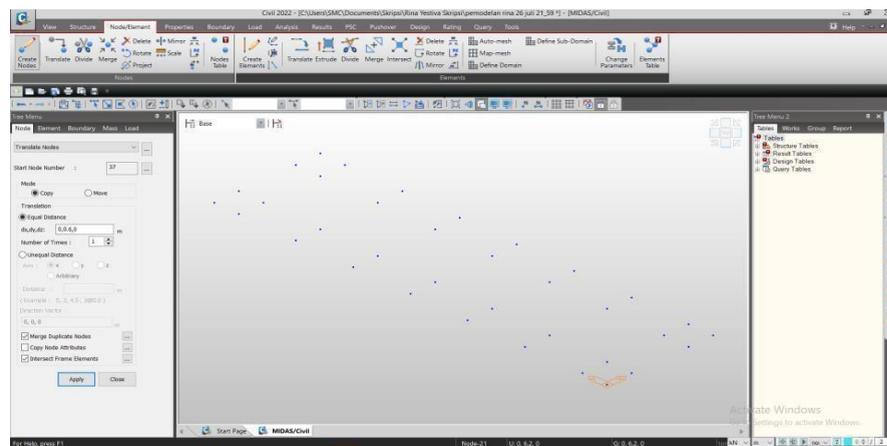
- 1) Section: Mendefinisikan bentuk dan ukuran penampang struktur, misalnya balok, kolom, pelat, atau dinding. Penampang ini dapat berupa penampang persegi panjang, I-beam, atau bentuk lainnya yang sesuai. Pemasukan section untuk pengukuran penampang struktur.



Gambar 3. 3 Pengukuran penampang struktur

(Sumber : <https://www.scribd.com/document/547112500/Tutorial-Midas-Civil>)

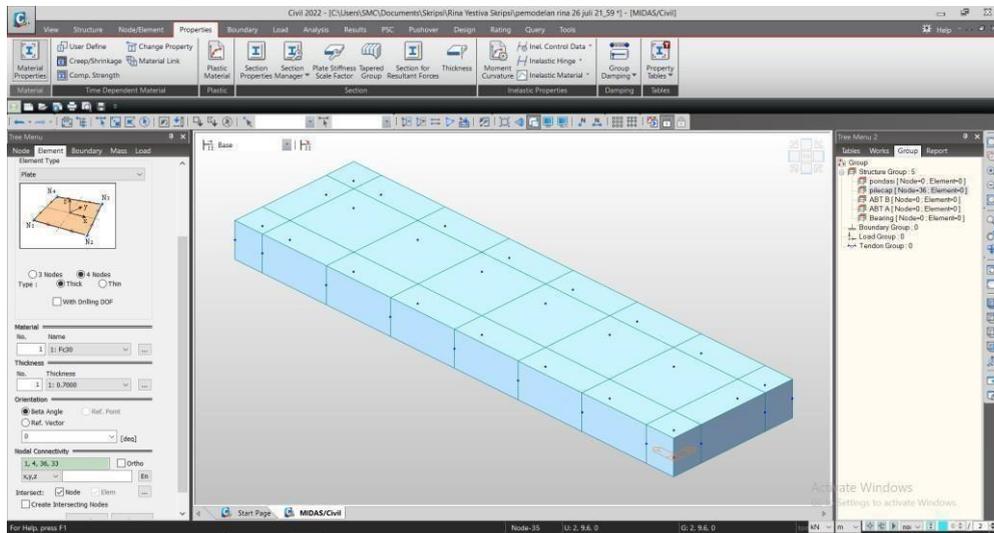
- 2) Nodal: Mendefinisikan posisi titik simpul atau nodal dalam struktur. Nodal adalah titik tempat pertemuan elemen-elemen struktur.



Gambar 3. 4 Pembuatan titik nodal

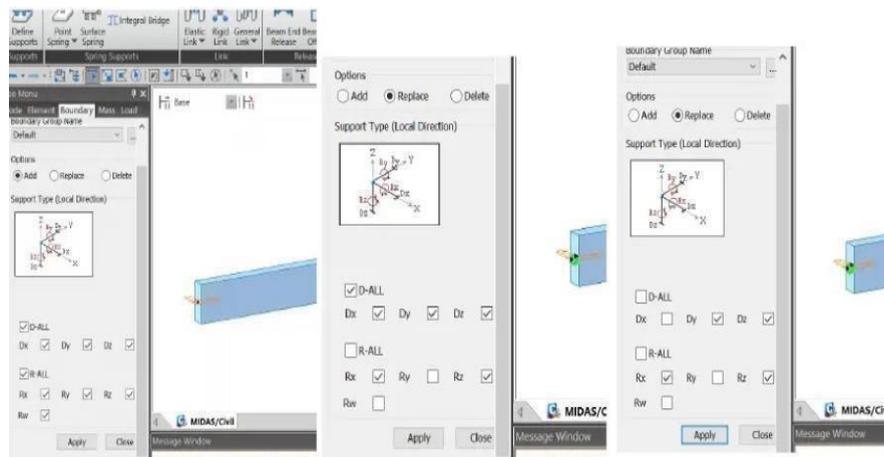
(Sumber : <https://www.scribd.com/document/547112500/Tutorial-Midas-Civil>)

- 3) Element: Menyusun elemen-elemen yang menghubungkan nodal. Elemen-elemen ini bisa berupa balok, kolom, pelat, dan sebagainya, yang menggambarkan komponen-komponen struktural.



Gambar 3. 5 Membuat pembentukan elemen pelat
 (Sumber : <https://www.scribd.com/document/547112500/Tutorial-Midas-Civil>)

- 4) *Boundary*: Menentukan kondisi batas pada struktur, seperti penyangga atau batasan gerakan (misalnya, terikat pada titik tertentu), untuk mensimulasikan interaksi antara struktur dengan lingkungan di sekitarnya. Membuat nodal boundary digunakan untuk mendefinisikan perletakan dan sambungan pada titik-titik dalam model, perletakan jepit, sendi, dan rol.



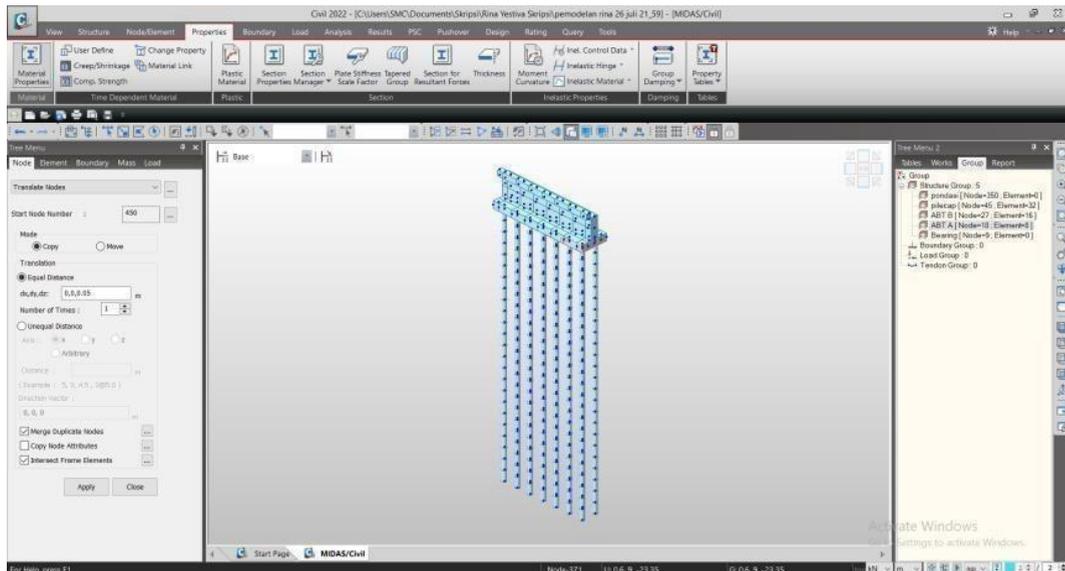
Gambar 3. 6 Perletakan sambungan jepit, sendi, rol
 (Sumber : <https://www.scribd.com/document/547112500/Tutorial-Midas-Civil>)

3.4.3 Result

Setelah proses analisis selesai, hasil analisis akan ditampilkan. Hasil ini bisa mencakup:

1. Diagram gaya dalam: Untuk melihat distribusi gaya pada elemen.
 - a. Diagram momen dan tegangan: Untuk memeriksa kestabilan dan keandalan struktur.
 - b. Deformasi: Menunjukkan bagaimana struktur melengkung atau bergerak di bawah beban.
 - c. Laporan dan visualisasi: Midas Civil juga memungkinkan hasil analisis disajikan dalam bentuk grafik, tabel, dan laporan untuk memudahkan interpretasi dan pengambilan keputusan.

Dengan langkah-langkah ini, Midas Civil membantu insinyur dalam merancang dan menganalisis struktur secara rinci dan akurat.



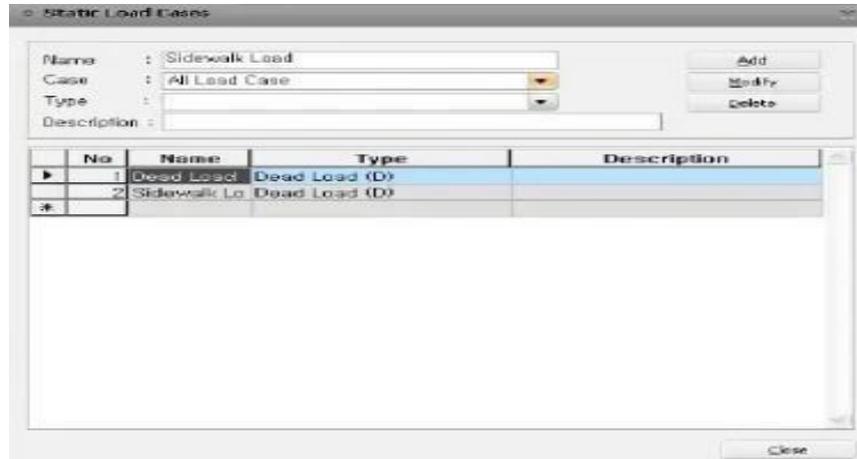
Gambar 3. 7 Hasil analisis disajikan dalam bentuk grafik, tabel
(Sumber : <https://www.scribd.com/document/547112500/Tutorial-Midas-Civil>)

3.4.4 Input Load

Pada langkah ini, beban yang akan bekerja pada struktur dimasukkan, seperti: Beban mati (Dead load): Berat struktur itu sendiri.

- a. Beban hidup (Live load): Beban yang bervariasi, seperti orang, furniture, atau kendaraan.
- b. Beban angin, gempa, suhu dan beban lainnya.

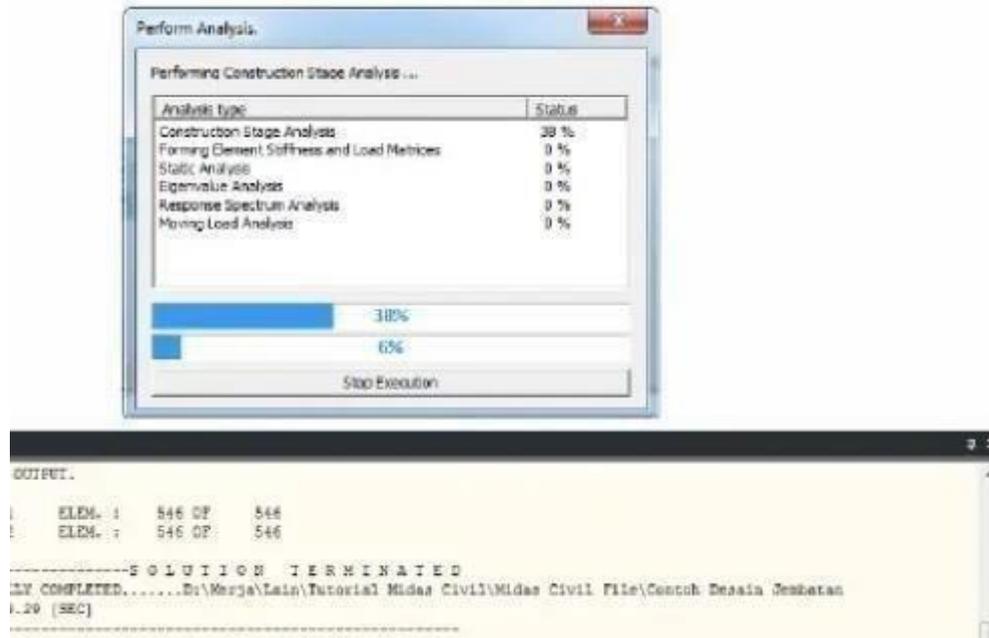
Pengguna harus menentukan jenis beban, distribusi beban, serta lokasi beban pada struktur.



Gambar 3. 8 Menginput beban hidup, dan beban mati
(Sumber : <https://www.scribd.com/document/547112500/Tutorial-Midas-Civil>)

3.4.5 Perform

Setelah semua data dimasukkan, tahap selanjutnya adalah menjalankan analisis struktur. Pada tahap ini, MIDAS CIVIL akan melakukan perhitungan menggunakan metode *finite element analysis (FEA)* untuk menghitung respons struktur terhadap berbagai beban yang sudah dimasukkan. Hasil analisis ini mencakup perhitungan gaya dalam elemen (momen, gaya geser, gaya normal), deformasi, dan tegangan.



Gambar 3. 9 Hasil analysis perhitungan gaya elemen
 (Sumber : <https://www.scribd.com/document/547112500/Tutorial-Midas-Civil>)

BAB IV

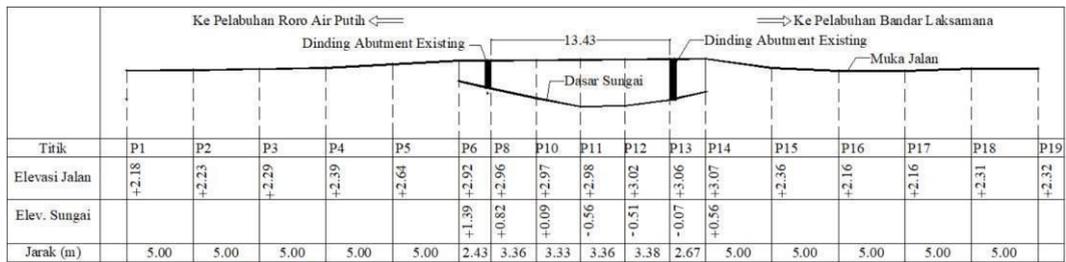
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan data

Pengukuran profil menggunakan alat waterpass dilakukan untuk mendapatkan profil melintang sungai pada bagian jembatan existing, adapun data hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 4. 1 Pengukuran Profil Sungai Bengkalis Jl. Bengkalis

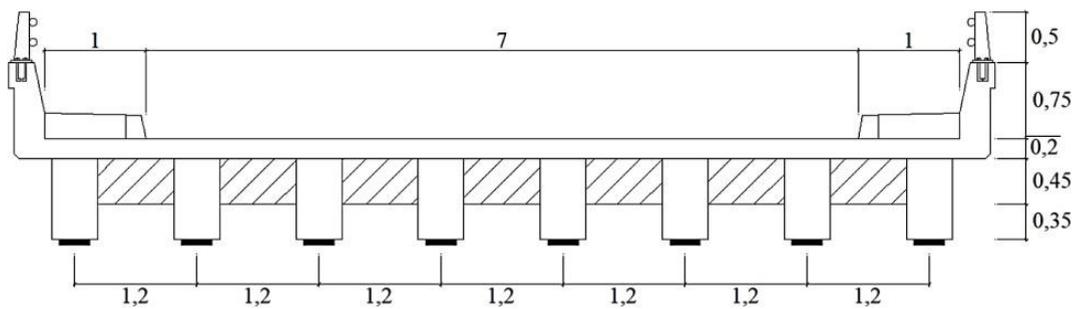
ELEVASI ALAT			2 M		SUDUT	BEDA TINGGI	ELEVASI Z	JARAK X
TINGGI ALAT	TITK	BA	BT	BB				
1.23	P1	1.21	1.048	0.973	11	0.182	2.182	0
1.23	P2	1.059	1.003	0.944	36	0.227	2.227	5
1.23	P3	0.992	0.938	0.885	51	0.292	2.292	5
1.23	P4	0.896	0.843	0.784	73	0.387	2.387	5
1.23	P5	0.663	0.586	0.512	90	0.644	2.644	5
1.23	P6 (ATAS)	0.406	0.314	0.223	100	0.916	2.916	5
1.23	P6 (BAWAH)	1.932	1.843	1.743		-0.613	1.387	
1.23	P7 (ATAS)	0.374	0.273	0.178	106	0.957	2.957	2.15
1.23	P7 (BAWAH)	2.276	2.774	2.173		-1.544	0.456	
1.23	P8 (ATAS)	0.374	0.274	0.172	106	0.956	2.956	0.28
1.23	P8 (BAWAH)	2.506	2.406	2.304		-1.176	0.824	
1.23	P9 (ATAS)	0.381	0.262	0.146	111	0.968	2.968	3.36
1.23	P9 (BAWAH)	3.256	3.138	3.026		-1.908	0.092	
1.23	P10 (ATAS)	0.374	0.245	0.115	114	0.985	2.985	3.33
1.23	P10 (BAWAH)	3.916	3.792	3.662		-2.562	-0.562	
1.23	P11 (ATAS)	0.362	0.214	0.069	117	1.016	3.016	3.36
1.23	P11 (BAWAH)	3.889	3.736	3.589		-2.506	-0.506	
1.23	P12 (ATAS)	0.345	0.174	0.023	119	1.056	3.056	3.38
1.23	P12 (BAWAH)	3.458	3.296	3.132		-2.066	-0.066	
1.23	P13 (ATAS)	0.332	0.168	0.023	119	1.062	3.062	0.29
1.23	P13 (BAWAH)	3.362	3.196	3.035		-1.966	0.034	
1.23	P14 (ATAS)	0.232	0.156	0.023	121	1.074	3.074	2.38
1.23	P14 (BAWAH)	2.846	2.672	2.498		-1.442	0.558	
1.23	P15	1.072	0.872	0.678	121	0.358	2.358	5
1.23	P16	1.302	1.072	0.852	122	0.158	2.158	5
1.23	P17	1.323	1.073	0.835	124	0.157	2.157	5
1.23	P18	1.122	0.919	0.774	126	0.311	2.311	5
1.23	P19	1.093	0.910	0.682	128	0.32	2.320	5



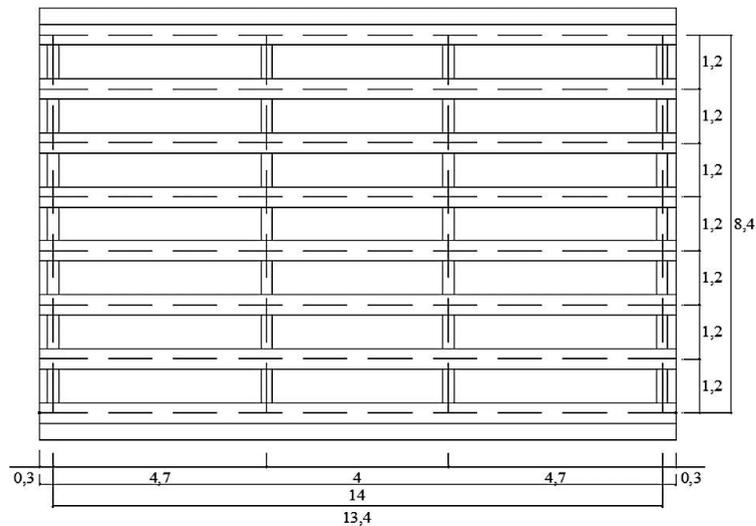
Gambar 4. 1 Hasil Pengukuran Profil Melintang
(Sumber :data lapangan 20225)

1. Data struktur atas jembatan

- a. Panjang total jembatan : 14 m
- b. Jumlah jalur : 2 Jalur
- c. Lebar lajur jembatan : 7 m
- d. Lebar trotoar : 1 m x 2
- e. Lebar total bersih jembatan : 9 m
- f. Tebal trotoar : 0.25 m
- g. Jumlah gelagar memanjang : 8
- h. Dimensi gelegar : 45/100
- i. Diafragma : 25/45
- j. Tebal Pelat lantai : 20 cm



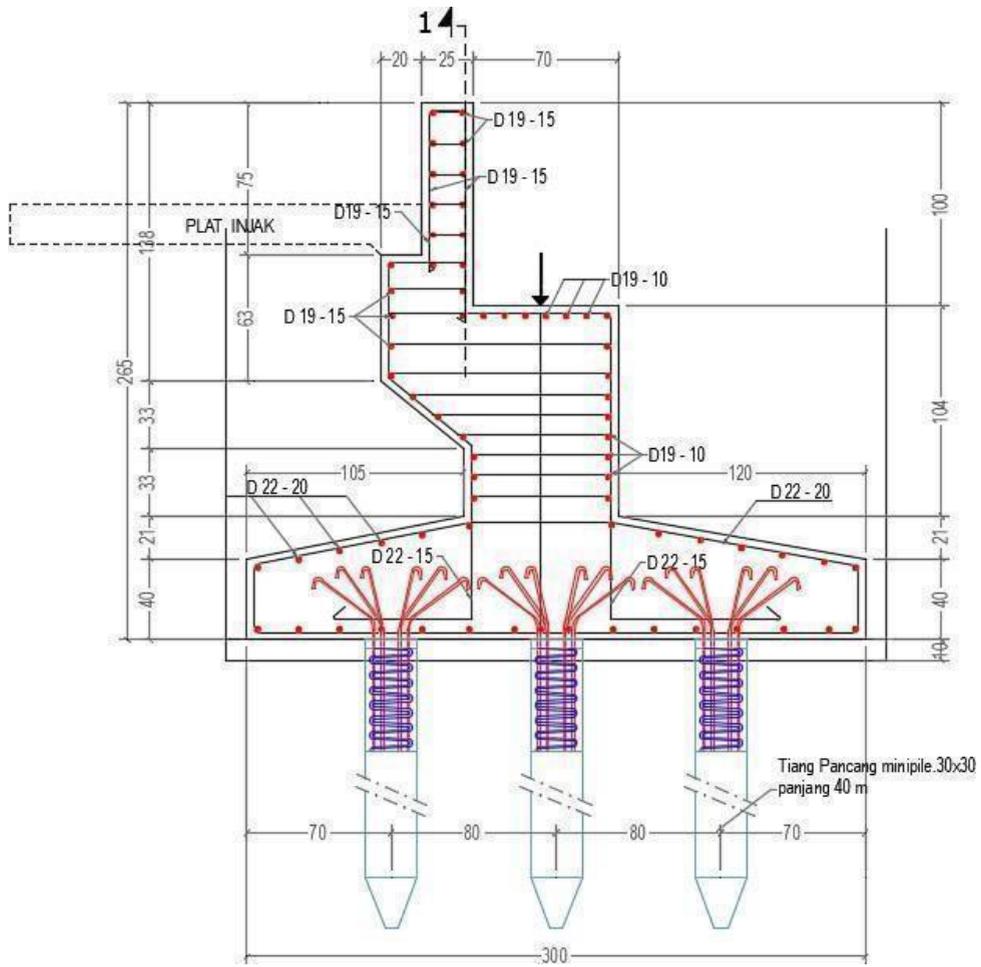
Gambar 4. 2 Penampang Struktur Atas Jembatan
(Sumber : Aplikasi autocad 2021)



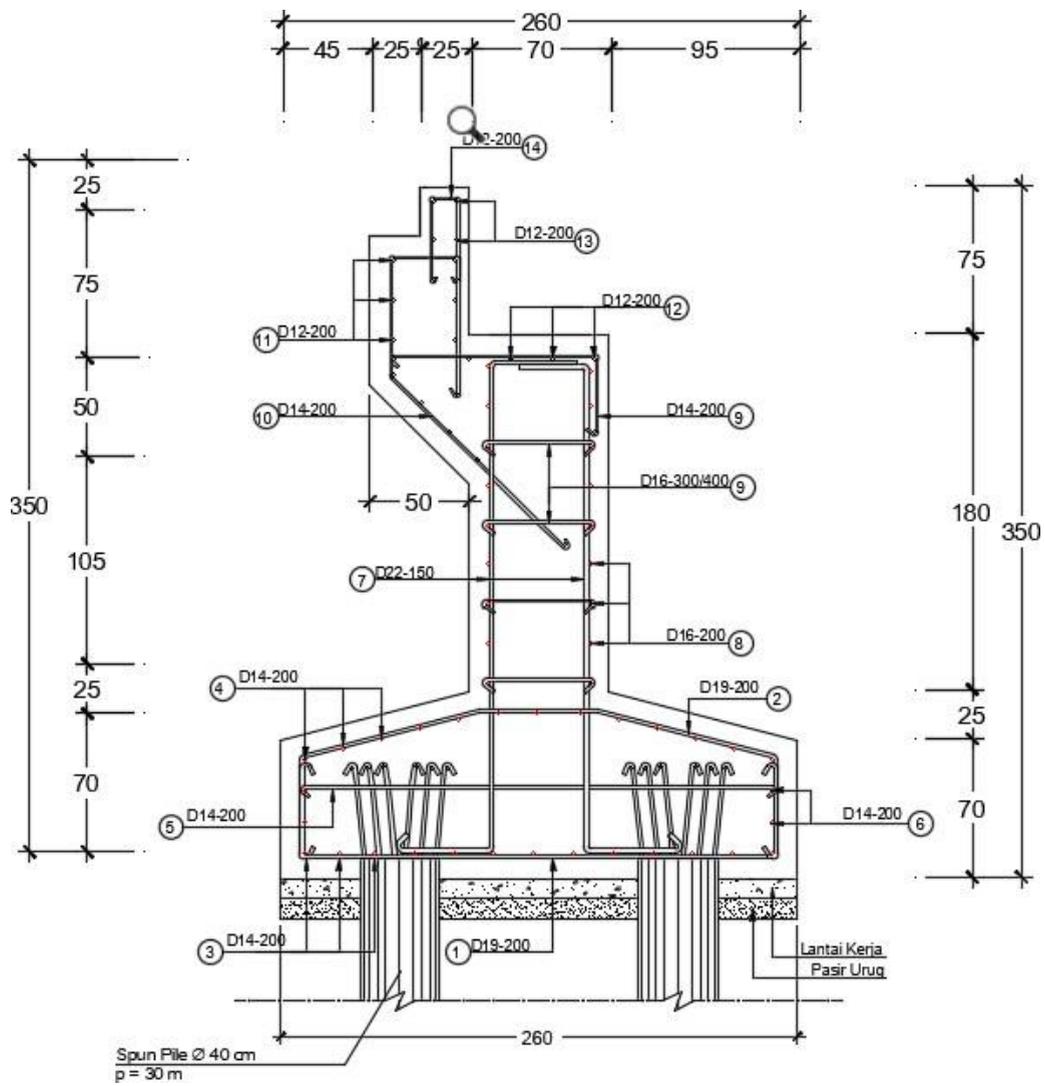
Gambar 4. 3 Penampang Struktur Atas Jembatan
(Sumber : Aplikasi autocad 2021)

4.2 Penampang Abutment

Abutment jembatan direncanakan berada di kedua ujung atau sisi jembatan dengan memperhatikan karakteristik tanah dasar sungai didominasi oleh tanah lunak yang memerlukan pondasi seperti tiang pancang beton bertulang untuk kestabilan struktur. Sebagai bahan pertimbangan dalam penentuan penampang abutment, diambil bentuk dan dimensi penampang abutment pada jembatan sekitar Pulau Bengkalis diantaranya abutment jembatan senderak dan jembatan sukamaju. Alasan mengambil data tanah yang berada di daerah senderak, karena menjadi panduan untuk mendapatkan data tanah, di karenakan data tanah atau tiang pancang jembatan di daerah senderak sama dengan jembatan yang berada di daerah jembatan bengkalis sungai jalan bengkalis. Terlihat pada gamabar di bawah ini, terdapat bagian abutment di jembatan sungai senderak.

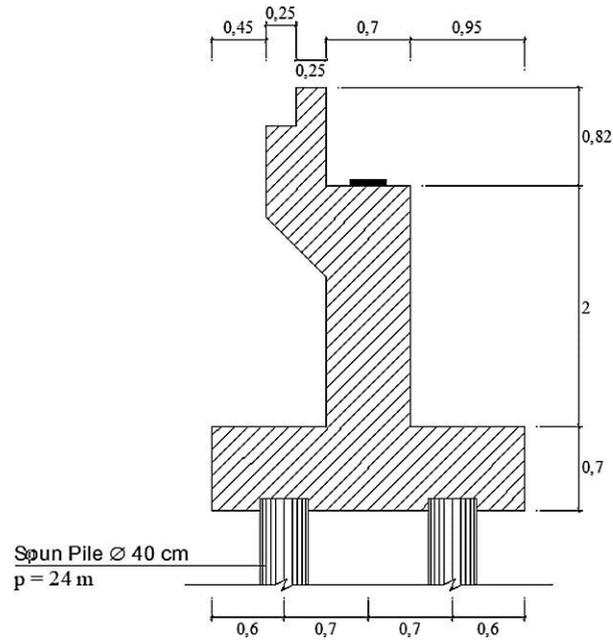


Gambar 4. 4 Jembatan Sungai Senderak
(Sumber : Aplikasi autocad 2021)

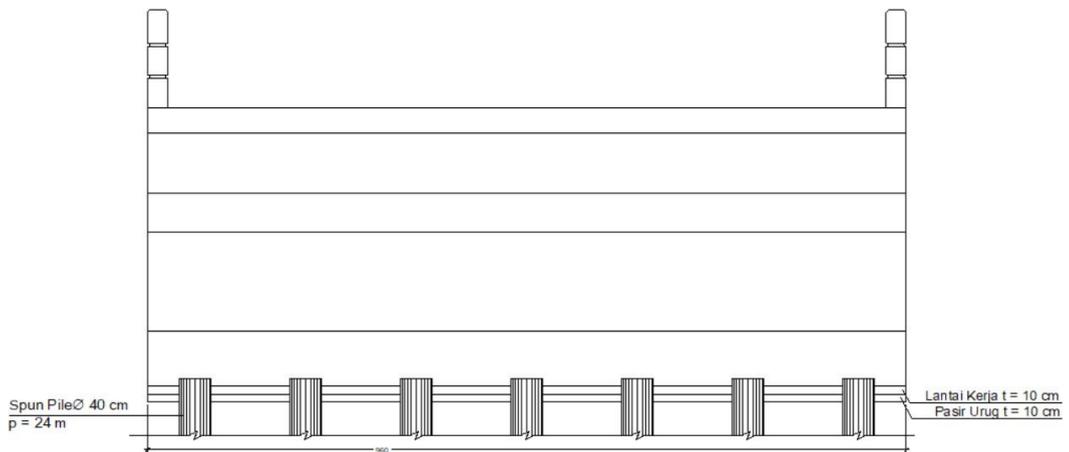


Gambar 4.5 Jembatan Sungai Raya Desa Sukamaju Kec. Bantan
(Sumber : Aplikasi autocad 2021)

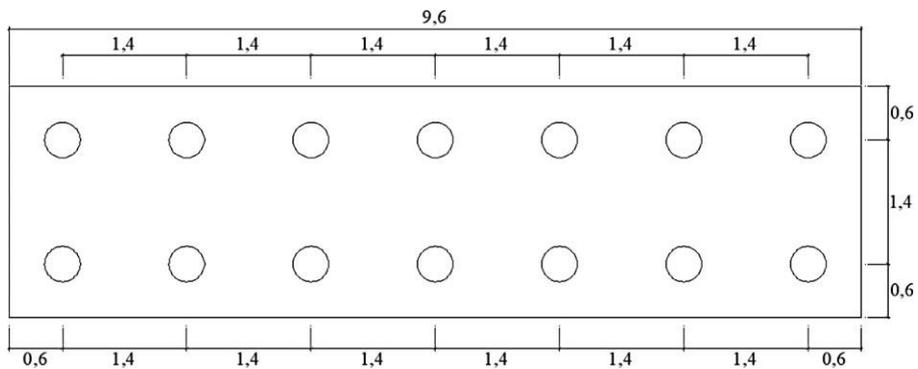
Penampang jembatan yang digunakan didalam penelitian ini seperti gambar di bawah ini :



Gambar 4. 6 Tampak samping abutment
(Sumber : Aplikasi autocad 2021)



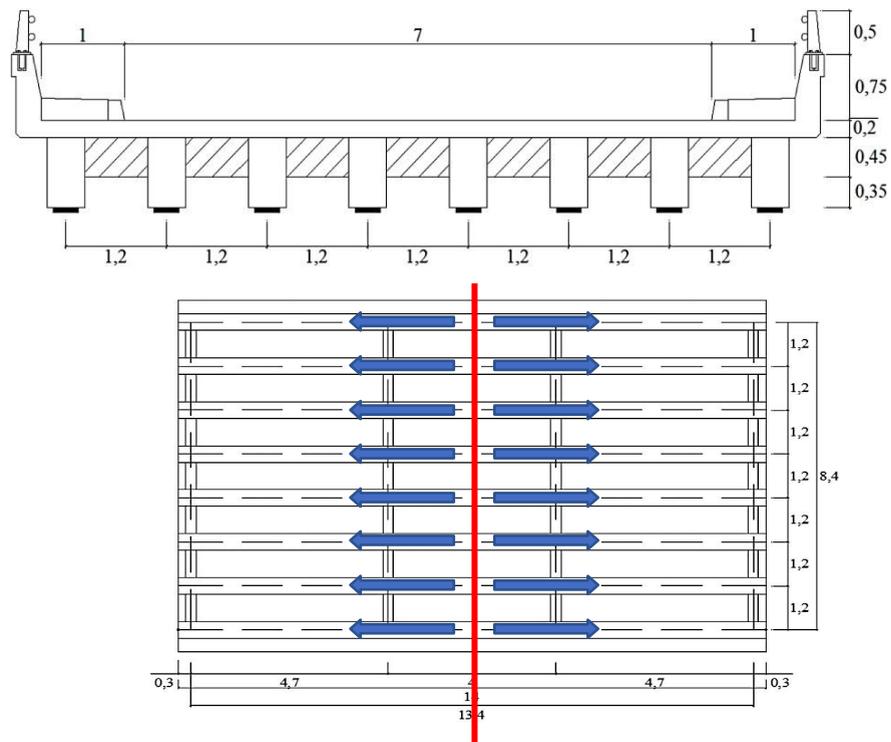
Gambar 4. 7 Tampak depan abutment
(Sumber : Aplikasi autocad 2021)



Gambar 4. 8 pondasi abutment
(Sumber : Aplikasi autocad 2021)

4.3 Perhitungan Beban Mati Komponen Struktur dan Nonstruktur (MS)

Gambar di bawah adalah potongan melintang struktur atas jembatan dengan bentang jembatan 14 m dan jarak antar gelagar 1200 mm. Sistem struktur atas terdiri dari gelagar beton bertulang balok T dengan ketebalan lantai kendaraan 200 mm.



Gambar 4. 9 Potongan melintang jembatan
(Sumber : Aplikasi autocad 2021)

Dari potongan melintang jembatan di atas dapat diketahui bahwa beban mati komponen struktur yang bekerja pada gelagar jembatan adalah berat sendiri gelagar, berat diafragma dan pelat jembatan. Untuk berat sendiri yang bekerja pada gelagar jembatan dihitung berdasarkan lebar tributari pembebanan. Lebar tributari dapat diambil sebesar jarak antar gelagar.

Untuk menghitung berat beban mati yang bekerja pada gelagar, data yang diperlukan adalah dimensi penampang jembatan dan berat jenis material.

Jarak antar gelagar	$sg = 1.2 \text{ m}$	
Tebal pelat	$ts = 0,2 \text{ m}$	
Bentang jembatan	$Lb = 14 \text{ m}$	panjang balok = 7 m
Berat jenis beton	$\gamma_c = 24 \text{ KN/m}^3$	

1. Beban mati yang bekerja pada gelagar beton bertulang balok T adalah :

a. Beban pelat jembatan

$$\text{Luas pelat } Ad = sg \times ts$$

$$= 1,2 \times 0,2 = 0,24 \text{ m}^2$$

$$\text{Beban pelat } Ws = \gamma_c \times Ad$$

$$= 24 \times 0,24 \text{ KN} = 5,76 \text{ KN}$$

$$\text{R. Tumpuan (Ujung Bentang } \frac{1}{2} \text{ Bentang)} = 5,76 \times 14 / 2 = 40,32 \text{ kN}$$

b. Beban Diafragma

$$\text{Jumlah diafragma} = 4$$

$$\text{Panjang diafragma} = 1,2 \text{ m} - \frac{1}{2} 0,45 - \frac{1}{2} 0,45 = 0,75 \text{ m}$$

$$\text{Luas penampang diafragma} = 0,45 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} = 0,1125 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume diafragma} = 0,75 \times 0,1125 \times 4 = 0,3375 \text{ m}^3$$

$$\text{R. Tumpuan (Ujung Bentang } -1/2 \text{ Bentang)} = 0,3375 \times 24 / 2 = 4,05 \text{ KN}$$

c. Beban gelagar

$$\text{Luas gelagar } A_g = (1 - 0,2) \times 0,45 = 0,36 \text{ m}^2$$

$$\text{Beban gelagar } W_g = \gamma_c \times A_g = 24 \times 0,36 = 8,64 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$R.\text{Tumpuan (Ujung Bentang -1/2 Bentang)} = 8,64 \times 14 / 2 = 60,48 \text{ kN}$$

4.4 Beban mati tambahan atau utilitas (MA)

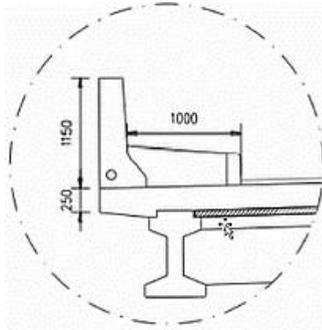
Berdasarkan data struktur jembatan, perhitungan beban mati tambahan yang bekerja pada gelagar.

Beban mati tambahan terdiri dari komponen nonstruktur yang ada pada jembatan. Dari gambar potongan melintang jembatan di atas yang termasuk beban mati tambahan adalah beton barrier, trotoar, dan lapisan perkerasan.

Untuk menghitung beban mati tambahan pada gelagar, data yang diperlukan adalah dimensi penampang jembatan, dimensi trotoar, dimensi barrier, lebar jalan, dan berat jenis material.

Untuk menentukan besarnya beban mati tambahan diperlukan data sebagai berikut:

Lebar jalan	$W_r = 7 \text{ m}$
Panjang jembatan	$L_b = 14 \text{ m}$
panjang balok	$= 14 \text{ m}$
Jumlah gelagar	$n_g = 4$
Tebal trotoar	$t_{tr} = 0,25 \text{ m}$
Tebal perkerasan	$t_a = 0,05 \text{ m}$
Berat jenis beton	$\gamma_c = 24 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
Berat jenis aspal	$\gamma_a = 22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
CTC	$= 1,2 \text{ m}$



Beban mati tambahan yang bekerja yaitu :

a. Beban Barrier

Jumlah barrier $n_b = 1$ Sisi

Luas barrier $A_b = 0,37 \text{ m}^2$

Beban barrier $W_{br} = \gamma_c \times A_b \times n_b = 8,88 \text{ KN/m}$

R.Tumpuan (Ujung Bentang 1/2 Bentang) = 62,16 KN

b. Beban Trotoar

Jumlah trotoar $n_{tr} = 2$ sisi

Luas trotoar $A_{tr} = 0,105 \text{ m}^2$

Beban trotoar $W_{tr} = \gamma_c \times A_{tr} \times n_{tr} \times \text{pjpg gelegar} / 2$ R.Tumpuan (Ujung Bentang 1/2 Bentang) = 35,28 KN

c. Beban Aspal

Luas aspal $A_a = t_a \times CTC$

= 0,06 m^2

Beban aspal $W_a = \gamma_a \times A_a$

= 2,31 KN/m

R.Tumpuan (Ujung Bentang 1/2 Bentang) = 9,24 KN

4.5 Gaya Akibat Rem (TB)

Gaya rem harus diambil yang terbesar dari:

1. 25% dari berat gandar truk desain
2. 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata (BTR)

Gaya rem harus di tempatkan di semua lajur rencana dan yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm di atas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan. Untuk jembatan yang di masa depan akan dirubah menjadi satu arah, maka semua lajur rencana harus dibebani secara simultan pada saat menghitung besarnya gaya rem. Faktor kepadatan lajur yang ditentukan pada Pasal 8.4.3 SNI 1725-2016 tentang pembebanan untuk jembatan berlaku untuk menghitung gaya rem.

Hitung beban rem yang terjadi pada jembatan dengan 2 lajur dan terdiri dari 8 gelagar.

Jumlah lajur $nL = 2$ Panjang jembatan = 14 m

Jumlah gelagarng = 8 Beban terbagi rata = $9 \frac{qN}{m^2}$

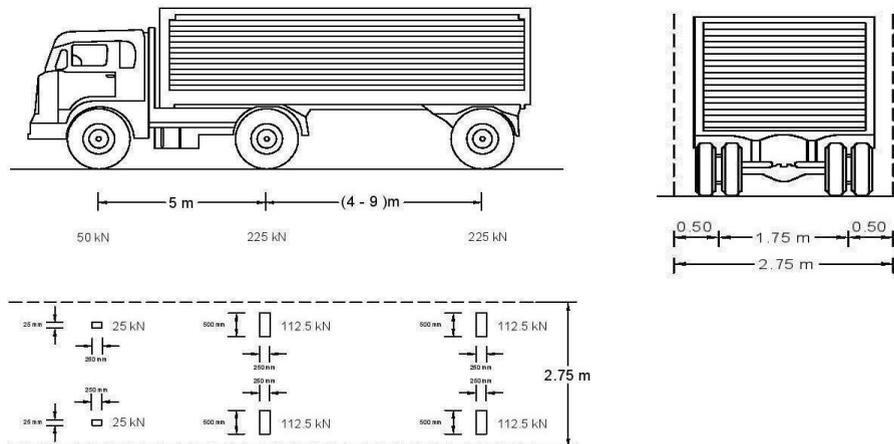
Lebar jalan raya $W_r = 7$ m

Beban BTR yang bekerja disemua lajur PBTR = $q_{BTR} \times W_r \times L_b = 126 \frac{qN}{m^2}$

Beban rem yang bekerja pada jembatan untuk setiap gelagar diambil dari nilai terbesar dari 2 ketentuan berikut:

1. 25% dari berat gandar truk desain

Untuk mendapatkan pengaruh maksimum gunakan nilai berat gandar terbesar, pada perhitungan ini digunakan gandar belakang:



Berat gandar truk desain WT = 225 KN

$$TB1 = 0,25 \frac{WT}{ng} = 0,4375 \text{ KN}$$

2. 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata (BTR)

Beban satu truk rencana PT = 500 KN

$$TB2 = 0.05 \left(\frac{PT}{ng} + PB \right) = 51,575 \text{ KN}$$

Jadi beban rem yang menentukan adalah akibat kondisi 2 yaitu sebesar 51,575 kN. Dalam perhitungan pengaruh gaya rem terhadap struktur, gaya rem diaplikasikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm di atas permukaan jalan pada arah longitudinal jembatan.

$$TB_Long = 5,625 \text{ KN}$$

$$MTB_Cross = 12,5 \frac{TB}{ng} \text{ Input Midas Momen Arah Cross(MY)}$$

4.6 Gaya horizontal akibat tekanan tanah (TA)

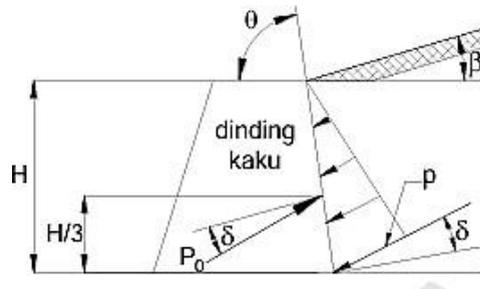
Tabel 4. 2 Faktor beban akibat tekanan tanah :

Tipe beban	Faktor beban (γ TA)			
	Kondisi Batas Layan (γ^S) TA		Kondisi Batas Ultimit (γ^U) TA	
	Tekanan tanah		Biasa	Terkurangi
Tetap	Tekanan tanah vertikal	1,00	1,25	0,80
	Tekanan tanah lateral			
	- Aktif	1,00	1,25	0,80
	- Pasif	1,00	1,40	0,70

	- Diam	1,00	(1)
--	--------	------	-----

Catatan ⁽¹⁾ : Tekanan tanah lateral dalam keadaan diam biasanya tidak diperhitungkan pada keadaan batas ultimit.

Koefisien tekanan tanah aktif (k_a)



Tinggi Abutment $H = 2 \text{ m}$

Sudut pada urukan terhadap garis horizontal $\beta = 0^\circ$

Sudut pada dinding belakang terhadap garis horizontal $\theta = 90^\circ$

Sudut geser antara urukan dan dinding $\phi' = 20^\circ$

Berat jenis tanah $\gamma = 16,5 \frac{\text{KN}}{\text{m}^3}$

Kohesi $c = 0 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$

Sudut geser efektif tanah $\phi' f = 30^\circ$ Faktor beban ultimited

$\gamma_{TA} = 1.25$ Tekanan Tanah Aktif

a. Tekanan Tanah Pasif

Tabel 4. 3 Beban Mati Tambahan (SDL) perbaiki tabel

No	Jenis	Tebal	Berat Vol	Beban
		m	KN/ m3	KN/m
1	Rigid	0.25	25	6.25
2	Air hujan	0.05	10	0.5
3	Base course	0.15	20	3
QSDL				9.75

Persamaan koefisien, tekanan tanah aktif

$$K_a = \frac{\sin^2(\theta + \phi')}{\sin^2\theta \cos^2(\theta - \delta) \cos(\theta + \beta)}$$

Dimana :

$$\Gamma = \sqrt{1 + \frac{\sin(\phi' + \delta) \times \sin(\phi' - \beta)}{\sin(\theta - \delta) \times \sin(\theta + \beta)}}$$

$$\Gamma = [1 +$$

$$\Gamma = [1 + \sqrt{0,3746947}]^2$$

$$= 2.598544$$

$K_a = 0,7258$ (Koefisien tekanan tanah kondisi aktif) Koefisien tanah dalam kondisi diam (K_o)

$$K_o = 1 - \sin \phi'$$

$$K_o = 0.5$$

Tekanan Tanah Akibat beban SDL

$$P_{sdl} = Q_{sdl} \times k_a = 7,077 \frac{kN}{m^2}$$

Tekanan Tanah Aktif $P_a = H \times \gamma \times K_a$

$$= 23,9514 \text{ KN/m}^2$$

Tekanan Tanah Aktif

H	Beban (KN/ m ²)
0	2
1	19
2	31

Tekanan Tanah Saat Gempa (SNI 2833-2016) tekanan tanah lateral akibat pengaruh gempa dapat dihitung dengan menggunakan pendekatan pseudostatis yang dikembangkan oleh Mononobe dan Okabe. Formula gaya tekan tanah akibat pengaruh gempa (EAE) yaitu sebagai berikut :

$$\gamma = \text{BJ tanah isian } (\gamma_s) = 16.5 \frac{kN}{m^3}$$

$$\phi = \text{Sudut geser internal tanah } \phi = 30$$

$$H_1 = \text{Tinggi Tanah Aktif} = 2 \text{ m}$$

$$H_2 = \text{Tinggi Tanah Pasif} = 0$$

$$\theta = \text{Arc.tan } K_h / (1 - K_v) = 10.68$$

$$\delta = \text{Sudut geser antara ukuran dan dinding} = 20$$

β = Kemiringan dinding kepala jembatan terhadap bidang vertikal ($^{\circ}$) = 0

θ = Sudut pada dinding belakang terhadap garis horizontal = 0

A_s = Percepatan di permukaan dari percepatan- percepatan di permukaan

FPGA = Faktor amplifikasi gelagar pada periode 0 detik 0,3 – 0.4g

$$= 0,985 \text{ PGA } 0,383$$

$$A_S = \text{FPGA} \times \text{PGA} = 0,377$$

F_a = Faktor amplifikasi periode pendek = 0,933

F_v = Faktor amplifikasi percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik = 1,6

$$S_{D1} = F_a \times S_s = 0.765$$

$$S_{DS} = F_v \times S_1 = 0.382$$

S_s = Parameter respon spektral percepatan gempa untuk periode pendek ($T = 0,2$ det) = 0,82

S_1 = Parameter respon spektral percepatan gempa untuk periode 1 detik = 0,239 $T_s = S_{D1}/S_{DS} = 2,001$

$$T_O = 0,2 \times T_s = 0,400$$

$$K_h = \text{Koefisien percepatan horizontal } 0,5 \times A_s = 0,189$$

K_v = Koefisien percepatan vertical (umumnya di ambil 0) = 0

Sudut kemiringan timbunan ($^{\circ}$) = 19

B = Kemiringan dinding kepala jembatan terhadap didang vertikal ($^{\circ}$) = 0 Koefisien tekanan tanah Aktif Seismik (KAE) :

$$\begin{aligned} KAE &= \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos^2\theta \times \cos^2\beta \times \cos(\delta + \theta + \beta)} \times \left(1 + \frac{\sin(\delta + \phi) \sin(\phi - \theta - \beta)}{\cos(\delta + \theta + \beta) \cos(\phi - \beta)} \right)^{-2} \\ &= \frac{0.890515722}{1 \times 1 \times 0.8600522} \times \left(1 + \frac{0.766 \times 0.5}{0.86005 \times 0.94552} \right)^{-2} \\ &= 1,03542055 \times 1 + (0,6863)^{-2} \\ &= 1,03542055 \times 0,3516656 = 0.364 \end{aligned}$$

$$EPE = (0,5) \times \gamma \times H_1(1 - K_v) \times KAE = 6,006 \text{ KN}$$

$$EPE = (0,5) \times \gamma \times H_1 \times (1 - K_v) \times KAE = 6,006 \text{ KN}$$

$$\text{Tekanan Tanah Saat Gempa : } P_g = H \times \gamma \times KAE = 12,012 \text{ KN/m}$$

Tekanan Tanah Saat Gempa

H	Beban (KN/m ²)
2	31
1	19
0	2

4.7 Penentuan kelas situs

Kelas situs merupakan klasifikasi jenis tanah di lokasi rencana jembatan yang ditentukan berdasarkan kondisi lapisan tanah setebal 25 m yang didasarkan pada korelasi dengan hasil penyelidikan tanah lapangan dan laboratorium. Variabel-variabel yang dijadikan sebagai acuan dalam penentuan kelas situs terdiri dari kecepatan rambat gelombang geser melalui lapisan tanah ke-i V_{si} , nilai hasil uji penetrasi standar lapisan tanah ke-i N_i , kuat geser tak terdrainase lapisan tanah ke-i S_{ui} , dan jumlah lapisan tanah yang ada di atas batuan dasar. Tata cara penentuan kelas situ yang lebih lengkap diatur dalam SNI 2833:2016 pada Bagian 5.3.1. Klasifikasi kelas situs dapat lihat dari Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Tabel kelas Situs

Kelas situs	\bar{V}_s (m/s)	\bar{N}	\bar{S}_{ui} (kPa)
A.Batuan keras	$\bar{V}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B.Batuan	$750 < \bar{V}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C.Tanah sangat padat dan batuan lunak	$350 < \bar{V}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{S}_{ui} > 100$
D.Tanah sedang	$175 < \bar{V}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{S}_{ui} \leq 100$
E.Tanah lunak	$\bar{V}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{S}_{ui} < 50$
	Atau setiap lapisan tanah dengan ketebalan lebih 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air (w) ≥ 40 % 3. Kuat geser tak drainase $\bar{S}_{ui} < 25$ kpa		

tanah harus diklasifikasikan ke dalam situs kelas F :

a. Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti tanah berpotensi terjadinya likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, dan tanah yang tersegmentasi lemah

b. Lempung dengan kadar organik tinggi dan atau terdapat gambut dengan ketebalan > 3 meter

c. Tanah bersifat plastisitas tinggi (kedalaman $H > 7,5$ meter dengan $PI > 75\%$)

d. Lapisan lempung lunak atau medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ meter.

Dari data tanah tidak terdapat salah satu dari kondisi ini, sehingga dilakukan pengecekan untuk kelas situs E.

2. Menentukan apakah situs tanah termasuk dalam kelas situs E, jika pada situs ditemui setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m yang memiliki karakteristik sebagai berikut:

a. $V_s < 175$ m/s; $N < 15$, $S_u < 50$ kPa

b. Setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik:

c. Indeks Plastisitas, $PI > 20$

d. Kadar air, $w \geq 40\%$

e. Kuat geser tak terdrainase $\bar{S}_u < 25$ kPa

Tabel 4. 5 Pemeriksaan lapisan Tanah

Lapisan tanah	Tebal lapisan (H)	Indeks plastisitas (PI)	Kadar air (W)	Kuatgeser tak terdrainase (\bar{S}_u)
	> 3 m	> 20 %	≥ 40 %	< 25 kPa
Lapisan (1,55 – 2 m)	0,45 m (tidak terpenuhi)	15,25 % (tidak terpenuhi)	41,16%	8,35 kPa
Lapisan (21,5 – 22 m)	0,5 m (tidak terpenuhi)	38,95 %	15,582% (tidak terpenuhi)	32 kPa (tidak terpenuhi)

Dari data di atas, tidak satupun di antara kedua lapisan tanah yang memenuhi semua kriteria untuk kelas situs tanah lunak, maka situs tidak bisa langsung diklasifikasikan ke dalam situs kelas E.

3. Menentukan apakah situs tanah termasuk dalam kelas situs A, B, C, atau

Kelas situs A dan B tidak terpenuhi dari pemeriksaan karena hanya dapat diperiksa dengan memakai data cepat rambat gelombang geser rata-rata V_s . Untuk kelas A, B, E, dan F sudah tidak terpenuhi, tahap selanjutnya menentukan situs tanah termasuk ke dalam kelas situs C atau D, yaitu dengan cara menentukan nilai situs C atau D, yaitu dengan cara menentukan nilai \bar{N} .

Tabel 4. 6 cara Menentukan Nilai N.

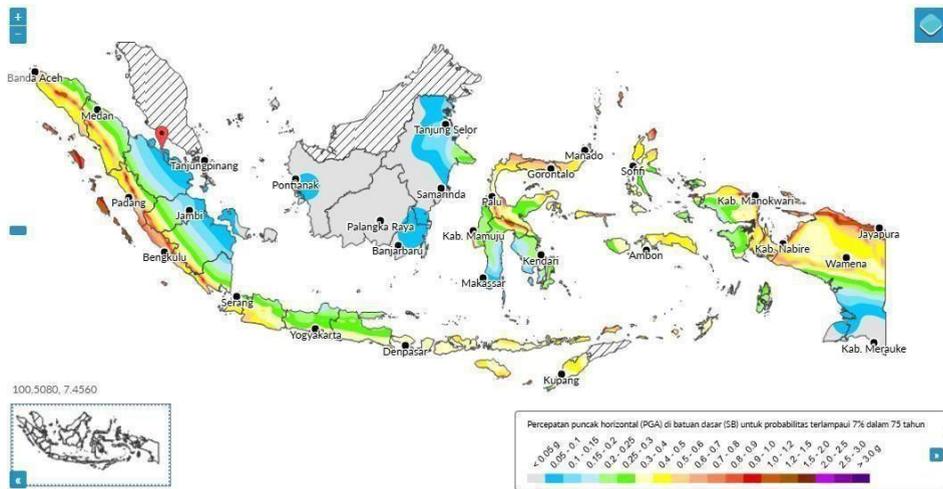
Lapisan No.	Klasifikasi Tanah	Ni (blow/m)	d _i (m)	d _i /Ni
1	Lempung Berpasir	4	2	0.50
2	Pasir	24	2	0.08
3	Pasir	57.57	14	0.24
4	Lempung	57.27	12	0.21
Total			30	1.04

$$\bar{N} = \frac{30}{1,04} = 28,96$$

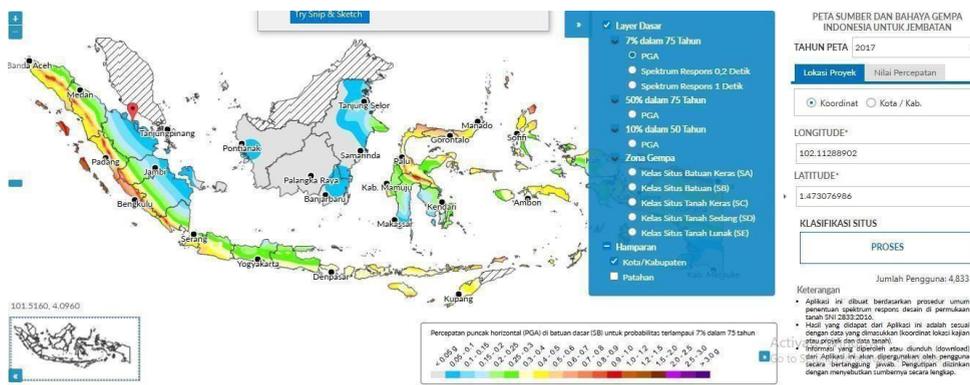
Nilai \bar{N} berada antara 15-50 berdasarkan nilai ini, situs di lokasi pembangunan jembatan dapat dikategorikan ke dalam situs kelas D. Tanah di lokasi pembangunan jembatan tergolong tanah sedang (SD).

4.8 Penentuan PGA, S_s dan S₁

Setelah kelas situs diketahui, maka diperlukan parameter percepatan puncak batuan dasar (PGA), nilai respon spektra 0,2 detik di batuan dasar (S_s) dan nilai respon spektra periode 1,0 detik di batuan dasar (S₁). Ketiga parameter tersebut ditentukan berdasarkan lokasi rencana jembatan dengan besaran nilai PGA, S_s dan S₁ dapat ditentukan dari SNI 2833:2016 dengan peta percepatan gempa seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. 10 Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia untuk jembatan
(Sumber : <https://lini.binamarga.pu>)



4.9 Penentuan faktor situs

Setelah faktor situs dan parameter PGA, Ss dan S1 diketahui, maka tahapan penentuan koefisien percepatan selanjutnya adalah penentuan faktor situs. Faktor situs merupakan faktor amplifikasi percepatan puncak di batuan dasar PGA dan faktor amplifikasi respon spektra percepatan 0,2 dan 1,0 detik di batuan dasar untuk menentukan respon spektra di SALINAN 107 108 permukaan tanah. Faktor amplifikasi ini terdiri dari faktor amplifikasi FPGA, faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili periode getaran 0,2 detik Fa dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili periode getar 1,0 detik Fv. Penentuan nilai faktor situs diatur dalam SNI 2833:2016 pada Bagian 5.3.2. Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 memberikan nilai-nilai FPGA, Fa, dan Fv untuk berbagai klasifikasi jenis tanah.

Tabel 4. 7 Faktor amplifikasi untuk PGA dan 0,2 detik (FPGA/Fa)

Kelas situs	PGA ≤ 0,1 S _s ≤ 0,25	PGA = 0,2 S _s = 0,5	PGA = 0,3 S _s = 0,75	PGA = 0,4 S _s = 1,0	PGA > 0,5 S _s ≥ 1,25
Batuan keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah keras (SC)	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
Tanah sedang (SD)	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
Tanah lunak (SE)	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
Tanah khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Sumber: SNI 2833:2016 Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa, 2016

CATATAN: Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Keterangan:

PGA : adalah percepatan puncak batuan dasar sesuai peta percepatan puncak di batuan dasar (PGA) untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

S_s : adalah parameter respons spektra percepatan gempa untuk periode pendek (T=0,2 detik) dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

SS : adalah lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik.

Tabel 4. 8 Besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (FV)

Kelas situs	S ₁ ≤ 0,1	S ₁ = 0,2	S ₁ = 0,3	S ₁ = 0,4	S ₁ ≥ 0,5
Batuan keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (SB)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Tanah keras (SC)	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
Tanah sedang (SD)	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5
Tanah lunak (SE)	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
Tanah khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Sumber: SNI 2833:2016 Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa, 2016

CATATAN: Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier.

Keterangan:

S1 : adalah parameter respons spektra percepatan gempa untuk periode 1 detik dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

SS : adalah lokasi yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons dinamik spesifik.

Contoh perhitungan 3.2: Penentuan faktor situs : tentukanlah faktor situs pada lokasi rencana jembatan berdasarkan kelas situs yang diperoleh ada contoh 6.1 dan parameter di batuan dasar sebagai berikut:

Percepatan puncak di batuan dasar $PGA := 0.27g$ Percepatan 0,2 detik di batuan dasar $S_s := 0.55g$ Percepatan 1,0 detik di batuan dasar $S_1 := 0.27g$

Solusi :

Berdasarkan kelas situs dan nilai PGA, SS, serta S1 di atas, maka nilai F_{PGA}, F_A, dan F_V dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 4. 9 faktor amplifikasi untuk PGA dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a)

Kelas Situs	$PGA \leq 0.1$ $S_{\theta} \leq 0.25$	$PGA = 0.2$ $S_{\theta} = 0.5$	$PGA = 0.3$ $S_{\theta} = 0.75$	$PGA = 0.4$ $S_{\theta} = 1.0$	$PGA > 0.5$ $S_{\theta} \geq 1.25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

CATATAN : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi lineer.

Tabel 4. 10 besarnya nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v)

Kelas Situs	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3

Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

CATATAN : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi lineer.

Faktor amplifikasi percepatan di batuan dasar FPGA := 1.26
Faktor amplifikasi periode pendek F_a := 1.36

Faktor amplifikasi percepatan pada periode 1 detik F_v := 1.86

Nilai FPGA, F_a dan F_v diperoleh dari hasil interpolasi nilai pada Tabel di atas.

4.10 Pembuatan kurva respon spektra rencana

Nilai koefisien perepatan C_{sm} ditentukan berdasarkan kurva respon spektra rencana di permukaan tanah. Respon spektra rencana adalah nilai yang menggambarkan respon maksimum sistem berderajat kebebasan tunggal pada berbagai periode alami teredam akibat suatu goyangan tanah. Respon spektra di permukaan tanah ditentukan berdasarkan dari 3 nilai percepatan puncak di batuan dasar (PGA , S_s dan S_1), serta nilai faktor amplifikasi $FPGA$, F_a dan F_v . Respon spektra ditentukan dengan persamaan berikut:

$$A_s = FPGA \times PGA$$

$$SDS = F_a \times S_s \quad SD1 = F_v \times S_1$$

Keterangan :

FPGA : adalah faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada batuan dasar.

PGA : adalah percepatan puncak di batuan dasar SB untuk probabilitas terlampaui 7 % dalam 75 tahun.

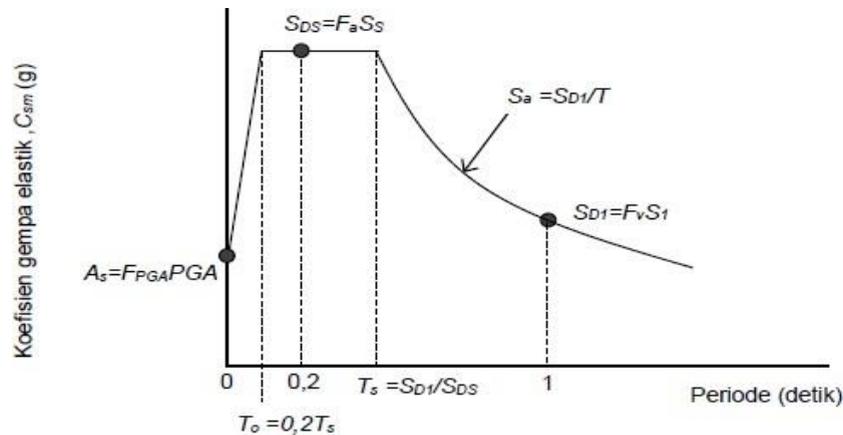
F_a : adalah faktor amplifikasi getaran periode 0.2 detik

F_v : adalah faktor amplifikasi getaran periode 1.0 detik

S_s : adalah respon spektra percepatan periode 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7 % dalam 75 tahun

S_1 : adalah respon spektra percepatan periode 1.0 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7 % dalam 75 tahun.

Model tipikal respon spektra yang sudah disederhanakan di permukaan tanah diperlihatkan pada gambar berikut ini :



Gambar 4. 10 Bentuk tipikal respon spektra di permukaan tanah

(Sumber: SNI 2833:2016 Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa, 2016)

Faktor amplifikasi percepatan di batuan dasar $F_{PGA} := 1,26$ Faktor amplifikasi periode pendek $F_a := 1,36$

Faktor amplifikasi percepatan pada periode 1 detik $F_v := 1.86$

Berdasarkan parameter di atas maka didapatkan besaran nilai respon spektra sebagai berikut:

Koefisien percepatan puncak muka tanah (g) $A_s := F_{PGA} \cdot PGA = 0,34$ g

Nilai spektra permukaan tanah pada periode 0,2 detik $S_{DS} := F_a \cdot S_s = 0,75$ g

Nilai spektral permukaan tanah pada periode 1,2 detik $S_{D1} := F_v \cdot S_1 = 0,50$ g

$$T_s = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,67$$

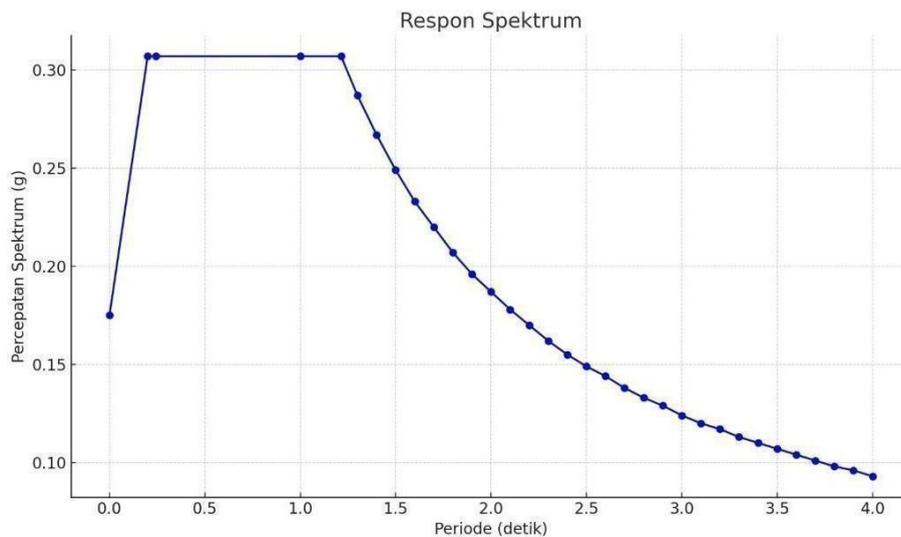
$$T_0 = 0,2 T_s$$

$$= 0,134$$

Dengan demikian diperoleh kurva respon spektra rencana sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Data Tanah Lunak

As	0	0.175
SDS	0.2	0.307
T0	0.243	0.307
SD1	1	0.307
Ts	1.214	0.307
Ts+0.1	1.3	0.287
Ts+0.2	1.4	0.267
Ts+0.3	1.5	0.249
Ts+0.4	1.6	0.233
Ts+0.5	1.7	0.220
Ts+0.6	1.8	0.207
Ts+0.7	1.9	0.196
Ts+0.8	2	0.187
Ts+0.9	2.1	0.178
Ts+1	2.2	0.170
Ts+1.1	2.3	0.162
Ts+1.2	2.4	0.155
Ts+1.3	2.5	0.149
Ts+1.4	2.6	0.144
Ts+1.5	2.7	0.138
Ts+1.6	2.8	0.133
Ts+1.7	2.9	0.129
Ts+1.8	3	0.124
Ts+1.9	3.1	0.120
Ts+2	3.2	0.117
Ts+2.1	3.3	0.113
Ts+2.2	3.4	0.110
Ts+2.3	3.5	0.107
Ts+2.4	3.6	0.104
Ts+2.5	3.7	0.101
Ts+2.6	3.8	0.098
Ts+2.7	3.9	0.096
Ts+2.8	4	0.093



4.11 Penentuan Zona Gempa

Dalam perhitungan beban gempa, lokasi jembatan harus dikelompokkan berdasarkan zona gempa. Zona gempa yang digunakan terdiri dari zona gempa 1 sampai dengan zona gempa 4 yang dikelompokkan berdasarkan nilai respon spektra permukaan rencana pada periode 1,0 detik (*SDI*). Batasan nilai *SDI* untuk masing-masing zona gempa diperlihatkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4. 12 Zona Gempa

Koefisien percepatan (<i>SDI</i>)	Zona gempa
$SDI \leq 0,15$	1
$0,15 < SDI \leq 0,30$	2

$0,30 < SDI \leq 0,50$	3
$SDI > 0,50$	4

Sumber: SNI 2833:2016 Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa, 2016

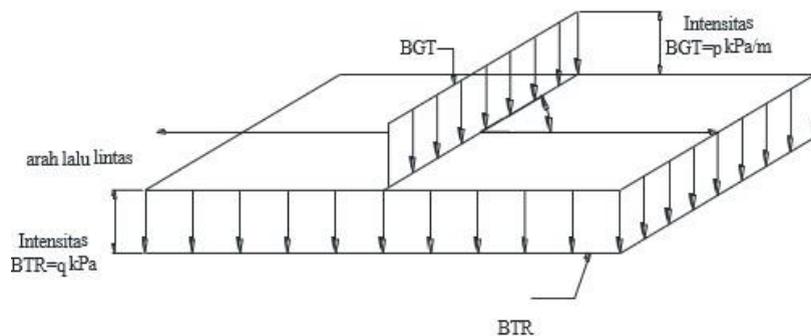
Zona gempa ini digunakan untuk menentukan kategori kinerja seismik struktur jembatan. Kategori kinerja seismik merupakan gambaran variasi risiko seismik dan digunakan untuk penentuan metode analisis struktur, panjang tumpuan minimum, detail perencanaan pilar serta prosedur desain fondasi dan kepala jembatan.

4.12 Beban lajur “D”

Untuk menghitung beban lajur “D” pada jembatan diperlukan data bentang jembatan (panjang lajur terbebani) dan sepasi antar gelagar.

Jarak anatra gelagar $S_g = 1,2 \text{ m}$

Panjang bentang $L_b = 14 \text{ m}$



Gambar 4.11 Beban lajur “D”
(Sumber : SNI 1725:2016)

Dari gambar di atas, yang termasuk beban lajur “D” adalah BGT dan BTR

1. Beban terbagi rata (BTR)

Beban terbagi rata (BTR) ditentukan berdasarkan lebar tributari pembebanan dengan lebar tributari diambil berdasarkan jarak antar gelagar. Nilai beban BTR bergantung pada panjang bentang jembatan. Persamaan di bawah ini untuk menentukan nilai beban BTR yang digunakan:

- Jika $L_b \leq 30 \text{ m}$: maka $q := 9 \text{ Kpa}$
- Jika $L_b \geq 30 \text{ m}$: maka $q := 9, (0,5 + 15) \text{ Kpa}$

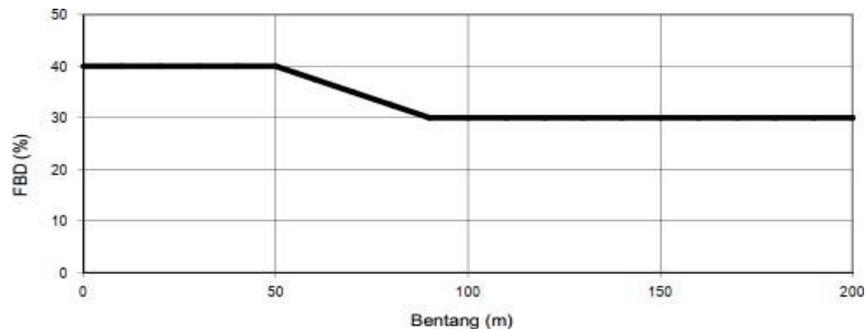
Karena bentang jembatan 14 m , maka : Beban terbagi rata = $q \text{ BTR} = 9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$

Beban BTR yang bekerja pada gelagar tengah $W_{\text{BTR}} = q \text{ BTR} \times s_g = 10,8 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$

2. Beban garis terpusat (BGT)

Beban lajur "D" selanjutnya adalah beban garis terpusat (BGT) yang nilainya

sebesar 49 kN/m dan faktor beban dinamis (FBD) seperti gambar di bawah ini:



Karena bentang jembatan 14 m maka nilai FBD 40%. Faktor beban dinamis

$$FBD := 0,40$$

$$\text{Beban garis terpusat } BGT := 49$$

$$\text{Beban BGT yang bekerja pada gelagar tengah } PBGT := (1 + FBD) \times BGT \times Sg$$

$$P_{BGT} := 274,4 \text{ KN}$$

Beban TD yang bekerja pada abutment adalah setengah dari panjang bentang, sehingga :

$$WTD = \left(\frac{0,5 \times 0,5 \times 0,5 \times 0,5}{2} + \frac{P_{BGT}}{2} \right) \times ng = 851,2 \text{ KN}$$

$$R. \text{ Tumpuan (Ujung Bentang -1 Bentang)} = 11916,8 \text{ KN}$$

$$R. \text{ Tumpuan (Ujung Bentang } \frac{1}{2} \text{ Bentang)} = 5958,4 \text{ KN}$$

4.13 Beban pejalan kaki (TP)

Untuk menghitung beban pejalan kaki pada jembatan, data yang diperlukan adalah lebar trotoar dan panjang bentang jembatan.

Untuk trotoar yang memiliki lebar lebih dari 600mm, maka beban pejalan kaki sebesar 5 kPa harus diterapkan di sepanjang trotoar. Data yang diperlukan untuk menentukan beban pejalan kaki adalah sebagai berikut:

$$\text{Jumlah trotoar } n_{tr} = 2$$

$$\text{Beban pejalan kaki } WTP = 5 \text{ Kpa}$$

$$\text{Lebar trotoar } b_{tr} = 0,15 \text{ m}$$

Bentang jembatan $L_b = 14 \text{ m}$

Jumlah gelagarng = 4

Maka, beban pejalan kaki $TP = WTP \times btr \times ntr = 1,5 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$

Beban pejalan kaki sebesar 1,5 kn/m diterapkan di sepanjang bentang jembatan sebagai beban merata pada lokasi trotoar jembatan. Jika digunakan metode analisis pendekatan, maka beban pejalan kaki yang bekerja pada suatu gelagar harus dibagi dengan jumlah gelaagar.

Beban yang diterima pada tiap gelagar adalah :

$$WD = \frac{1,5}{4} = 0,375 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

Sehingga beban pejalan kaki sebesar $0,375 \frac{\text{KN}}{\text{m}}$ diaplikasikan di sepanjang bentang jembatan pada setiap gelagar sebagai beban merata.

= 5,25 KN R. Tumpuan (Ujung Bentang -1 Bentang)

= 2,625 KN R. Tumpuan (Ujung Bentang -1/2 Bentang).

4.14 Gaya akibat temperatur seragam (Eun)

SSDeformasi akibat perubahan temperatur yang merata dapat dihitung dengan menggunakan prosedur seperti yang dijelaskan pada pasal ini. Prosedur ini dapat digunakan untuk perencanaan jembatan yang menggunakan gelagar terbuat dari beton atau baja. Rentang temperatur harus seperti yang ditentukan dalam Tabel 4.9. Perbedaan antara temperatur minimum atau temperatur maksimum dengan temperatur nominal yang diasumsikan dalam perencanaan harus digunakan untuk menghitung pengaruh akibat deformasi yang terjadi akibat perbedaan suhu tersebut. Temperatur minimum dan maksimum yang ditentukan dalam tabel digunakan sebagai persamaan pada $T_{min\ design}$ dan $T_{ax\ design}$ pada Persamaan 33.

1. Simpangan Akibat Beban Temperatur

Besaran tentang simpangan akibat beban temperatur (bT) harus berdasarkan temperatur maksimum dan minimum yang didefinisikan dalam desain sebagai berikut :

$$\Delta T = \frac{(T_{\text{maks}} - T_{\text{min}}) \cdot L}{2}$$

Keterangan :

L adalah panjang komponen jembatan (mm)

a adalah koefisien muai temperatur (mm/mm/ °C)

Tabel 4. 10 Temperatur jembatan rata-rata nominal

Tipe bangunan atas	Temperatur jembatan rata-rata minimum (1)	Temperatur jembatan rata-rata maksimum
Lantai beton di atas gelagar atau boks beton.	15°C	40°C
Lantai beton di atas gelagar, boks atau rangka baja.	15°C	40°C
Lantai pelat baja di atas gelagar, boks atau rangka baja.	15°C	45°C
CATATAN (1) Temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.		

(Sumber :SNI 1725 :2016)

Tabel 4. 11 Sifat bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur.

Bahan	Koefisien Perpanjangan akibat suhu (α)	Modulus elastisitas (Mpa)
Baja	12×10^{-6} Per °C	200.000
Beton :		
Kuat tekan <30 Mpa	10×10^{-6} Per °C	$4700\sqrt{f'c}$
Kuat tekan >30 Mpa	11×10^{-6} Per °C	$4700\sqrt{f'c}$

(Sumber :SNI 1725 :2016)

Gaya akibat temperatur seragam biasanya terjadi pada struktur seperti jembatan, balok, atau kolom yang terbuat dari bahan elastis seperti baja atau beton. Ketika suhu naik atau turun secara seragam, struktur memuai atau menyusut. Jika pemuaian ini tertahan, maka akan timbul gaya dalam (Eun).

Rumus Gaya Akibat Temperatur Seragam (Eun) :

$$Eun = E \cdot \alpha \cdot \Delta T \cdot A$$

Keterangan :

Eun = Gaya akibat temperatur seragam

E = Modulus elastisitas material

α = Koefisien muai baja

ΔT = Perubahan suhu

A = Luas penampang

Hitunglah beban temperatur dan besaran rentang deformasi maksimum akibat beban temperatur pada jembatan dengan temperatur maksimum 40°C dan temperatur minimum 15°C.

Akibat beban temperatur akan timbul deformasi pada struktur, untuk batasan nilai deformasi yang terjadi dapat dihitung seperti di bawah ini :

$$Eun = 200,000 \text{ Mpa}$$

$$\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ Per } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = 12,5^\circ\text{C}$$

$$A = 60.000 \text{ mm}^2$$

$$Eun = 200,000 \times (12 \times 10^{-6} \text{ Per } ^\circ\text{C}) \times 12,5 \times 60.000 \text{ mm}^2$$

$$= 200,000 \times 0,000012 \times 12,5 \times 6,000 \text{ Eun} = 1,800.000 \text{ N} = 1,800 \text{ KN}$$

$$\Delta L = a \cdot L(T_{\text{maxdesign}} - T_{\text{mindesign}}) = 1,800 \text{ KN}$$

Jadi deformasi yang terjadi pada struktur akibat beban temperatur adalah 1,800 KN.

Untuk menentukan gaya dalam struktur akibat beban temperatur, maka digunakan nilai ΔT yang diperoleh dari nilai terbesar di antara dua kondisi berikut:

$\Delta T_1 = T_{\text{max design}} - T_{\text{rata-rata}}$ (digunakan jika mempertimbangkan pengaruh pemuaian pada pemodelan struktur).

$\Delta T_2 = T_{\text{rata-rata}} - T_{\text{min design}}$ (digunakan jika mempertimbangkan pengaruh

penyusutan pada pemodelan struktur) Nilai T rata-rata didapatkan dari data temperatur lokasi jembatan. Data tersebut dapat diperoleh dari data yang

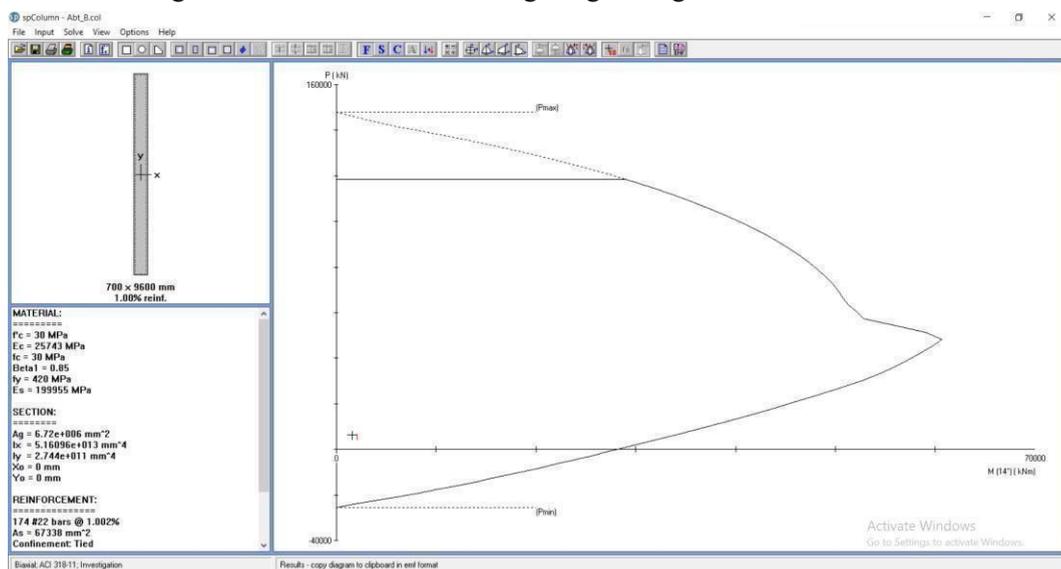
dikumpulkan oleh instansi terkait.

4.15 Penulangan Abutmen

a. Desain tulangan vertikal *abutment*

Vertical	:	6326,75	kN		
Horizontal-x	:	531,98	kN	Horizontal-y	: 3365,65 kN
Momen-x	:	1565,04	kN	Momen-y	: 402,12 kN

Tulangan vertikal Abutment dihitung dengan diagram interaksi



Setiap kombinasi beban P_u dan M_u yang berada dalam diagram interaksi menandakan penampang Abutmen dapat memikul beban yang terjadi. Diagram interaksi di atas merupakan diagram interaksi penampang abutment menggunakan tulangan utama D22-120mm.

Desain tulangan geser abutmen

Arah Longitudinal

Mutu Beton	f_c	=	30	MPa
Mutu Baja	f_y	=	420	Mpa
Lebar Penampang	b	=	9600	mm
Tebal Penampang	h	=	700	mm
Tinggi Efektif	d_e	=	650	mm

$$\begin{aligned} \text{Faktor reduksi geser} \quad \Phi_v &= 0.75 \\ \text{Gaya Geser Terfaktor} \quad V_u &= 531,98 \text{ kN} \\ \\ \text{Tulangan transversal } s &= 1000 \text{ mm} \\ \text{per jarak 1 m} \end{aligned}$$

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton

$$\begin{aligned} \text{Faktor Indikasi, } \beta &= 2 \\ V_c &= \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b w = 5696,3 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u < 0,5 \cdot \Phi_v \cdot V_c &= 2136,1 \quad 531,98 < 2136,1 \\ V_u < V_c \end{aligned}$$

Luas Yang digunakan adalah Luas Tulangan minimum Digunakan tulangan $D_s = 13 \text{ mm}$

Dicoba Jarak antar tulangan Vertikal $S_v = 240 \text{ mm}$ Dicoba jarak antar tulangan hor.

$$\begin{aligned} S_h &= 480 \text{ mm Luas Tulangan Terpakai :} \\ A_{v_use} &= \frac{1}{4} \pi D_s^2 (b/s_h)(s/s_v) = 11055 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Periksa :

$$\begin{aligned} A_{v_use} &> A_{v.\min} \\ 11055 &> 10391 \end{aligned}$$

Maka digunakan D13-240/480 Desain tulangan transversal abutmen

$$\begin{aligned} \text{Gaya Geser Terfaktor} \quad V_u &= 531,98 \text{ KN} \\ \text{Faktor Reduksi} \quad \phi_v &= 0,75 \end{aligned}$$

Tulangan transversal yang ditinjau per jarak 1 m $S = 1000$

$$\text{Kuat geser yang disumbangkan oleh beton } V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b w = 5696,3$$

$$V_u > 0.5 \cdot \phi_v \cdot V_c$$

$$\begin{aligned} 0.5 \cdot \phi_v \cdot V_c &= 2136,1 \text{ KN} \\ 531,98 < 2136 \text{ KN} \quad \text{Maka digunakan tulangan} \end{aligned}$$

$$\text{Luasan tulangan minimum } A_{v.\min} = 0,083 \sqrt{f'_c} b \frac{s}{s_y} = 10391 \text{ mm}^2$$

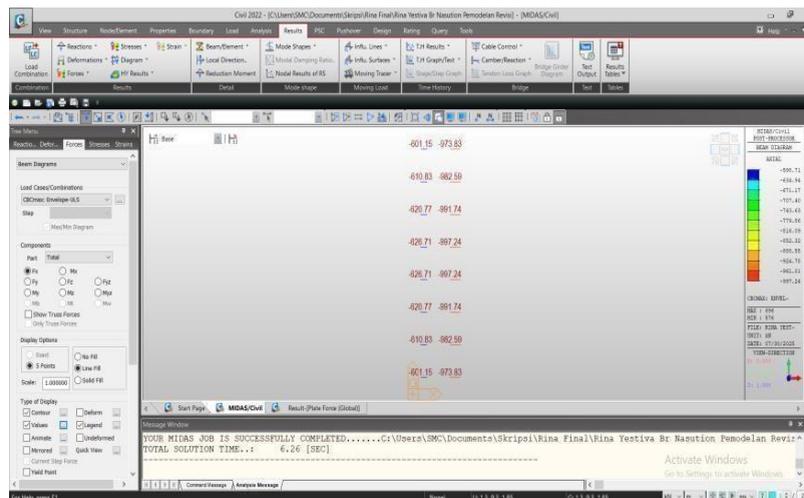
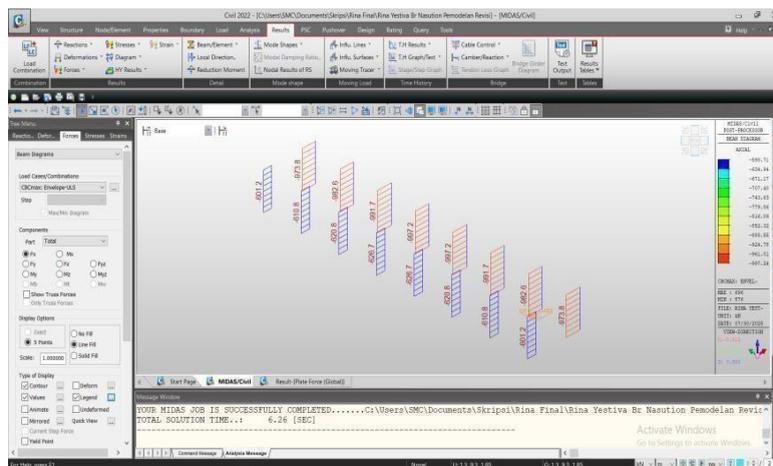
Digunakan tulangan $D_s = 13 \text{ mm}$

di coba jarak antara tulangan $S_{tul} = 120 \text{ mm}$

$$A_{v_use} = \frac{1}{4} \pi D_s^2 \left(\frac{L}{S} \right) = 10613 \text{ mm}^2$$

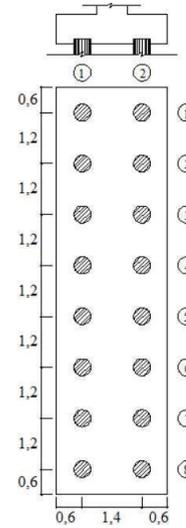
Periksa : $A_{v_use} > A_{v_min}$ Maka digunakan D13-120 (A1 dan A2)
Perencanaan pilecap

Output gaya aksial tiang pancang



Data nilai aksial fondasi tiang

	<i>Kolom 1</i>	<i>Kolom 2</i>
Baris 1	601.15	973.83
Baris 2	610.83	982.59
Baris 3	620.77	991.74
Baris 4	626.71	997.24
Baris 5	626.71	991.24
Baris 6	620.77	991.74
Baris 7	610.83	982.59
Baris 7	601.15	973.83
Jumlah	4918.92	7884.8



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

Mutu baja $fy = 420 \text{ Mpa}$

Rencanakan tulangan pada pilecap

Gaya dalam pile cap akibat gaya arah long Resume gaya dalam pada kolom ke 2 : $K2 = 7884,8 \text{ KN}$

Eksentrisitas $e = 0.00035$

Momen di muka kolom $Mu = 2.7597 \text{ KN.m}$

Gaya geser di muka kolom $Vu = 7884.8 \text{ KN}$

Tulangan Atas :

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

Mutu baja $fy = 420 \text{ Mpa}$

Lebar penampang $b = 9600 \text{ mm}$

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

Diameter tulangan utama $D = 22 \text{ mm}$

Diameter sengkang $Ds = 13 \text{ mm}$

Selimut beton $d_c = 50 \text{ mm}$

Tinggi efektif $d_e = h - d_c - D_s - D = 615 \text{ mm}$

Faktor reduksi lentur $\Phi_f = 0,9$

Momen ultimit $M_u_{\text{atas}} = 0 \text{ KN.m}$

Luas tulangan yang diperlukan $A_{s,\text{req}} = \frac{M_u}{\Phi \cdot 0,85 \cdot f'_c \cdot d_e} = 0 \text{ mm}^2$

Luas satu tulangan utama $A_{s,\text{tul}} = 1/4 \cdot \pi \cdot D^2 = 379,94 \text{ mm}^2$

Jarak tulangan digunakan $S_{\text{sused}} = 240 \text{ mm}$

luas tulangan yang digunakan $A_{s,\text{used}} = \frac{M_u - 2 \cdot A_{s,\text{tul}}}{A_{s,\text{tul}}} \cdot A_{s,\text{tul}} = 18047 \text{ mm}^2$

Periksa $A_{s,\text{used}} > A_{s,\text{req}} \quad 18047 > 0$

Tulangan atas digunakan D22 – 240 mm Tulangan bawah :

Mutu beton $f'_c = 30 \text{ Mpa}$

Mutu baja $f_y = 420 \text{ Mpa}$

Lebar penampang $b = 9600 \text{ mm}$

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

Diameter tulangan utama $D = 22 \text{ mm}$

Diameter sengkang $D_s = 13 \text{ mm}$

Selimut beton $d_c = 50 \text{ mm}$

Tinggi efektif $d_e = h - d_c - D_s - D = 615 \text{ mm}$

Faktor reduksi lentur $\Phi_f = 0,9$

Momen ultimit $M_u_{\text{bawah}} = 2.7597 \text{ KN.m}$
 $= 2759680 \text{ N.mm}$

Regangan beton $\epsilon_c = 0,003$

Inersia gross penampang $I_g = 1/12 \cdot b \cdot h^3 = 274400000000 \text{ mm}^4$

Jarak dari serat tarik ke titik berat penampang $y_t = 350$ mm Faktor
 variabilitas retak lentur $Y_1 = 1,6$

Rasio kuat leleh minimum dengan kuat tarik ultimit $Y_3 = 0,75$

Luas tulangan yang diperlukan $A_{s.req} = \frac{M_u}{\phi \cdot 0.85 \cdot f_c \cdot h} = 13.966 \text{ mm}^2$

Luas satu tulangan utama $A_{s.tul} = 1/4 \cdot \phi \cdot D^2 = 379.94 \text{ mm}^2$ Jarak
 tulangan digunakan $S_{used} = 240$ mm

luas tulangan yang digunakan $A_{s.used} = \frac{M_u - 2 \cdot A_{s.tul}}{A_{s.tul}} \times A_{s.tul} = 15039.29167 \text{ mm}^2$

Periksa : $A_{s,used} > A_{s,req}$

$$15039 > 13.966$$

Tulangan atas digunakan D22 – 240 c4

Pemeriksaan balok terhadap kapasitas lentur :

Jarak dari serat tekan terluar ke sumbu netral $c = a/\beta_1 = 30.356 \text{ mm}$

Momen nominal penampang $M_n = A_{s,used} \cdot f_y \cdot (d_e - \frac{c}{2}) = 3803.15761 \text{ KNm}$

Regangan baja $\epsilon_s = (\frac{d_e - c}{d_e}) \cdot \epsilon_{yk} = 0,0578$

Batas regangan tarik $\epsilon_{tl} = 0.005$

Karena regangan baja yang didapatkan besar dari batas regangan tarik maka faktor reduksi yang telah digunakan sebesar 0,9 sudah tepat.

$\epsilon_s > \epsilon_{tl}$ maka $\Phi_f = 0,9$

Tahanan lentur terfaktor $M_r = \Phi_f \times M_n = 3422.8 \text{ KNm}$

Modulus ruptre $f_r = 0,63 \sqrt{f'_c} = 3.4507 \text{ KNm}$ Momen

Retak $M_{cr} = \gamma_3 \cdot \gamma_1 \cdot f_r \cdot I_g = 3246.4 \text{ KNm}$

Cek_Kapsitas_Lentur $\Phi_f \cdot M_n > M_{u_bawah}$

$$3422.8 > 2.7597$$

Persyaratan tulangan minimum

1.33.Mu_bawah = 3.6703744 KNm 1.2.Mcr = 3895.64821 KN.m

Maka luas tulangan minimum ditentukan berdasarkan nilai terkecil dari 1.33.Mu atau 1.2 Mcr karena 1.33.Mu lebih kecil dari 1.2.Mcr maka yang menentukan luas tulangan minimum adalah 1.33.Mu.

Dari perhitungan yang telah dilakukan dengan diperoleh nilai tahanan lentur terfaktor sebesar 3422,8 KN.m . Nilai ini lebih besar dari nilai momen tulangan minimum 1.33. Mu, sehingga persyaratan tulangan minimum sudah terpenuhi. Desain tulangan geser pile cap :

$$\text{Gaya geser ultimit } V_u = 7884.8 \text{ KN Mutu beton } f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$\text{Mutu baja } f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\text{Lebar penampang } h = 700 \text{ mm Lebar penampang } b = 9600 \text{ mm}$$

$$\text{Faktor reduksi } V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot h = 5389,6 \text{ KN}$$

$$0,5 \times \Phi_v \times V_c = 2021.1 \text{ KN}$$

Periksa $V_u < 0,5 \times \Phi_v \times V_c$ Tidak perlu perhitungan tul geser Cukup tulangan Minimum.

$$\text{Diameter Tulangan } D_s = 13 \text{ mm}$$

$$\text{Kuat geser yang disumbangkan oleh tulangan geser } V_s = \frac{V_u}{0,5} - V_c = 5123,5 \text{ mm}$$

Ditinjau dalam jarak 1 meter $S = 1000 \text{ mm}$ Faktor modifikasi kepadatan beton $\lambda = 1$

$$\text{Cek terhadap luas tulangan minimum } A_{v_min} = 0,083 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times \frac{b \times s}{f_y} =$$

$$10391 \text{ mm}^2$$

$$\text{Jarak tulangan horizontal } S_h = 240 \text{ mm}$$

$$\text{Jarak tulangan vertikal } S_v = 480 \text{ mm}$$

$$\text{Total luas tulangan yang digunakan } A_{v_used} = \pi \cdot 11055 \text{ mm}^2$$

$$\text{Periksa } A_{v_used} > A_{v_min} \dots \text{ok } V_{n1} = (V_s + V_c) = 10513 \text{ KN}$$

$$V_{n2} = \frac{1}{4} \times f_c \times b \times d_e = 44280 \text{ KN}$$

Kuat geser nominal yang digunakan $V_n = \min(V_{n1}, V_{n2}) = 10513 \text{ KN}$

Cek kapasitas geser $\Phi_v \times V_n \geq V_u$ $7884,8 \geq 7884,8$

Kapasitas geser nominal masih sanggup menahan gaya geser yang terjadi pada pile cap

Maka, tulangan geser digunakan yaitu D16-300/450 (C5) Selanjutnya, periksa spasi tulangan geser yang digunakan terhadap spasi maksimum yang diizinkan.

Tegangan geser di beton $V_u = < 0,125 \times f_c$

Karena $V_u < 0,125 \times f_c$ maka :

syarat spasi maksimum $S_{max} < 0,8 \times d_e < 600 \text{ mm}$ $0,8 \times d_e < 492 \text{ mm}$

Cek spasi maksimum $0,8 \times d_e \leq 600 \text{ mm}$ digunakan $480 < 600 \text{ mm}$

Maka dapat disimpulkan, bahwa tulangan geser yang digunakan D13-240/480 mm memenuhi spasi maksimum yang diizinkan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan dapat di tarik kesimpulan diantaranya :

1. Berdasarkan hasil analisis abutment tipe dinding ini sesuai untuk digunakan pada jembatan yang umumnya dibangun pada tanah lunak (NSPT < 15).
2. Dimensi abutmen jembatan sungai bengkalis menggunakan tiang pancang beton diameter 40 cm dengan kedalaman 24 meter, pilecap dengan dimensi panjang 9,6 meter, lebar 2,6 meter dan tinggi 0,7 meter, dinding abutment bawah dengan dimensi lebar 9,6 meter, tinggi dinding bawah abutment 2 meter, dan tebal dinding bawah abutment 0,7 meter
3. Berdasarkan hasil analisis struktur menggunakan perangkat lunak Midas, diperoleh yang bekerja pada abutment akibat kombinasi beban mati sebesar 9,24 KN, beban hidup 60,48 KN, dan TP sebesar 2,625 KN. Untuk menahan gaya-gaya tersebut, dilakukan perencanaan pondasi tiang pancang dengan mempertimbangkan kapasitas daya dukung aksial dan lateral. Dari hasil perhitungan, dipilih tiang pancang beton pracetak dengan diameter 40 cm dan kedalaman 24 meter.

5.2 Saran

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan penulis menyarankan :

1. Menggunakan data tanah di lokasi pengukuran jembatan.
2. Perlunya analisa abutmen dengan jenis lainnya.
3. Disarankan untuk selalu mengintegrasikan hasil uji tanah (soil investigation) dan data hidrologi pada proses perencanaan, guna memastikan daya dukung tanah memadai serta abutment tidak terdampak oleh gaya erosi, aliran sungai, atau pergerakan tanah.
4. Penggunaan aplikasi Midas Civil terbukti efektif dalam menganalisis dan mendesain ulang struktur abutment. Oleh karena itu, disarankan agar perencana dan pelaksana proyek jembatan rutin mengadopsi teknologi pemodelan struktural serupa untuk meningkatkan ketepatan dan efisiensi proses perencanaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Dahniel & Supartono, 2020; Direktorat Jenderal Bina Marga, 2016; Fitri, 2016; Hutahaean & Marco Hia, 2019; Kare et al., 2022; Marga, 2021; Nahla et al., 2022; Prasetyo et al., 2021; Yudo, 2016) Dahniel, & Supartono. (2020). *Analisis Deformasi dan Tegangan Pada Bascule Bridge*. 3(4), 1257–1270.
- DAMAS-TRENGGALEK JURUSAN TEKNIK SIPIL Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 2016 T Direktorat Jenderal Bina Marga. (2016). Sni 1725-2016. Badan Standarisasi Nasional, 1–67.
- Fitri, S. N. (2016). Perencanaan Abutment Jembatan, Oprit, Dan Perkuatan Tanah Dasar Dibawah Oprit Jembatan Sungai Babakan Proyek Jalan Tol Pejagan Pemalang STA270+469. <http://repository.its.ac.id/id/eprint/71462>.
- Hutahaean, N., & Marco Hia, A. (2019). Evaluasi Perencanaan Abutmen Dan Pondasi Pada Proyek Jembatan Di Bawadasi Kecamatan Lahomi Kab. Nias Barat. In Februari.
- Kare, R. R. V, Arsjad, T. T., & Malingkas, G. Y. (2022). Metode Pelaksanaan Konstruksi Abutment Pada Jembatan Sosongian Tumpaan. 20, 1091– 1102.
- Marga, B. (2021). Panduan Praktis Perencanaan Teknis Jembatan. Nahla, A., Zainuddin, & Suji'at. (2022). Perencanaan Abutment Jembatan Glendeng Kabupaten Tuban. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(1), 71–89.
- Prasetyo, S. T., Priskasari, E., & Erfan, M. (2021). Perencanaan Struktur Bawah (Abutment) Pada Pembangunan Jembatan Petak, Kabupaten Nganjuk. *Student Journal Gelagar*, 3(1), 149– 158.
- Yudo, N. Z. (2016). PERENCANAAN ALTERNATIF STRUKTUR JEMBATAN DAMAS-TRENGGALEK JURUSAN TEKNIK SIPIL Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya 2016.

HALAMAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

“Skripsi ini bukan hanya tugas akhirku, namun bukti cintaku untuk Ibuku”

PERSEMBAHAN :

Segala puji dan syukur dipanjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, kemudahan, dan kekuatan yang telah diberikan dari awal perkuliahan hingga sampai pada tahap akhir penyusunan skripsi ini. Hanya dengan pertolongan-Nya, segala proses ini dapat dilalui.

Penulis persembahkan ini kepada orang yang sangat di sayangi dan cintai.

Ayah dan Ibu Tercinta

Sebagai tanda bukti rasa hormat dan terima kasih yang tiada terhingga, penulis persembahkan skripsi ini kepada Ayah (Fajri, almarhum) dan Ibu (Asnawati), yang telah memberikan kasih sayang, dukungan, ridho, dan cinta yang tiada henti segala pengorbanan Ibu yang telah di berikan tidak akan pernah bisa terbalas hanya dengan selembat kertas bertuliskan kata persembahan ini. Untuk Ayah meski ragamu telah tiada, cintamu tetap hidup dalam setiap langkahku. Skripsi ini penulis persembahkan sebagai wujud cinta dan kerinduan yang tak pernah padam. Semoga dari kejauhan Ayah tersenyum dan bangga melihat penulis atas sebuah perjuangan dan doa yang dulu Ayah titipkan dalam hidupku.

Teruntuk ibu tercinta, terima kasih atas segala pengorbanan yang tiada henti, sejak penulis kecil hingga hari ini. Ibu telah menjadi tulang punggung keluarga sejak penulis berusia tiga tahun, memperjuangkan penulis seorang diri tanpa pernah mengeluh sedikit pun. Setelah penulis menyelesaikan pendidikan di bangku SMA dan memiliki keinginan untuk melanjutkan kuliah, Ibu adalah orang pertama yang mendukung dengan sepenuh hati, meskipun Ibu harus menanggung semuanya sendirian. Namun, Ibu tetap kuat, sabar, dan terus berjuang tanpa lelah demi masa depan anak-anaknya. Skripsi ini menjadi bukti dari perjuangan panjang Ibu yang

selalu penulis kenang dengan penuh cinta dan hormat.

Terima kasih atas segala doa, semangat, dan ketegaran yang tak pernah habis. Penulis bangga menjadi anakmu, dan penulis mencintaimu, Ibu lebih dari apa pun di dunia ini.

Kakak dan Abang

Penulis persembahkan skripsi ini untuk kakak tercinta, yang selalu memberikan semangat dan kekuatan dalam setiap langkah. Kakak adalah sosok yang tak hanya menjadi saudara, tetapi juga sahabat dalam untuk menjalani kehidupan. Doa, motivasi, dan kehadiranmu telah memberi penulis kekuatan untuk terus maju hingga sampai di titik ini. Semoga pencapaian ini menjadi bisa menjadi kebanggaan bersama dan menjadi awal dari harapan baik yang kita impikan.

Untuk abang, terima kasih atas segala dukungan dan bantuan yang telah diberikan selama ini. Ada peran besar dari pengorbanan dan keikhlasanmu, terutama dalam membantu biaya pendidikan dan memenuhi kebutuhan penulis selama kuliah. Tanpa bantuanmu, mungkin penulis tidak akan bisa melanjutkan pendidikan hingga menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih telah menjadi sosok yang kuat dan yang selalu hadir di saat dibutuhkan, meskipun tidak selalu diungkapkan lewat kata-kata. Segala kebaikanmu akan selalu penulis kenang, dan semoga hasil ini bisa menjadi bentuk kecil dari rasa terima kasih yang selama ini belum sempat terucap dengan sempurna.

Diri Penulis

Untuk diri sendiri, terima kasih atas segala kekuatan yang telah mampu bertahan menghadapi setiap proses selama perkuliahan hingga akhirnya tiba di titik ini. Dari yang awalnya merasa salah jurusan, kini semua perjalanan panjang telah terlewati, meski penuh rintangan dan rasa lelah. Penulis bangga pada diri sendiri karena tetap memilih untuk melangkah, meski tidak selalu mudah. Proses demi proses telah dilalui, mulai dari praktik lapangan, membuat laporan, menyusun proposal, hingga akhirnya sampai pada penyusunan skripsi ini. Semua usaha yang telah dilakukan menjadi bukti bahwa diri ini telah berjuang sejauh mungkin. Kata-kata persembahan ini menjadi wujud penghargaan untuk diri sendiri, karena telah

bertahan, berproses, dan tidak menyerah meski banyak hal terasa berat.

Lampiran 11 : Saran Perbaikan Sidang Akhir Skripsi

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS JURUSAN TEKNIK SIPIL Jalan Bathin Alam, Sungai Alam Bengkulu-Riau 28714 Telepon (0766) 24566, Faximile (0766) 800 1000 Laman http://www.ptsp-bengkalis.ac.id	
	FORMULIR 11 SARAN PERBAIKAN SIDANG AKHIR TA / SKRIPSI	TA : 2024 / 2025

SARAN PERBAIKAN SIDANG AKHIR SKRIPSI

Pelaksanaan Sidang Akhir Skripsi dari mahasiswa

Nama : Rina Yestiva
 NIM : 4204211428
 Jurusan/Prodi : Teknik Sipil / D-IV Teknik Perancangan Jalan Dan Jembatan
 Judul : Perencanaan Ulang Abutment Jembatan Menggunakan Aplikasi Midas (Studi Kasus : Jembatan Sungai Bengkulu Jalan Bengkulu)

Berdasarkan hasil Sidang Akhir, maka dapat kami sampaikan saran-saran sebagai berikut.

Nama Dosen Pembimbing I dan II : DEDI ENDA, ST, MT &

Materi Perbaikan:

- Beban diperjelas
- Faktor situs → faktor situs diperjelas → 4 dkk.
kenapa tanah sedang?
 F_a, F_v, c, lagu
Pga
tanah sedang, luas?
- dimensi diperjelas?
- Konsep vertikal dan horizontal
- Data sendir? koreksi

Demikian, untuk dapat dijadikan koreksi dari saran - saran tersebut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Pengesahan dari Dosen Pembimbing			
Sebelum Perbaikan		Setelah Perbaikan	
Tanggal	30 Juli 2025	Tanggal	
Tanda Tangan		Tanda Tangan	

- Tujuan → angka → perancangan abutment
- Hasilnya → hasilnya sudah oke

Catatan
 1 Lembar Saran Perbaikan yang telah diisi dikembalikan ke Koordinator
 2 Tanda = Corel salah satu

↓
 Pertimbangan

Lampiran 11 : Saran Perbaikan Sidang Akhir Skripsi

 <p style="text-align: center;">KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS JURUSAN TEKNIK SIPIL Jalan Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis - Riau 28714 Telepon (0766) 24566, Faximile (0766) 800 1000 Laman http://www.pnbengkalis.ac.id</p>	FORMULIR 11	TA : 2024 / 2025
	SARAN PERBAIKAN SIDANG AKHIR TA / SKRIPSI	

SARAN PERBAIKAN SIDANG AKHIR SKRIPSI

Pelaksanaan Sidang Akhir Skripsi dari mahasiswa:

Nama : Rina Yestiva
 NIM : 4204211428
 Jurusan/Prodi : Teknik Sipil / D-IV Teknik Perancangan Jalan Dan Jembatan
 Judul : Perencanaan Ulang Abutment Jembatan Menggunakan Aplikasi Midas
 (Studi Kasus : Jembatan Sungai Bengkalis Jalan Bengkalis)

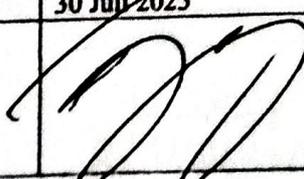
Berdasarkan hasil Sidang Akhir, maka dapat kami sampaikan saran-saran sebagai berikut:

Nama Dosen Penguji I : MUHAMMAD GALA GARCYA, S.T., M.T

Materi Perbaikan:

1. Rumus masalah ini, perlu diubah! cek laporan!
2. Tumpukan kurangnya dapat menjelaskan masalah yg ada!
3. Cek jenis tanah yg dipilih! Apa alasan? } kopr ..
4. Data tanah tek ada! tulis bab 2
5. Analisis kapasitas harus dgn tanah kelas lebih baik jika tidak dapat di taksir jenis lainnya!

Demikian, untuk dapat dijadikan koreksi dari saran – saran tersebut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Pengesahan dari Dosen Penguji I			
Sebelum Perbaikan		Setelah Perbaikan	
Tanggal	30 Juli 2025	Tanggal	<i>31/8/2025</i>
Tanda Tangan		Tanda Tangan	

- Catatan :
1. Lembar Saran Perbaikan yang telah diisi dikembalikan ke Koordinator
 2. Tanda* = Coret salah satu

Lampiran 11 : Saran Perbaikan Sidang Akhir Skripsi

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS JURUSAN TEKNIK SIPIL Jalan Bathin Alam, Sungai Alam Bengkalis-Riau 28714 Telepon (0766) 24566, Faximile (0766) 800 1000 Laman: http://www.polbeng.ac.id	
	FORMULIR 11 SARAN PERBAIKAN SIDANG AKHIR TA / SKRIPSI	TA : 2024 / 2025

SARAN PERBAIKAN SIDANG AKHIR SKRIPSI

Pelaksanaan Sidang Akhir Skripsi dari mahasiswa:

Nama : Rina Yestiva
 NIM : 4204211428
 Jurusan/Prodi : Teknik Sipil / D-IV Teknik Perancangan Jalan Dan Jembatan
 Judul : Perencanaan Ulang Abutment Jembatan Menggunakan Aplikasi Midas
 (Studi Kasus : Jembatan Sungai Bengkalis Jalan Bengkalis)

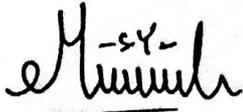
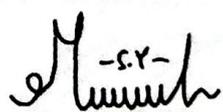
Berdasarkan hasil Sidang Akhir, maka dapat kami sampaikan saran-saran sebagai berikut:

Nama Dosen Penguji II : **MARITA SYARIMAH, S.T., M.T.**

Materi Perbaikan:

1. Perbaiki Penulisan
2. Korelasi perumusan masalah dan kesimpulan poin 2
3. Masukkan penditian yg dilakukan dibawah penelitian terdahulu.

Demikian, untuk dapat dijadikan koreksi dari saran – saran tersebut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Pengesahan dari Dosen Penguji II			
Sebelum Perbaikan		Setelah Perbaikan	
Tanggal	30 Juli 2025	Tanggal	01.08.2025
Tanda Tangan		Tanda Tangan	

- Catatan :
1. Lembar Saran Perbaikan yang telah diisi dikembalikan ke Koordinator
 2. Tanda* = Coret salah satu

Lampiran 11 : Saran Perbaikan Sidang Akhir Skripsi

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS JURUSAN TEKNIK SIPIL Jalan Bathin Alam, Sungai Alam Bengkalis-Riau 28714 Telepon (0766) 24566, Faximile (0766) 800 1000 Laman: http://www.polbeng.ac.id	
	FORMULIR 11 SARAN PERBAIKAN SIDANG AKHIR TA / SKRIPSI	TA : 2024 / 2025

SARAN PERBAIKAN SIDANG AKHIR SKRIPSI

Pelaksanaan Sidang Akhir Skripsi dari mahasiswa:

Nama : Rina Yestiva
 NIM : 4204211428
 Jurusan/Prodi : Teknik Sipil / D-IV Teknik Perancangan Jalan Dan Jembatan
 Judul : Perencanaan Ulang Abutment Jembatan Menggunakan Aplikasi Midas
 (Studi Kasus : Jembatan Sungai Bengkalis Jalan Bengkalis)

Berdasarkan hasil Sidang Akhir, maka dapat kami sampaikan saran-saran sebagai berikut:

Nama Dosen Penguji III : ROMA DEARNI, MT

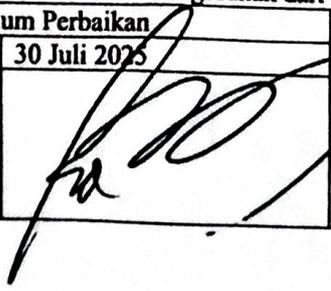
Materi Perbaikan:

1) Abstrak.

Saran. ke cover

RC

Demikian, untuk dapat dijadikan koreksi dari saran – saran tersebut dan atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

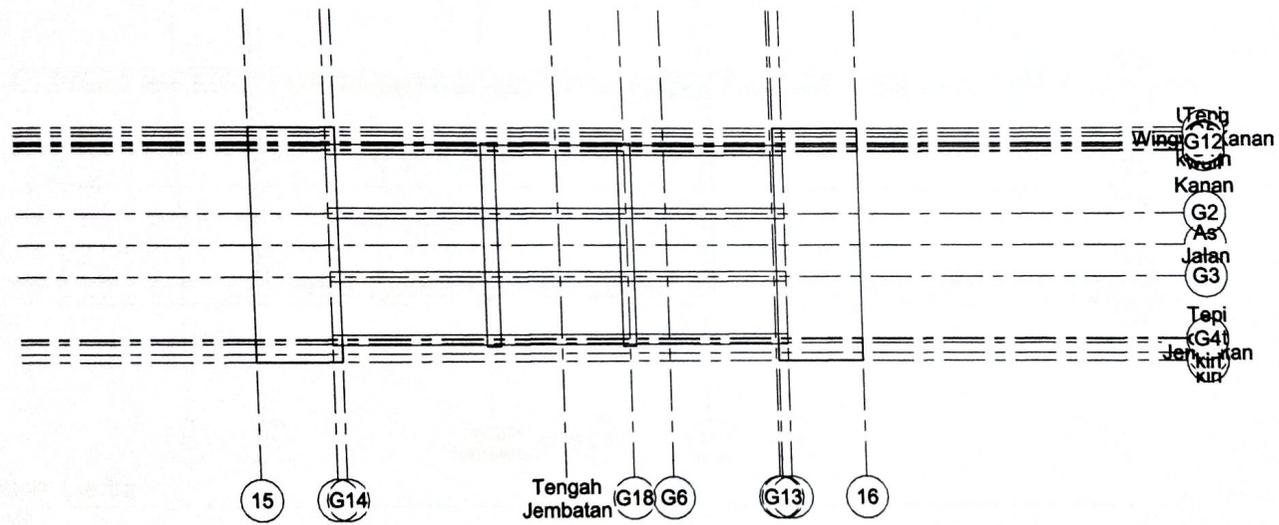
Pengesahan dari Dosen Penguji III			
Sebelum Perbaikan		Setelah Perbaikan	
Tanggal	30 Juli 2025	Tanggal	
Tanda Tangan		Tanda Tangan	

Catatan :

1. Lembar Saran Perbaikan yang telah diisi dikembalikan ke Koordinator
2. Tanda* = Coret salah satu



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS



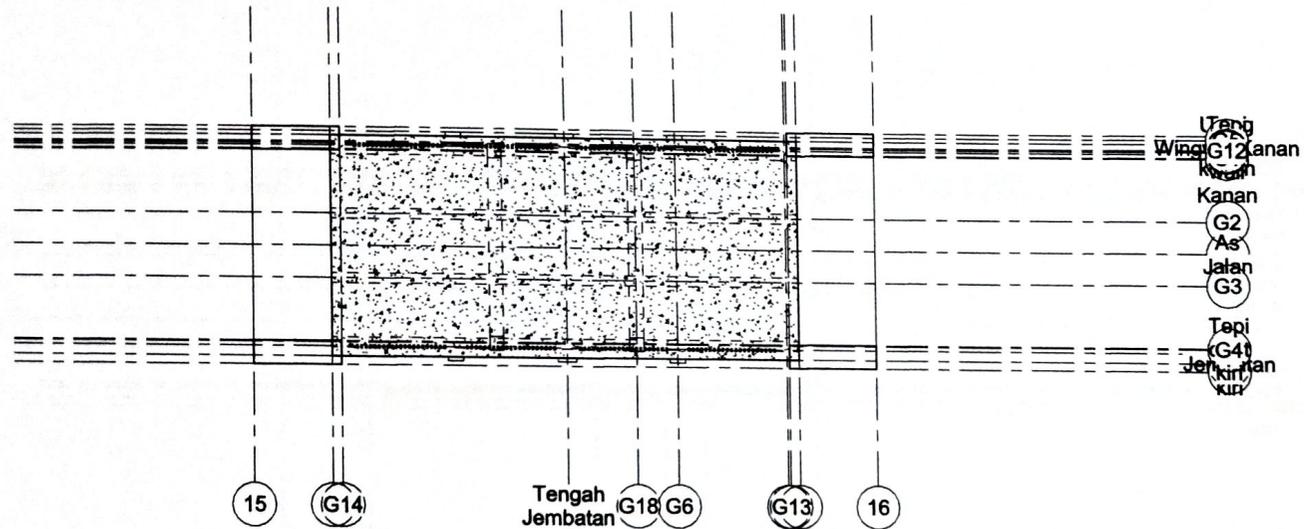
1 Bottom Girder
1 : 100

Project number	JEMBATAN BENGKALIS
Date	11 AGUSTUS 2025
Dibuat Oleh :	RINA YESTIVA
	S.2
Scale	1 : 100

11/08/2025 13:14:54



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS



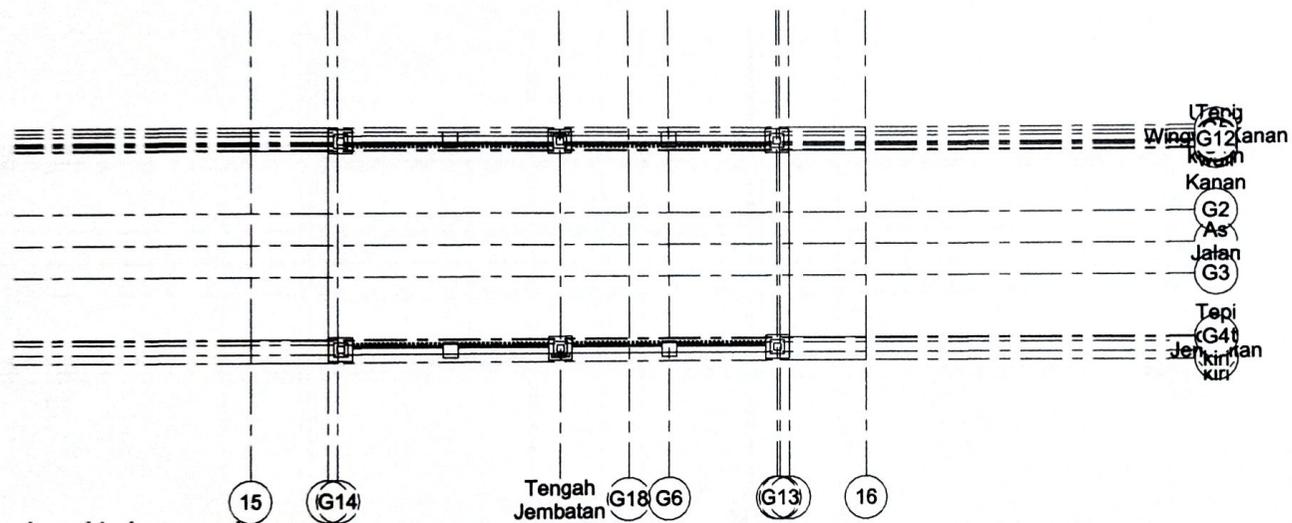
1 Bottom Lantai
1 : 100

Project number	JEMBATAN BENGKALIS
Date	11 AGUSTUS 2025
Dibuat Oleh :	RINA YESTIVA
S.2	
Scale	1 : 100

11/08/2025 13:15:44



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS



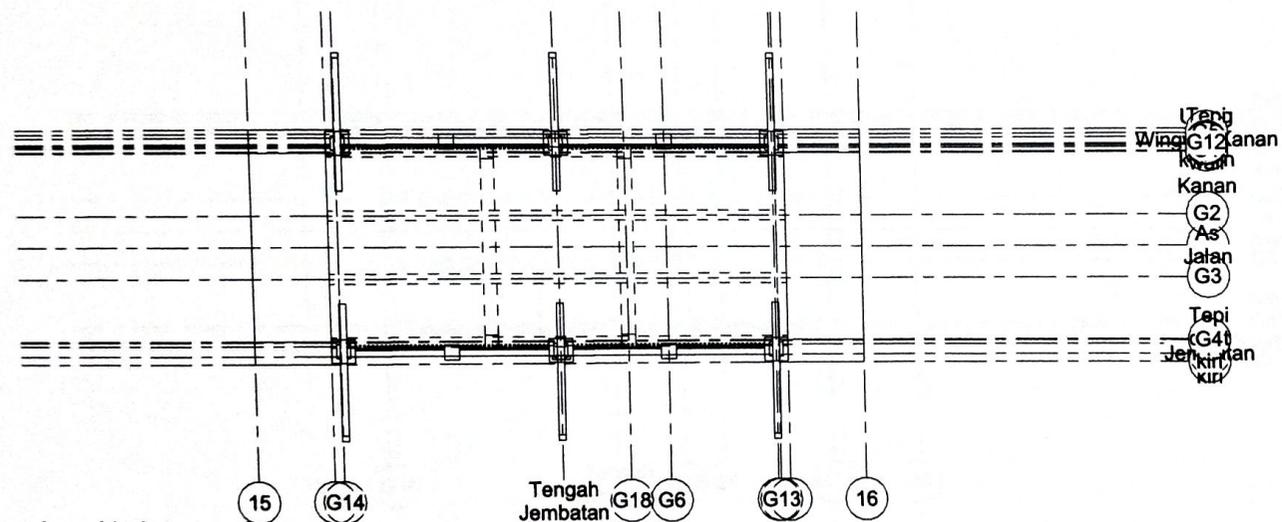
1 Level kolom sandaran utama
1 : 100

Project number	JEMBATAN BENGKALIS
Date	11 AGUSTUS 2025
Dibuat Oleh :	RINA YESTIVA
	S.2
Scale	1 : 100

11/08/2025 13:17:38



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS



Level kolom sandaran
1 antara
1 : 100

Project number JEMBATAN BENGKALIS

Date 11 AGUSTUS 2025

Dibuat Oleh : RINA YESTIVA

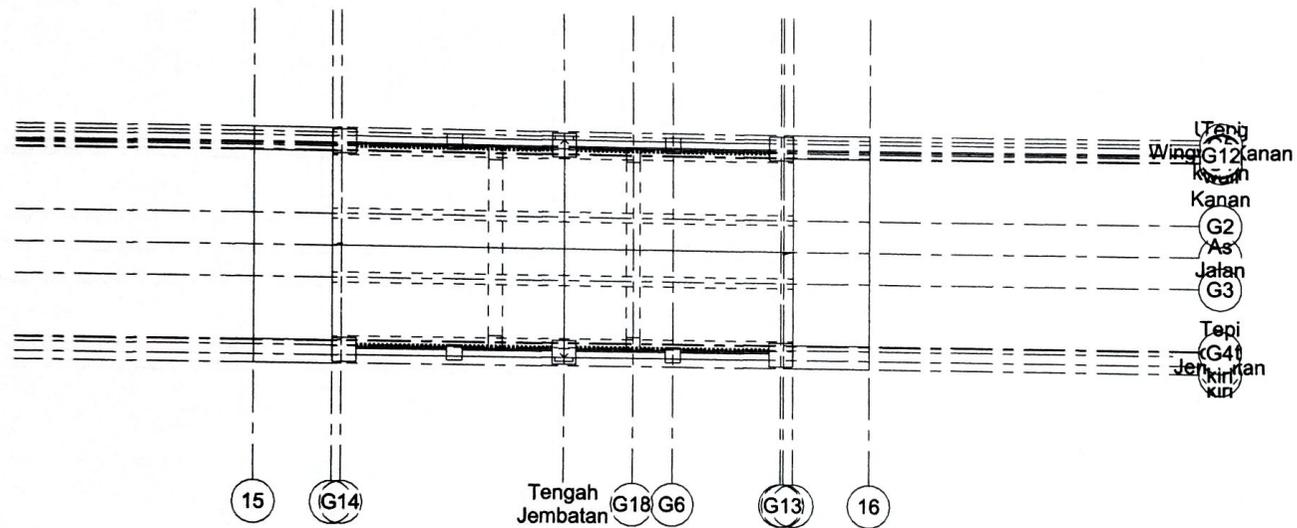
S.2

Scale 1 : 100

11/08/2025 13:17:07



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS



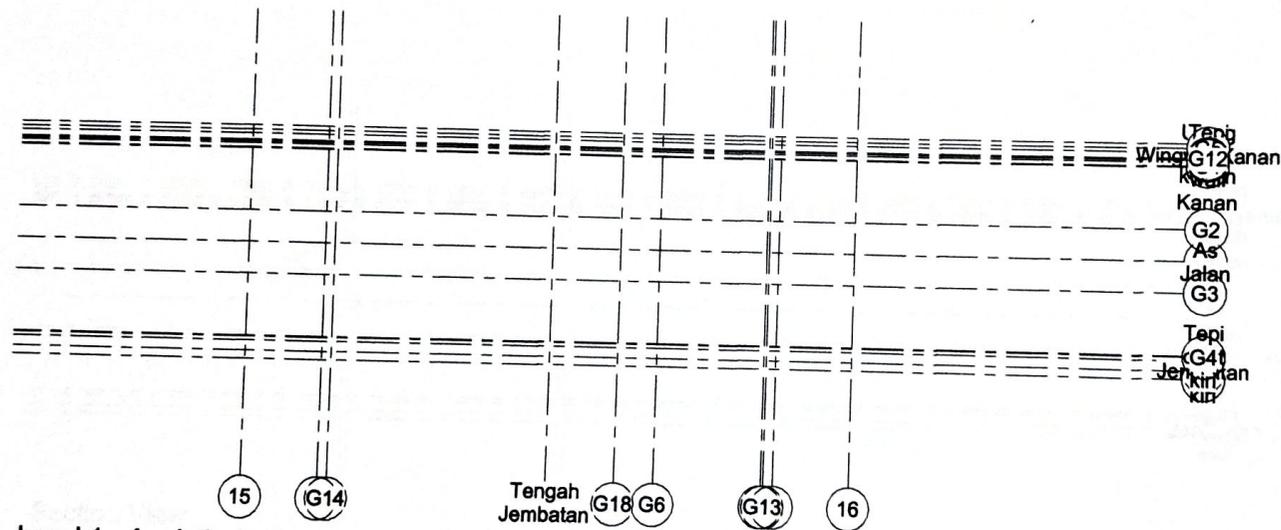
1 Level Lantai
1 : 100

Project number	JEMBATAN BENGKALIS
Date	11 AGUSTUS 2025
Dibuat Oleh :	RINA YESTIVA
	S.2
Scale	1 : 100

11/08/2025 13:18:35



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS



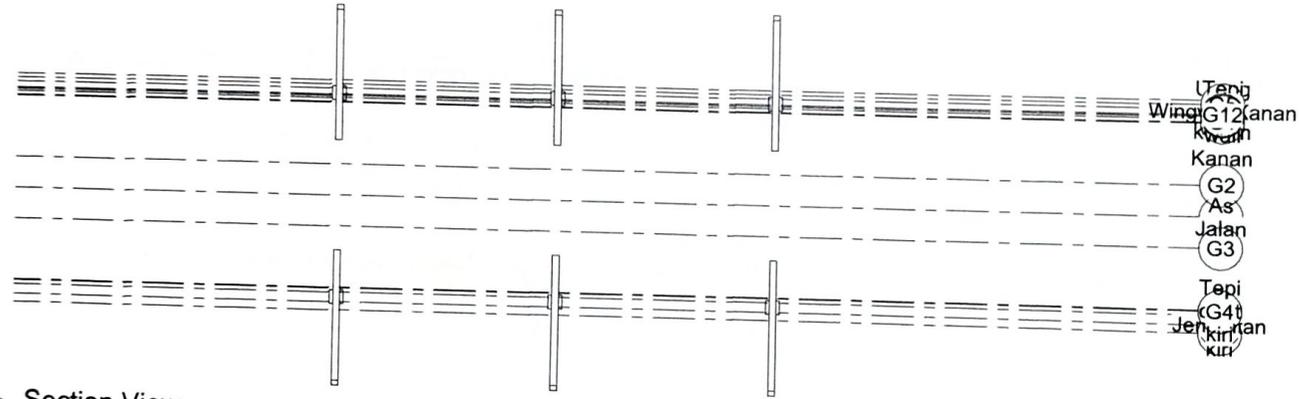
1 Level 1 - Analytical
1 : 100

Project number	JEMBATAN BENGKALIS
Date	11 AGUSTUS 2025
Dibuat Oleh :	RINA YESTIVA
	S.2
Scale	1 : 100

11/08/2025 13:16:26



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS



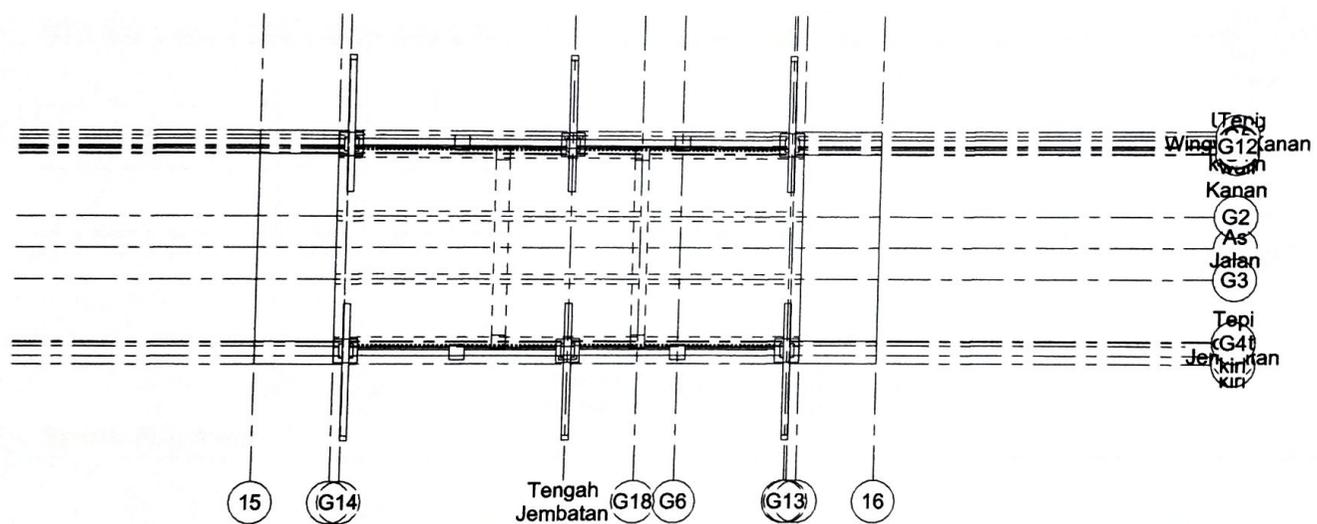
1 Section View
1 : 100

Project number	JEMBATAN BENGKALIS
Date	11 AGUSTUS 2025
Dibuat Oleh :	RINA YESTIVA
	S.2
Scale	1 : 100

11/08/2025 13:19:07



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS



1 Site
1 : 100

Project number JEMBATAN BENGKALIS

Date 11 AGUSTUS 2025

Dibuat Oleh : RINA YESTIVA

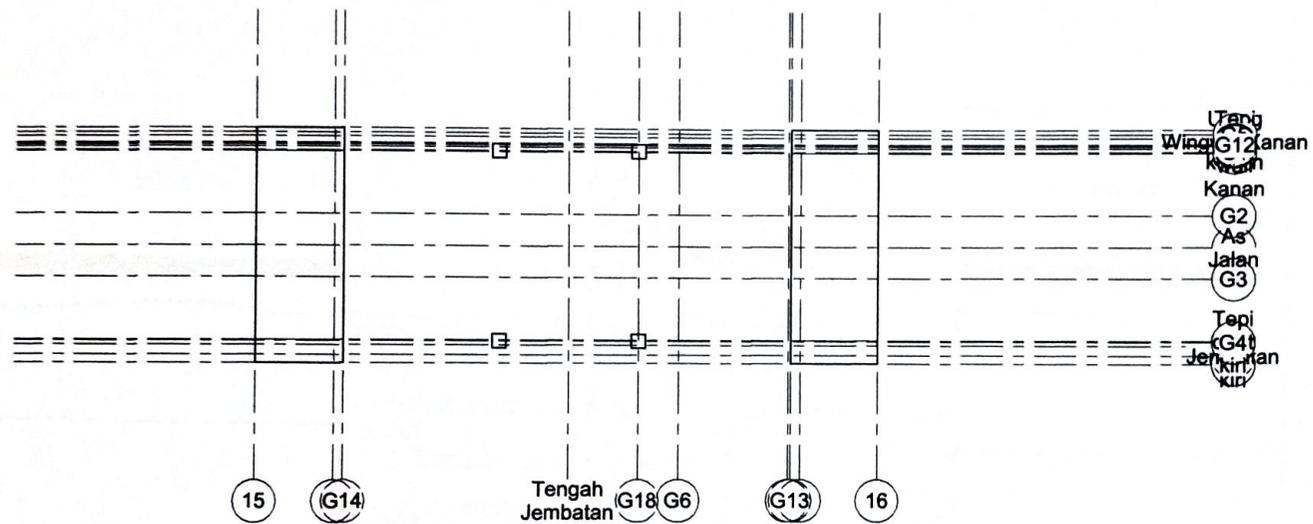
S.2

Scale 1 : 100

11/08/2025 13:19:30



POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS



1 Bawah Abutment
1 : 100

Project number JEMBATAN BENGKALIS

Date 11 AGUSTUS 2025

Dibuat Oleh : RINA YESTIVA

S.2

Scale 1 : 100

11/08/2025 13:13:58



POLITEKNIK NEGERI
BENGKALIS

Judul Skripsi

perancangan ulang Abutment
Jembatan Menggunakan Aplikasi
Midas (Studi Kasus : Jembatan
Sugai Bengkalis Jalan
Bengkalis)

Gambar

tertera

Lokasi

Jalan bengkalis

Dosen Pembimbing

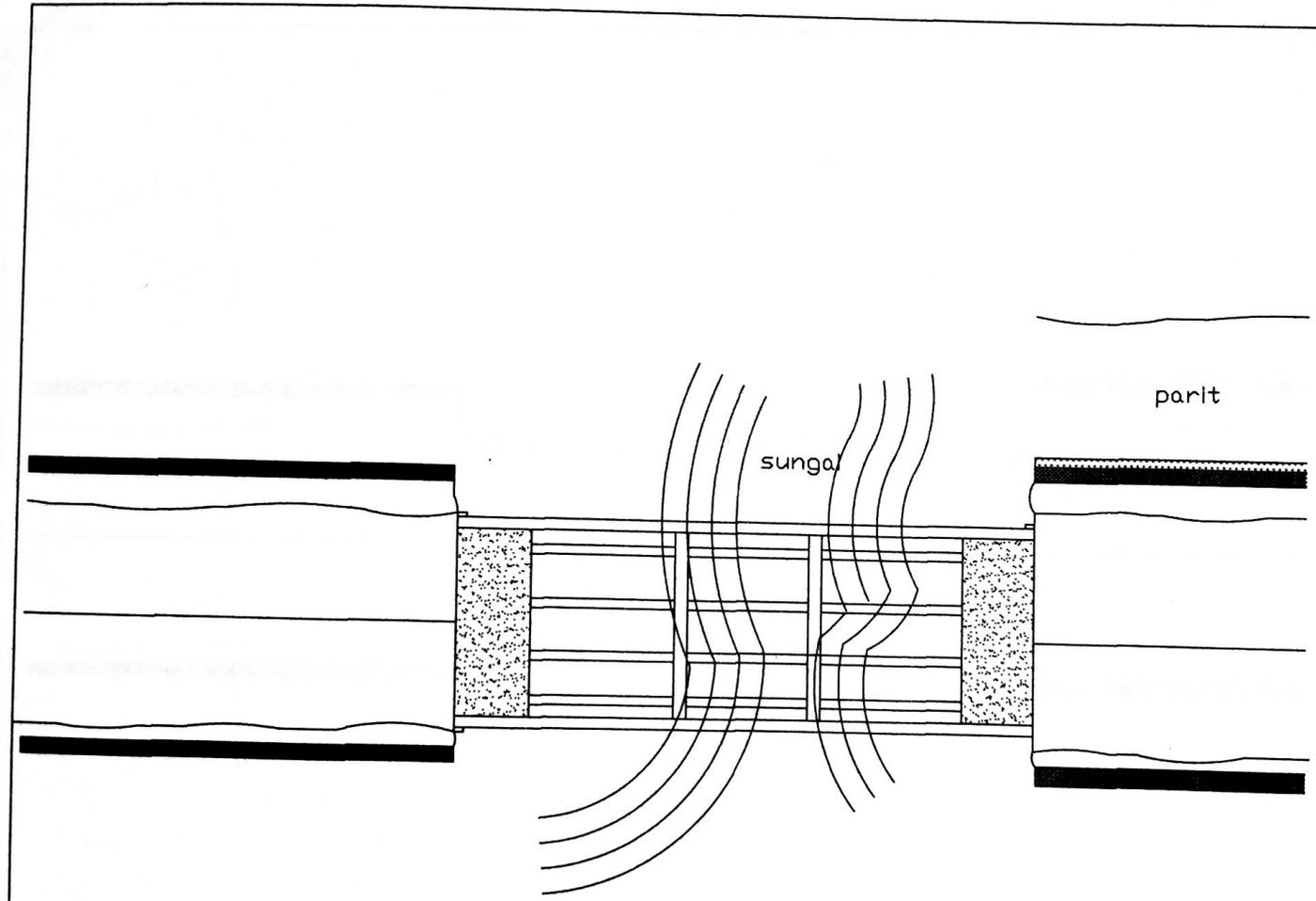
DEDI ENDA,ST.,MT

Digambar Oleh

RINA YESTIVA

No.Gambar

1



DENAH JEMBATAN EXISTING
SKALA 1 : 100



POLITEKNIK NEGERI
BENGKALIS

Judul Skripsi

perancangan ulang Abutment
Jembatan Menggunakan Aplikasi
Midas (Studi Kasus : Jembatan
Sugai Bengkalis Jalan
Bengkalis)

Gambar

tentera

Lokasi

jalan bengkalis

Dosen Pembimbing

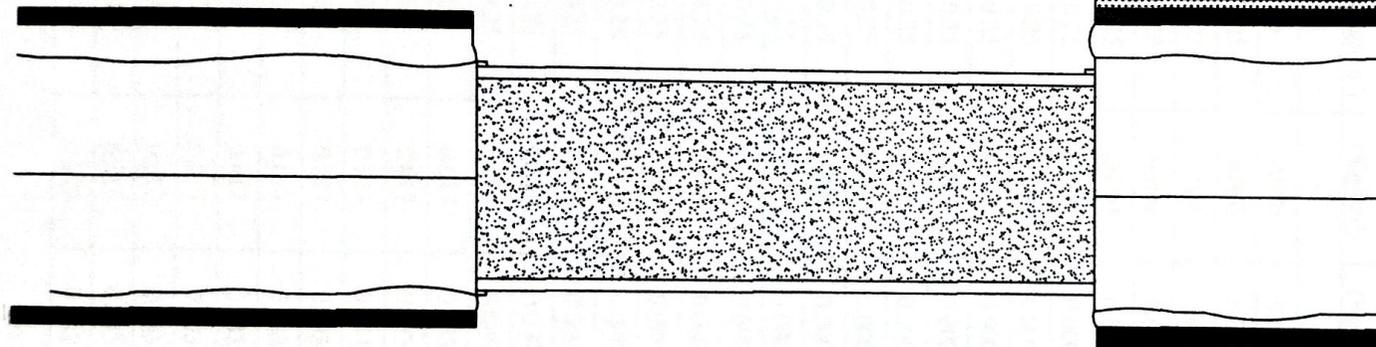
DEDI ENDA,ST.,MT

Digambar Oleh

RINA YESTIVA

No.Gambar

2



TAMPAK ATAS JEMBATAN EXISTING
SKALA 1 : 100



JURUSAN TEKNIK SIPIL

POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Alamat Jl. Bathin Alam, Sei. Alam, Bengkalis-Riau-Indonesia

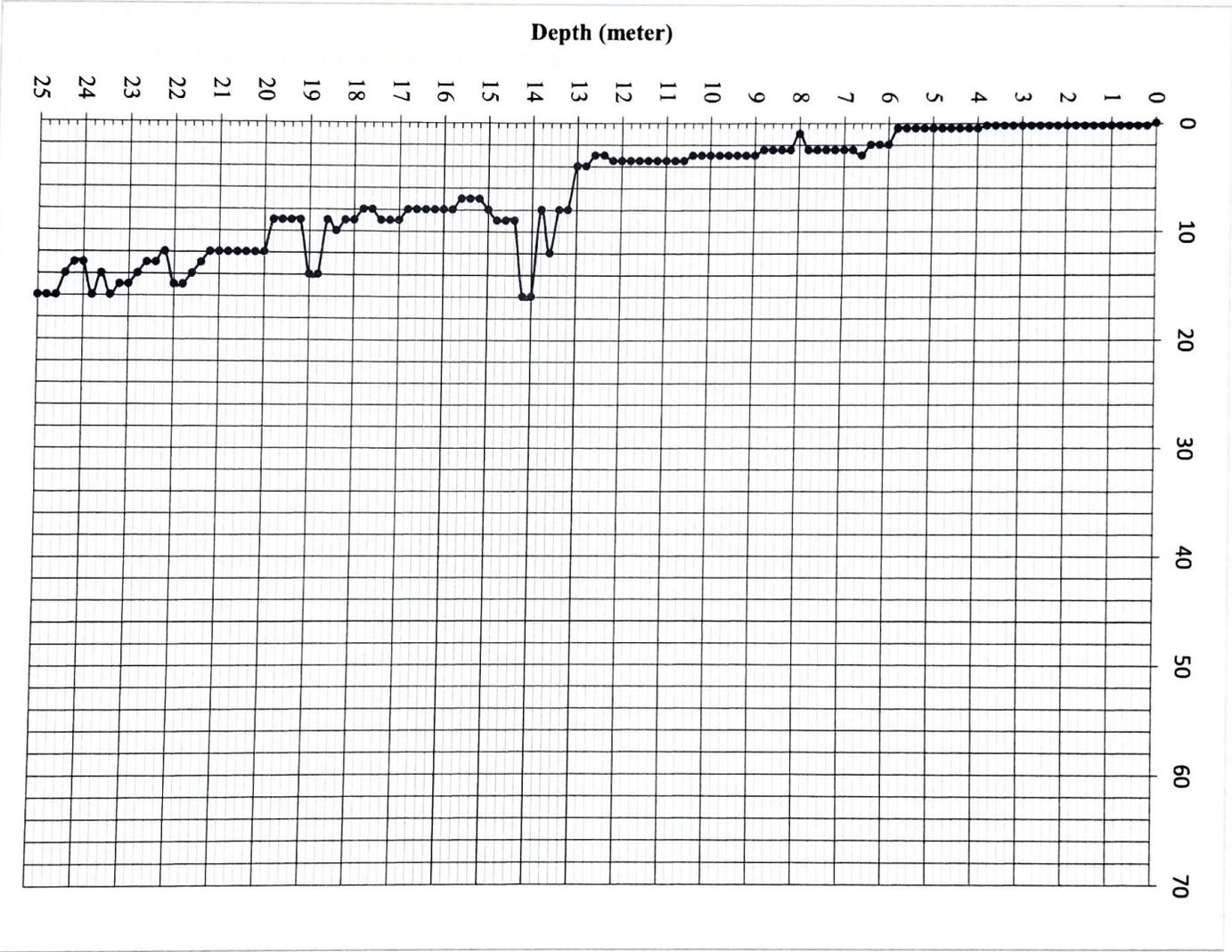
LAMPIRAN 1 - Data CPT Perencanaan Jembatan senderak Darat

Kedalaman		Cone Resistance	Local Side Friction	Side Friction	Total Side Friction	Friction
(meter)		CN (Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm)	Kg/cm	Ratio (FR)=%
a	b	e	f	g	h	i
0	0.00	0	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.20	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.40	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.60	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
	0.80	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
1	1.00	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
	1.20	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
	1.40	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
	1.60	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
	1.80	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
2	2.00	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
	2.20	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
	2.40	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
	2.60	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
	2.80	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
3	3.00	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
	3.20	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
	3.40	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
	3.60	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
	3.80	0.25	0.000	0.000	0.000	0.000
4	4.00	0.5	0.017	0.333	0.333	3.333
	4.20	0.5	0.017	0.333	0.667	3.333
	4.40	0.5	0.017	0.333	1.000	3.333
	4.60	0.5	0.017	0.333	1.333	3.333
	4.80	0.5	0.017	0.333	1.667	3.333
5	5.00	0.5	0.017	0.333	2.000	3.333
	5.20	0.5	0.017	0.333	2.333	3.333
	5.40	0.5	0.017	0.333	2.667	3.333
	5.60	0.5	0.017	0.333	3.000	3.333
	5.80	0.5	0.017	0.333	3.333	3.333

6	6.00	2	0.067	1.333	4.667	3.333
	6.20	2	0.067	1.333	6.000	3.333
	6.40	2	0.067	1.333	7.333	3.333
	6.60	3	0.133	2.667	10.000	4.444
	6.80	2.5	0.100	2.000	12.000	4.000
7	7.00	2.5	0.100	2.000	14.000	4.000
	7.20	2.5	0.100	2.000	16.000	4.000
	7.40	2.5	0.100	2.000	18.000	4.000
	7.60	2.5	0.100	2.000	20.000	4.000
	7.80	2.5	0.100	2.000	22.000	4.000
8	8.00	1	0.033	0.667	22.667	3.333
	8.20	2.5	0.100	2.000	24.667	4.000
	8.40	2.5	0.100	2.000	26.667	4.000
	8.60	2.5	0.100	2.000	28.667	4.000
	8.80	2.5	0.100	2.000	30.667	4.000
9	9.00	3	0.067	1.333	32.000	2.222
	9.20	3	0.067	1.333	33.333	2.222
	9.40	3	0.067	1.333	34.667	2.222
	9.60	3	0.067	1.333	36.000	2.222
	9.80	3	0.067	1.333	37.333	2.222
10	10.00	3	0.067	1.333	38.667	2.222
	10.20	3	0.067	1.333	40.000	2.222
	10.40	3	0.067	1.333	41.333	2.222
	10.60	3.5	0.100	2.000	43.333	2.857
	10.80	3.5	0.100	2.000	45.333	2.857
11	11.00	3.5	0.067	1.333	46.667	1.905
	11.20	3.5	0.067	1.333	48.000	1.905
	11.40	3.5	0.067	1.333	49.333	1.905
	11.60	3.5	0.067	1.333	50.667	1.905
	11.80	3.5	0.067	1.333	52.000	1.905
12	12.00	3.5	0.067	1.333	53.333	1.905
	12.20	3.5	0.067	1.333	54.667	1.905
	12.40	3	0.067	1.333	56.000	2.222
	12.60	3	0.067	1.333	57.333	2.222
	12.80	4	0.100	2.000	59.333	2.500
13	13.00	4	0.100	2.000	61.333	2.500
	13.20	8	0.267	5.333	66.667	3.333
	13.40	8	0.267	5.333	72.000	3.333
	13.60	12	0.400	8.000	80.000	3.333
	13.80	8	0.267	5.333	85.333	3.333
14	14.00	16	0.533	10.667	96.000	3.333

	14.20	16	0.533	10.667	106.667	3.333
	14.40	9	0.267	5.333	112.000	2.963
	14.60	9	0.267	5.333	117.333	2.963
	14.80	9	0.267	5.333	122.667	2.963
15	15.00	8	0.200	4.000	126.667	2.500
	15.20	7	0.200	4.000	130.667	2.857
	15.40	7	0.200	4.000	134.667	2.857
	15.60	7	0.200	4.000	138.667	2.857
	15.80	8	0.267	5.333	144.000	3.333
16	16.00	8	0.200	4.000	148.000	2.500
	16.20	8	0.200	4.000	152.000	2.500
	16.40	8	0.200	4.000	156.000	2.500
	16.60	8	0.200	4.000	160.000	2.500
	16.80	8	0.200	4.000	164.000	2.500
17	17.00	9	0.200	4.000	168.000	2.222
	17.20	9	0.200	4.000	172.000	2.222
	17.40	9	0.200	4.000	176.000	2.222
	17.60	8	0.200	4.000	180.000	2.500
	17.80	8	0.200	4.000	184.000	2.500
18	18.00	9	0.267	5.333	189.333	2.963
	18.20	9	0.267	5.333	194.667	2.963
	18.40	10	0.333	6.667	201.333	3.333
	18.60	9	0.267	5.333	206.667	2.963
	18.80	14	0.467	9.333	216.000	3.333
19	19.00	14	0.467	9.333	225.333	3.333
	19.20	9	0.200	4.000	229.333	2.222
	19.40	9	0.200	4.000	233.333	2.222
	19.60	9	0.200	4.000	237.333	2.222
	19.80	9	0.200	4.000	241.333	2.222
20	20.00	12	0.333	6.667	248.000	2.778
	20.20	12	0.333	6.667	254.667	2.778
	20.40	12	0.333	6.667	261.333	2.778
	20.60	12	0.333	6.667	268.000	2.778
	20.80	12	0.333	6.667	274.667	2.778
21	21.00	12	0.333	6.667	281.333	2.778
	21.20	12	0.333	6.667	288.000	2.778
	21.40	13	0.400	8.000	296.000	3.077
	21.60	14	0.400	8.000	304.000	2.857
	21.80	15	0.467	9.333	313.333	3.111
22	22.00	15	0.467	9.333	322.667	3.111
	22.20	12	0.333	6.667	329.333	2.778

	22.40	13	0.400	8.000	337.333	3.077
	22.60	13	0.400	8.000	345.333	3.077
	22.80	14	0.467	9.333	354.667	3.333
23	23.00	15	0.467	9.333	364.000	3.111
	23.20	15	0.467	9.333	373.333	3.111
	23.40	16	0.467	9.333	382.667	2.917
	23.60	14	0.333	6.667	389.333	2.381
	23.80	16	0.400	8.000	397.333	2.500
	24	24.00	13	0.333	6.667	404.000
24.20		13	0.333	6.667	410.667	2.564
24.40		14	0.400	8.000	418.667	2.857
24.60		16	0.333	6.667	425.333	2.083
24.80		16	0.333	6.667	432.000	2.083
25	25.00	16	0.333	6.667	438.667	2.083





JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Alamat Jl. Bathin Alam, Sei. Alam, Bengkalis-Riau-Indonesia

LAMPIRAN 2 - Data sondir (CPT) diatas di konversikan tiap satu meter kedalam bentuk data N-SPT, kemudian dilakukan perhitungan kh dan cu. Adapun data konversi tersebut dapat dilihat pada tabel beriku ini.

Kedalaman	Cone Resistance	Konversi	N-SPT	Kh	cu	Ground Level	Pile Diameter	Unit Weight of Soil	Earth Pressure Coeff. at res	Coeff. Of Subgrade Reaction	1/2 Strain at Max. Stress Point in Tr. Comp. Test	Undrained Cohesion	
(meter)	(Kg/cm ²)			kN/m3	kN/m2	(m)	(D)	(r)	(K0)	(Kh)	(e50)	(cu)	
1	1.00	0.25	0.167	1	1000	7000	-0.35	0.40	16	0.1	1000	0.01	7000
2	2.00	0.25	0.167	1	1000	7000		0.40	16	0.1	1000	0.01	7000
3	3.00	0.25	0.167	1	1000	7000		0.40	16	0.1	1000	0.01	7000
4	4.00	0.5	0.333	1	1000	7000		0.40	16	0.1	1000	0.01	7000
5	5.00	0.5	0.333	1	1000	7000		0.40	16	0.1	1000	0.01	7000
6	6.00	2	1.333	2	2000	14000	-5.35	0.40	16	0.1	2000	0.01	14000
7	7.00	2.5	1.667	2	2000	14000		0.40	16	0.1	2000	0.01	14000
8	8.00	1	0.667	1	1000	7000	-7.35	0.40	16	0.1	1000	0.01	7000
9	9.00	3	2.000	2	2000	14000	-8.35	0.40	16	0.1	2000	0.01	14000
10	10.00	3	2.000	2	2000	14000		0.40	16	0.1	2000	0.01	14000
11	11.00	3.5	2.333	3	3000	21000	-10.350	0.40	16	0.1	3000	0.01	21000

Kedalaman		Cone Resistance	Konversi	N-SPT	Kh	cu	Ground Level	Pile Diameter	Unit Weight of Soil	Earth Pressure Coeff. at res	Coeff. Of Subgrade Reaction	1/2 Strain at Max. Stress Point in Tr. Comp. Test	Undrained Cohesion
12	12.00	3.5	2.333	3	3000	21000		0.40	16	0.1	3000	0.01	21000
13	13.00	4	2.667	3	3000	21000		0.40	16	0.1	3000	0.01	21000
14	14.00	16	10.667	11	11000	77000	-13.35	0.40	16	0.1	11000	0.01	77000
15	15.00	8	5.333	6	6000	42000	-14.35	0.40	16	0.1	6000	0.01	42000
16	16.00	8	5.333	6	6000	42000		0.40	16	0.1	6000	0.01	42000
17	17.00	9	6.000	6	6000	42000		0.40	16	0.1	6000	0.01	42000
18	18.00	9	6.000	6	6000	42000		0.40	16	0.1	6000	0.01	42000
19	19.00	14	9.333	10	10000	70000	-18.35	0.40	16	0.1	10000	0.01	70000
20	20.00	12	8.000	8	8000	56000	-19.35	0.40	16	0.1	8000	0.01	56000
21	21.00	12	8.000	8	8000	56000		0.40	16	0.1	8000	0.01	56000
22	22.00	15	10.000	10	10000	70000	-21.35	0.40	16	0.1	10000	0.01	70000
23	23.00	15	10.000	10	10000	70000		0.40	16	0.1	10000	0.01	70000
24	24.00	13	8.667	9	9000	63000	-23.35	0.40	16	0.1	9000	0.01	63000

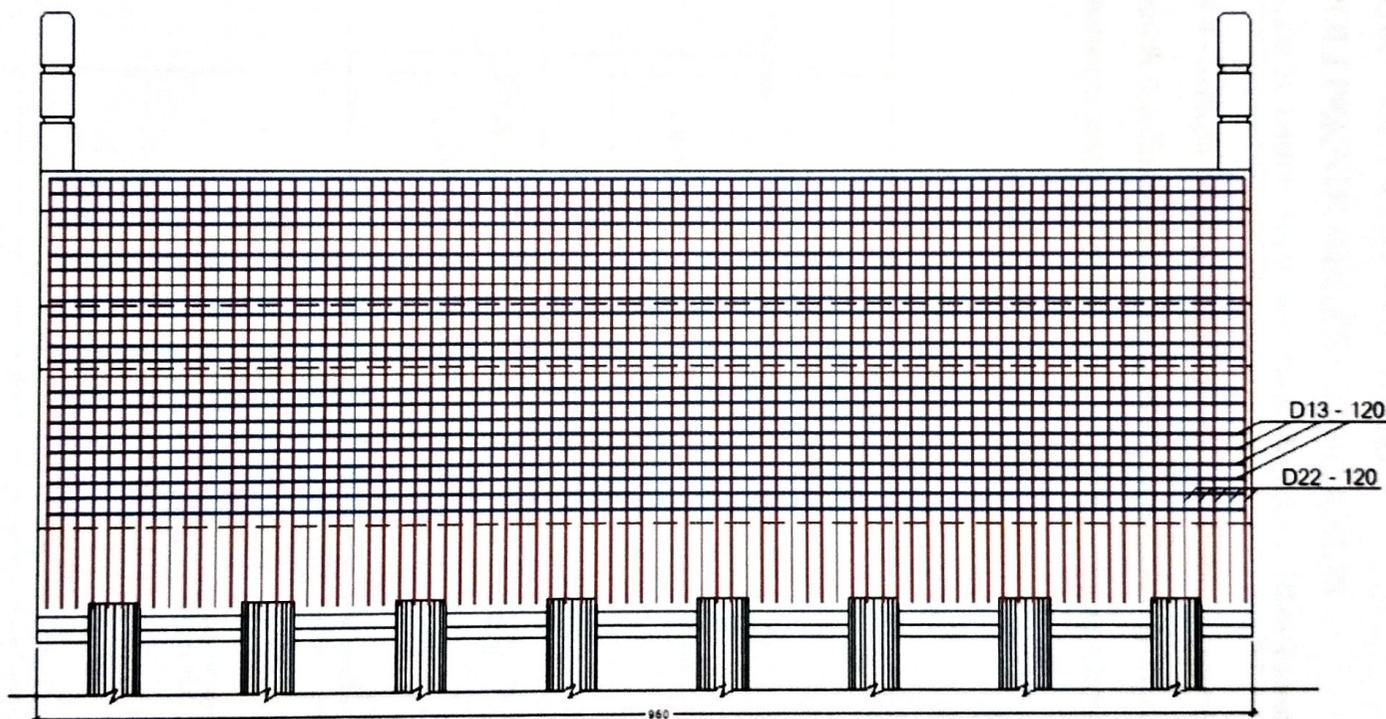


JURUSAN TEKNIK SIPIL

POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Alamat Jl. Bathin Alam, Sei. Alam, Bengkalis-Riau-Indonesia

LAMPIRAN 3 – Gambar dinding abutment



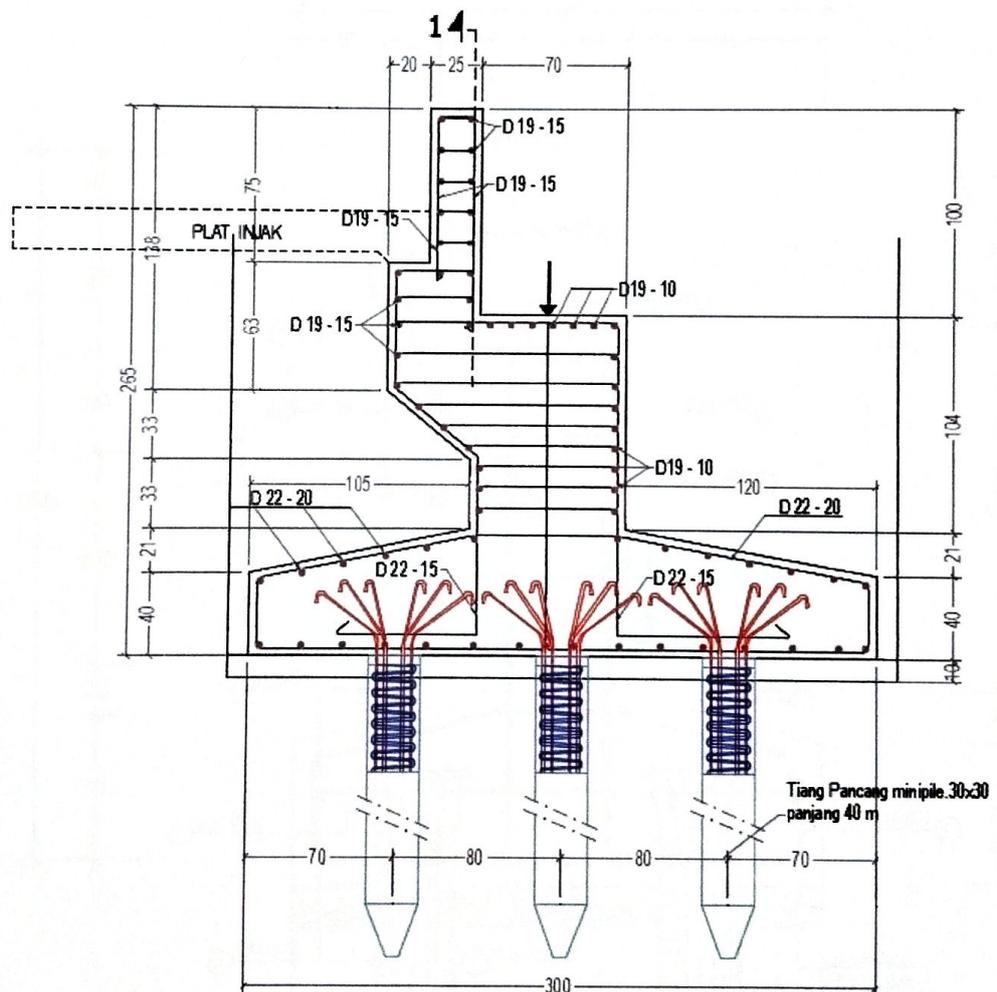


JURUSAN TEKNIK SIPIL

POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Alamat Jl. Bathin Alam, Sei. Alam, Bengkalis-Riau-Indonesia

LAMPIRAN 4 - Sebagai bahan pertimbangan dalam penentuan penampang abutment, diambil bentuk dan dimensi penampang abutment pada jembatan sekitar Pulau Bengkalis diantaranya abutment jembatan senderak dan jembatan sukamaju.



DETAIL PENULANGAN ABUTMEN

SKALA 1 : 25

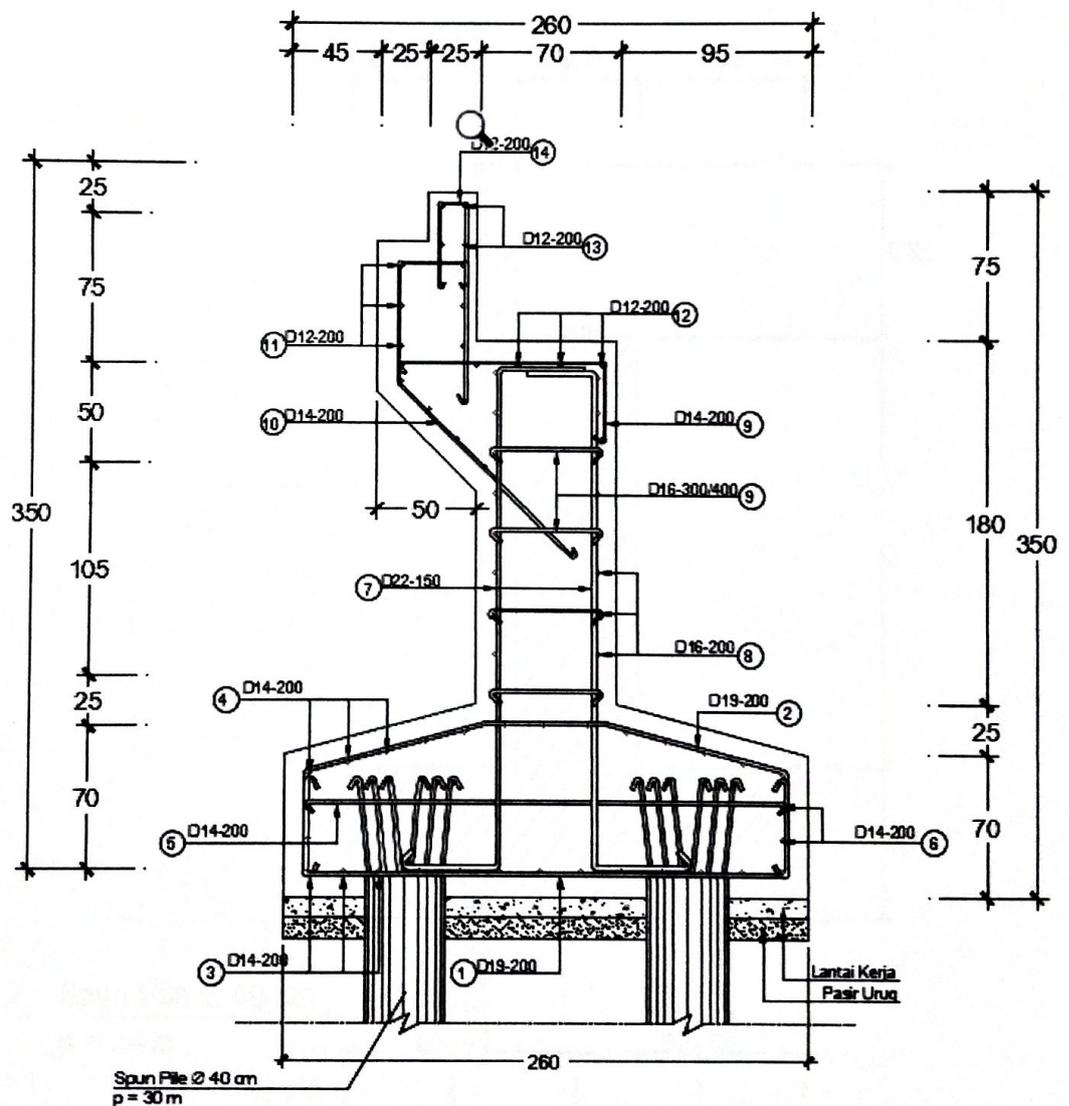


JURUSAN TEKNIK SIPIL

POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Alamat Jl. Bathin Alam, Sei. Alam, Bengkalis-Riau-Indonesia

LAMPIRAN 5 - Sebagai bahan pertimbangan dalam penentuan penampang abutment, diambil bentuk dan dimensi penampang abutment pada jembatan sekitar Pulau Bengkalis diantaranya abutment jembatan senderak dan jembatan sukamaju.



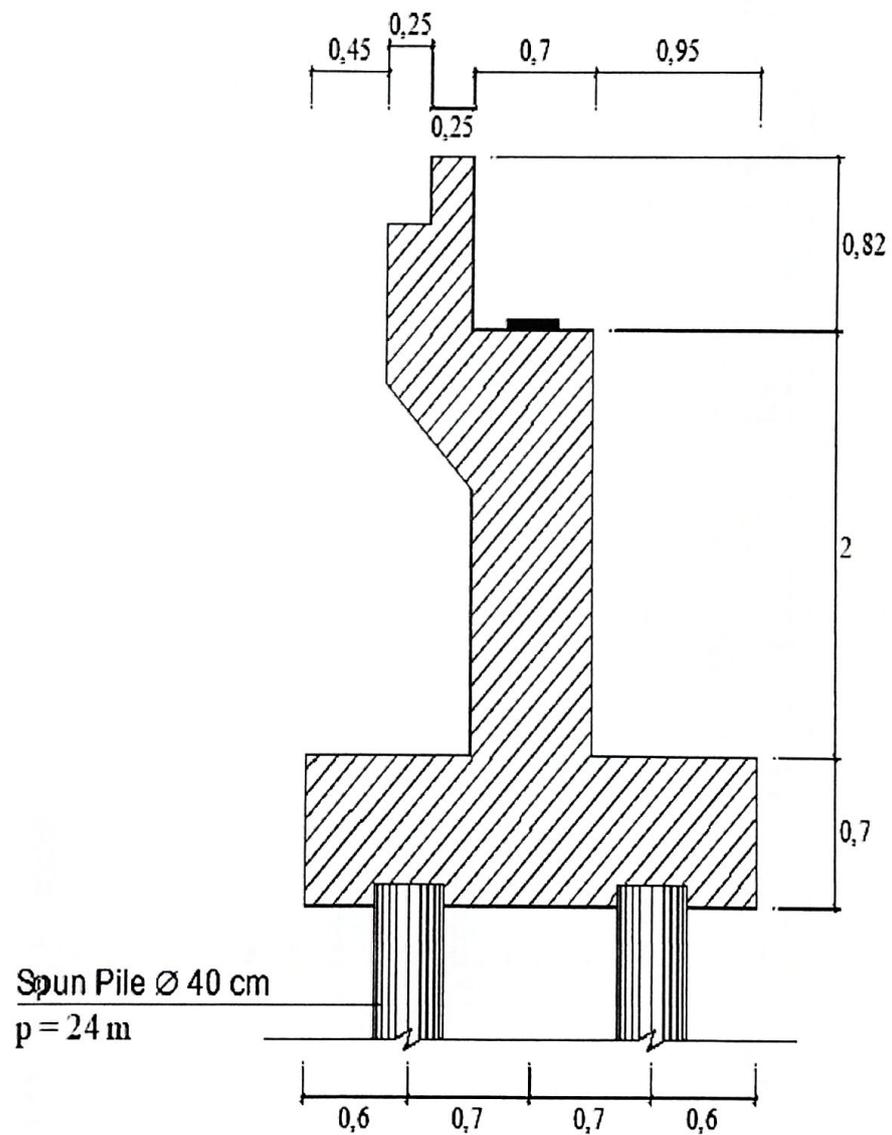


JURUSAN TEKNIK SIPIL

POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Alamat Jl. Bathin Alam, Sei. Alam, Bengkalis-Riau-Indonesia

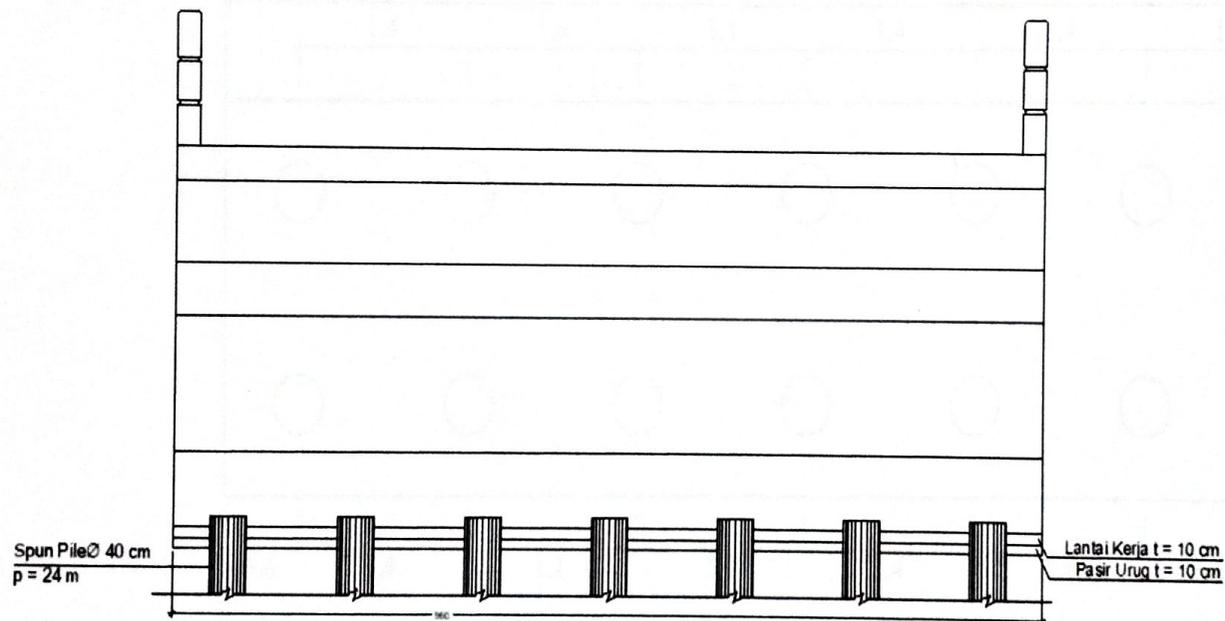
LAMPIRAN 6 – Tampak Samping Abutment





JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS
Alamat Jl. Bathin Alam, Sei. Alam, Bengkalis-Riau-Indonesia

LAMPIRAN 7- Tampak Depan Abutment

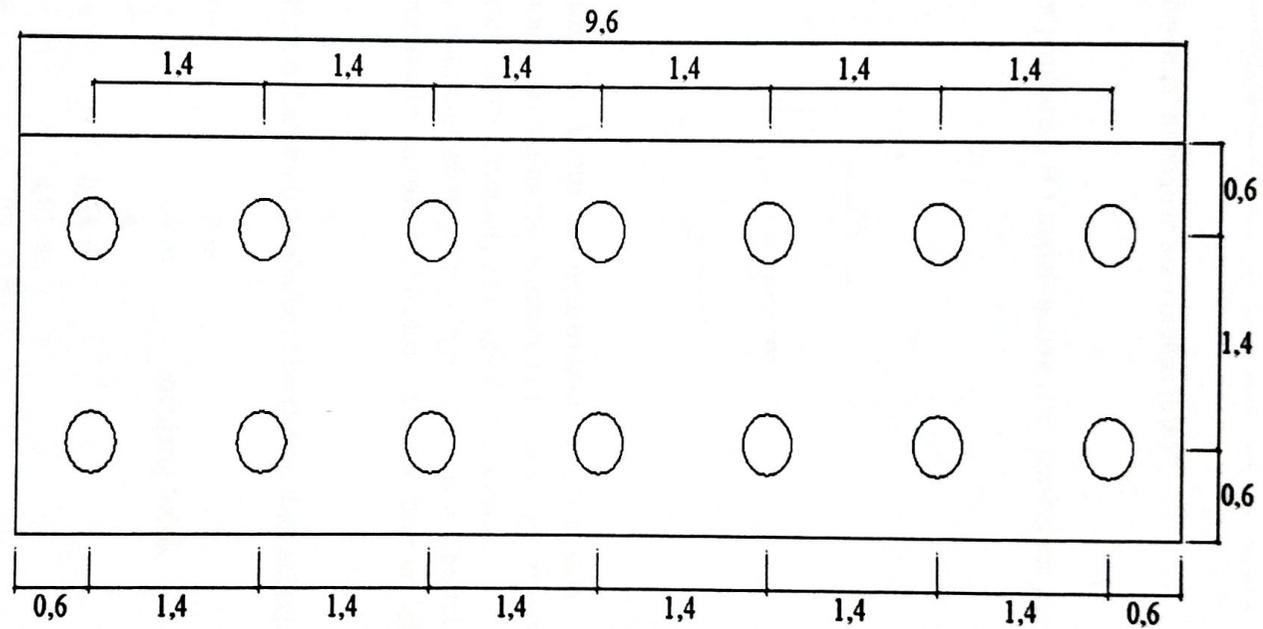




JURUSAN TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Alamat Jl. Bathin Alam, Sei. Alam, Bengkalis-Riau-Indonesia

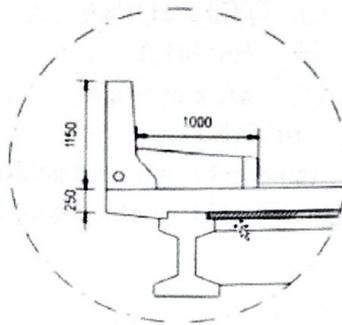
LAMPIRAN 8– Pondasi Abutment





LAMPIRAN 8 – Beban mati tambahan atau utilitas (MA)

Berdasarkan data struktur jembatan, Hitunglah beban mati tambahan yang bekerja pada



Beban mati tambahan terdiri dari komponen nonstruktur yang ada pada jembatan. Dari gambar potongan melintang jembatan di atas yang termasuk beban mati tambahan adalah beton barrier, trotoar, dan lapisan perkerasan.

Untuk menghitung beban mati tambahan pada gelagar, data yang diperlukan adalah dimensi penampang jembatan, dimensi trotoar, dimensi barrier, lebar jalan, dan berat jenis material.

Untuk menentukan besarnya beban mati tambahan diperlukan data sebagai berikut:

Lebar jalan	$W_r =$	7 m		
Panjang jembatan	$L_b =$	14 m	panjang balok	552
Jumlah gelagar	$n_g =$	4		
Tebal trotoar	$t_{tr} =$	0,25 m		
Tebal perkerasan	$t_a =$	0,05 m		
Berat jenis beton	$\gamma_c =$	$25 \frac{KN}{m^3}$		
Berat jenis aspal	$\gamma_a =$	$22 \frac{KN}{m^3}$		
CTC		2,1 m		

a. Beban mati tambahan yang bekerja yaitu :

1. Beban Barrier

Jumlah barrier	$n_b =$	1 sisi
Luas barrier	$A_b =$	0,37 m ²

Beban barrier

$$W_{br} = \gamma_c \times A_b \times n_b$$

$$9,25 \text{ KN/m}$$

129,5 KN.R Tumpuan (Ujung bentang -1 Bentang)

64,75 KN.R Tumpuan (Ujung bentang -1/2 Bentang)

2. Jumlah trotoar

$$n_{tr} = 2 \text{ sisi}$$

Luas trotoar

$$A_{tr} = 0,105 \text{ m}^2$$

Beban trotoar

$$W_{tr} = \gamma_c \times A_{tr} \times n_{tr}$$

$$5,25 \text{ KN/m}$$

73,5 KN.R Tumpuan (Ujung bentang -1 Bentang)

36,75 KN.R Tumpuan (Ujung bentang -1/2 Bentang)

3. Beban Aspal

Luas aspal

$$A_a = t_a \times CTC$$

$$0,105 \text{ m}^2$$

Beban aspal

$$W_a = \gamma_a \times A_a$$

$$2,31 \text{ KN/m}$$

32,34 KN.R Tumpuan (Ujung bentang -1 Bentang)

16,17 KN.R Tumpuan (Ujung bentang -1/2 Bentang)

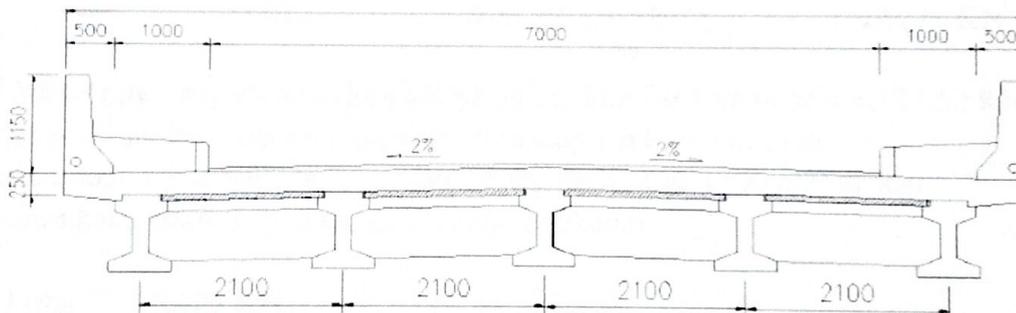


LAMPIRAN 9 – Gaya Akibat Rem (TB)

Gaya rem harus diambil yang terbesar dari:

1. 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata (BTR)
2. 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata (BTR)

Gaya rem harus di tempatkan di semua lajur rencana dan yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm di atas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan. Untuk jembatan yang di masa depan akan dirubah menjadi satu arah, maka semua lajur rencana harus dibebani secara simultan pada saat menghitung besarnya gaya rem. Faktor kepadatan lajur yang ditentukan pada Pasal 8.4.3 SNI 1725-2016 tentang pembebanan untuk jembatan berlaku untuk menghitung Hitung beban rem yang terjadi pada jembatan dengan 2 lajur dan terdiri dari 5 gelagar.



Jumlah lajur	$nL =$	1 Panjang jembatan	14 m
Jumlah gelagar	$ng =$	4 Beban terbagi rata	$9 \frac{KN}{m^2}$

Lebar jalan raya $W_r =$ 7 m

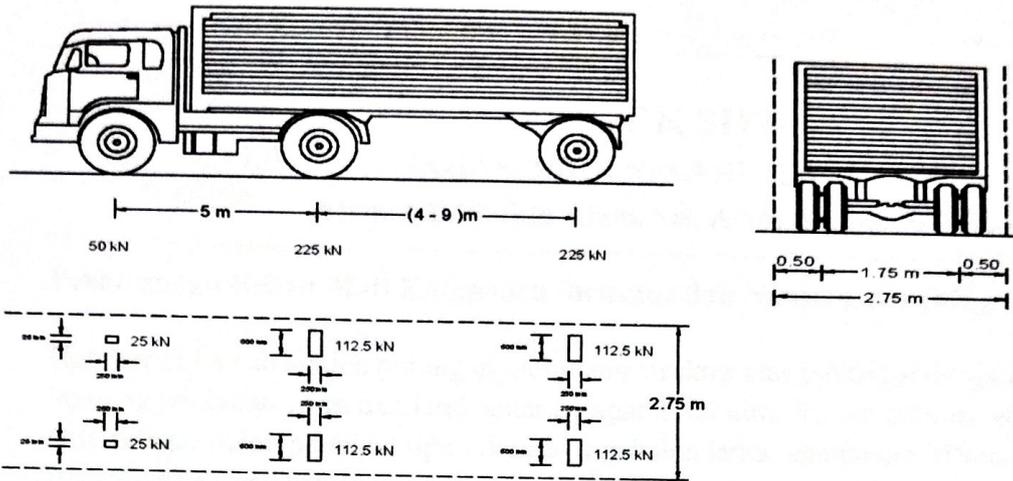
Beban BTR yang bekerja disemua lajur

$$PBTR = q_{BTR} \times W_r \times L_b = 882 \frac{KN}{m^2}$$

Beban rem yang bekerja pada jembatan untuk setiap gelagar diambil dari nilai terbesar dari 2 ketentuan berikut:

1. 25% dari berat gandar truk desain

Untuk mendapatkan pengaruh maksimum gunakan nilai berat gandar terbesar, pada perhitungan ini digunakan gandar belakang:



Berat gandar truk desain
 TB1 =
$$WT = \frac{0.25 \cdot nL \cdot Wr}{ng} = \frac{0.25 \cdot 225 \text{ KN}}{ng} = 22.5 \text{ KN}$$

2. 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata (BTR)
 Beban satu truk rencana PT = 500 KN

$$TB2 = 0.05 \left(\frac{PT \cdot nL + PBTR}{ng} \right) = 17.275 \text{ KN}$$

Jadi beban rem yang menentukan adalah akibat kondisi 1 yaitu sebesar 22.50 KN
 Dalam perhitungan pengaruh gaya rem terhadap struktur, gaya rem diaplikasikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm di atas permukaan jalan pada arah longitudinal jembatan.

TB_Long 5,625 KN
 MTB_Cross $12.5 \frac{KN}{m}$ Input Midas Momen Arah Cross (MY)



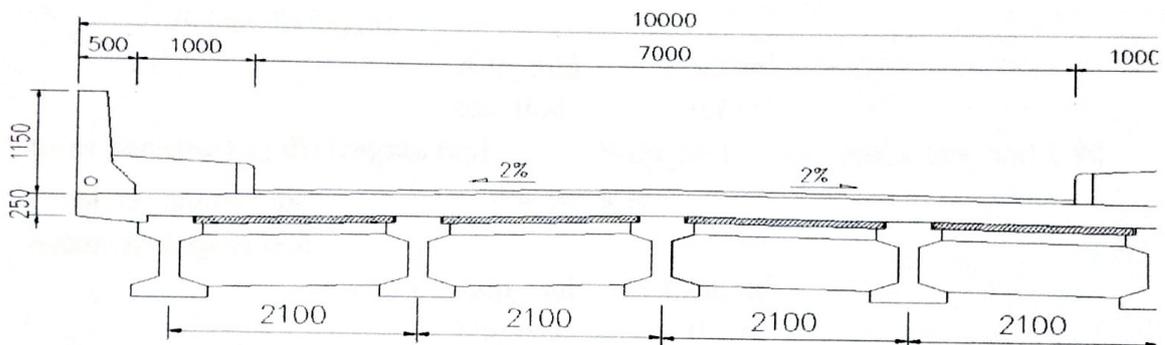
JURUSAN TEKNIK SIPIL

POLITEKNIK NEGERI BENGKALIS

Alamat Jl. Bathin Alam, Sei. Alam, Bengkalis-Riau-Indonesia

Perhitungan Beban Mati Komponen Struktur dan Nonstruktur (MS)

Gambar di bawah adalah potongan melintang struktur atas jembatan dengan bentang jembatan 14 m dan jarak antar gelagar 2100 mm. Sistem struktur atas terdiri dari gelagar beton pratekan tipe I dengan ketebalan lantai kendaraan 250 mm. Hitung berat sendiri yang bekerja pada gelagar.



Dari potongan melintang jembatan di atas dapat diketahui bahwa beban mati komponen struktur yang bekerja pada gelagar jembatan adalah berat sendiri gelagar, berat diafragma, berat RC plate dan pelat jembatan. Untuk berat sendiri yang bekerja pada gelagar jembatan dihitung berdasarkan lebar tributari pembebanan. Lebar tributari dapat diambil sebesar jarak antar gelagar. Untuk menghitung berat beban mati yang bekerja pada gelagar, data yang diperlukan adalah dimensi penampang jembatan dan berat jenis material.

Jarak antar gelagar	sg =	2,1 m
Tebal pelat	ts =	0,2 m
Bentang jembatan	Lb =	14 m
Berat jenis beton	$\gamma_c =$	25 KN/m ³

panjang balok 5,52 m

1. Beban pelat jembatan (dek) :

$$\text{Luas pelat} \quad Ad = sg \times ts$$
$$0,42 \quad \text{m}^2$$

$$\text{Beban pelat} \quad Ws = \gamma_c \times Ad$$
$$10,5 \quad \frac{\text{KN}}{\text{m}}$$

$$= 147 \text{ KN R.Tumpuan (Ujung Bentang -1 Bentang)}$$

$$= 73.5 \text{ KN R. Tumpuan (Ujung Bentang } \frac{1}{2} \text{ Bentang)}$$

2. Beban RC Plate

Lebar RC Plate	$W_{rcp} =$	1,68
Tebal RC Plate	$t_{rcp} =$	0,07
Beban RC Plate	$W_{rcp} = W_{rcp} \times t_{rcp} \times \gamma_c$	
		2,94 $\frac{KN}{m}$ m

= 41.16 KN. R Tumpuan (Ujung Bentang -1 Bentang)

= 20.58 KN. R Tumpuan (Ujung Bentang ½ Bentang)

3. Beban Diafragma

Luas penampang diafragma tengah

Tebal diafragma tengah

Beban diafragma

$$Adp_mid = 1,072 \text{ m}^2$$

$$tdp_mid = 0,2 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas penampang diafragma tepi} \quad Wdp_mid = Adp_mid \times tdp_mid \times \gamma_c$$

$$\text{Tebal diafragma tepi} \quad 5,360 \text{ KN}$$

Beban diafragma tepi

$$Adp_end = 1,236 \text{ m}^2$$

$$tdp_end = 0,5 \text{ m}^2$$

$$\text{Jumlah diafragma Tengah} \quad Wdp_end = Adp_end \times tdp_end \times \gamma_c$$

$$15,450 \text{ KN}$$

Jumlah diafragma Tepi

1 Buah

$$5,36 \text{ KN}$$

Total diafragma (3 Buah)

2 Buah

$$30,900 \text{ KN}$$

4. Beban gelagar

432,6 KN.R Tumpuan (Ujung bentang -1

$$\text{Luas gelagar} \quad Ag = 0,0246 \text{ m}^2$$

865,2 KN.R Tumpuan (Ujung

$$\text{Beban gelagar} \quad Wg = \gamma_c \times Ag = 0,615$$

$$8,61$$

$$17,22 \text{ KN/m}$$

MS total

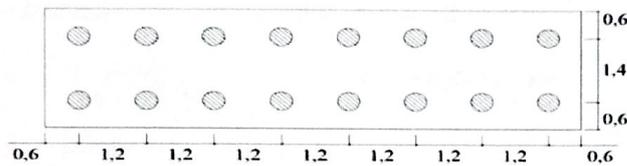
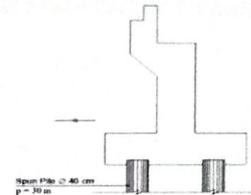
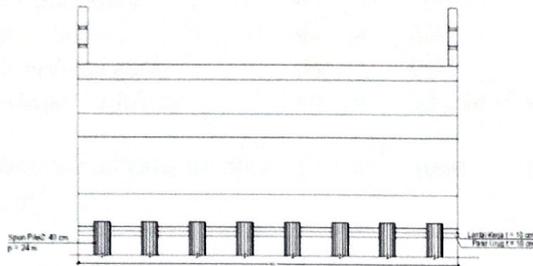
120,54 KN.R Tumpuan (Ujung bentang -1 Bentang)

241,08 KN.R Tumpuan (Ujung bentang -1/2 Bentang)



LAMPIRAN 7 – Abutment tipe dinding

1. Data struktur abutment



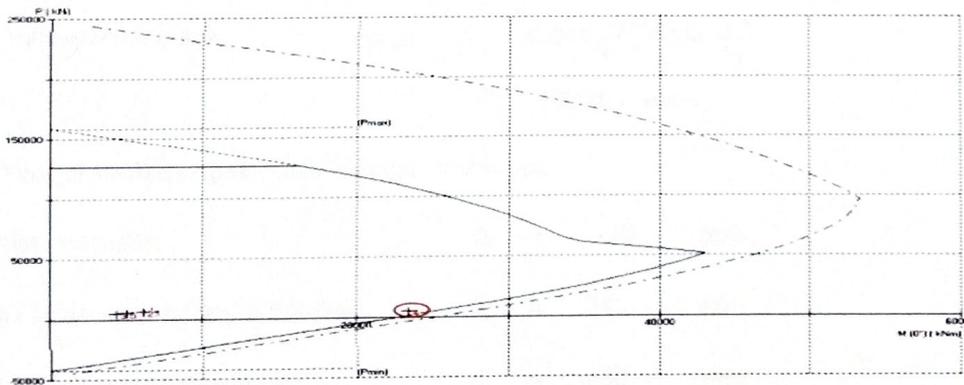
2. Desain tulangan vertikal abutmen

Summary data Envelope ULS - Midas Civil

Vertical	:	6326,75 kN
Horizontal-x	:	531,98 kN
Momen-x	:	1565,04 kN

Horizontal-y	:	3365,65 kN
Momen-y	:	402,12 kN

Tulangan vertikal Abutment dihitung dengan diagram interaksi



Setiap kombinasi beban P_u dan M_u yang berada dalam diagram interaksi menandakan penampang Abutmen dapat memikul beban yang terjadi. Diagram interaksi di atas merupakan diagram interaksi penampang abutment menggunakan tulangan utama D32-150 mm (A8 dan A9)

3. Desain tulangan geser abutmet

Arah Longitudinal

Mutu Beton	f'_c	=	30	MPa
Mutu Baja	f_y	=	420	Mpa
Lebar Penampang	b	=	9600	mm
Tebal Penampang	h	=	700	mm
Tinggi Efektif	d_e	=	650	mm
Faktor reduksi geser	ϕ_v	=		
Gaya Geser Terfaktor	V_u	=		

jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik, mm.

Tulangan transversal yang ditinjau per jarak 1 m

s	=	2
	=	5696,31 kN

Setiap kombinasi beban Pu dan Mu yang berada dalam diagram interaksi menandakan penampang Abutmen dapat memikul beban yang terjadi. Diagram interaksi di atas merupakan diagram interaksi penampang abutment menggunakan tulangan utama D32-150mm (A8 dan A9).

3. Desain tulangan geser *abutmet*

Arah Longitudinal

Mutu Beton	$f_c = 30$	MPa	
Mutu Baja	$f_y = 420$	Mpa	
Lebar Penampang	$b = 9600$	mm	
Tebal Penampang	$h = 700$	mm	
Tinggi Efektif	$d_e = 650$	mm	jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
Faktor reduksi geser	$\Phi_v = 0,75$		
Gaya Geser Terfaktor	$V_u = 531,98$	kN	

Tulangan transversal yang ditinjau per jarak 1 m $s = 1000$ mm

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton

Faktor Indikasi $\beta = 2$

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f_c} b_v d_e = 5696,31 \text{ kN}$$

$$V_u < 0.5 \cdot \phi_v \cdot V_c$$

$$0.5 \cdot \phi_v \cdot V_c = 2136,12$$

$$531,98 < 2136,12$$

$$V_u < V_c$$

Tidak Perlu diperhitungkan Tulangan Geser

jika perlu tul Geser Menggunakan Pers. di kotal

Kekuatan geser yang disumbangkan oleh tulangan	$V_s = \frac{V_u}{\Phi_v} - V_{c1} =$	N
Luas tulangan yang diperlukan	$A_v = \frac{V_s \cdot S}{f_y \cdot d_e} =$	mm

Luas Tulangan minimum $A_{v,min} = 0.083 \sqrt{f_c} \text{ MPa} \cdot \frac{b \cdot s}{f_y}$
 $= 10391,1 \text{ mm}^2$

Luas Yang digunakan adalah Luas Tulangan minimum

Digunakan tulangan $D_s = 13$ mm

Dicoba Jarak antar tulangan Vertikal $S_v = 240$ mm

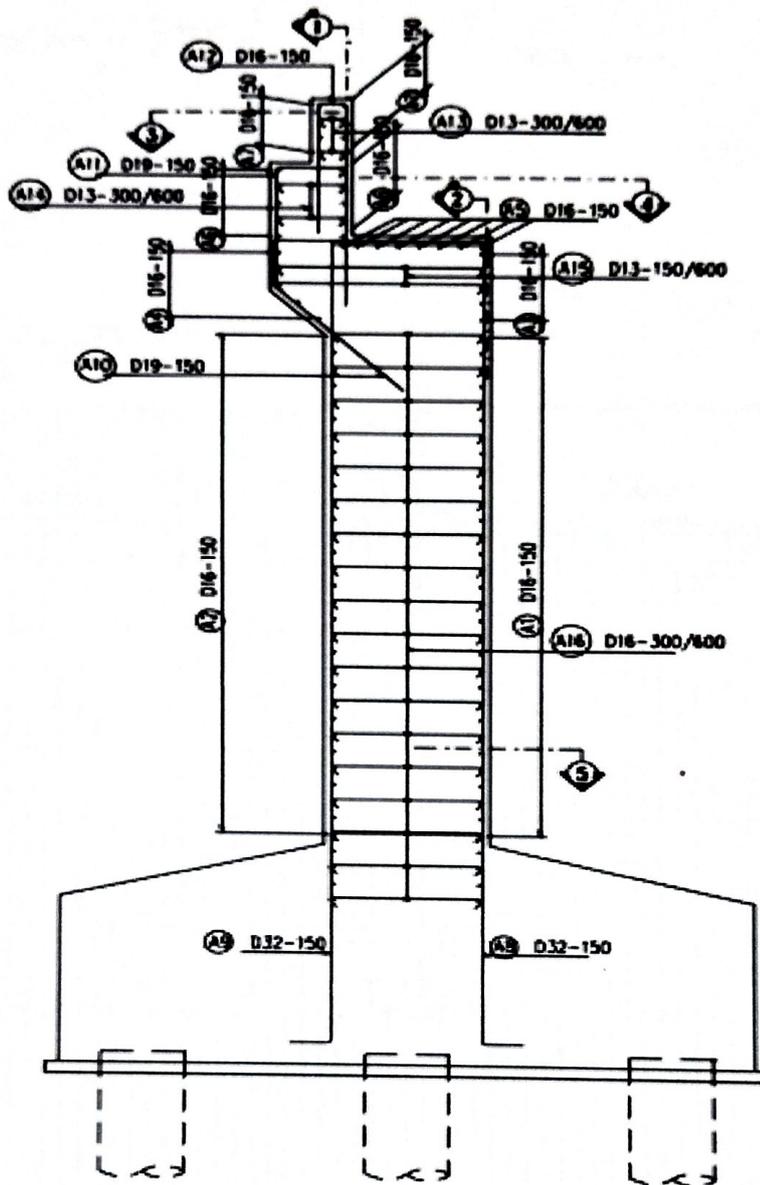
Dicoba jarak antar tulangan hor. $s_h = 480$ mm

Luas Tulangan Terpakai :

$$A_{v_use} = \frac{1}{4} \pi \cdot D_s^2 \cdot \left(\frac{b}{s_h} \right) \cdot \left(\frac{s}{s_v} \right) = 11055,4 \text{ mm}^2$$

Periksa : $A_{v_use} > A_{v,min}$
 $11055,4 > 10391,1$

Maka digunakan D13-300/600Oke
Maka digunakan D16-300/600 (A16)



Gambar penulangan abutment arah longitudinal

c). Desain tulangan transversal abutmen

Gaya Geser Terfaktor

$$V_u = 531,98 \text{ kN} \quad \text{Output MIDAS}$$

Faktor Reduksi

$$\phi_v = 0,75$$

Tulangan transversal yang ditinjau per jarak 1 m

$$s = 1000$$

Kuat geser yang disumbangkan oleh beton

$$V_c = \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_v d_e$$

$$= 5696,31$$

$$V_u > 0.5 \cdot \phi_v \cdot V_c$$

$$0.5 \cdot \phi_v \cdot V_c = 2136,12 \text{ kN}$$

$$531,98 < 2136 \text{ kN}$$

Maka digunakan tulangan minimum

Luasan tulangan minimum

$$A_{v,\min} = 0.083 \sqrt{f'_c \cdot \text{MPa}} \cdot \frac{b \cdot s}{f_y}$$

$$= 10391 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan

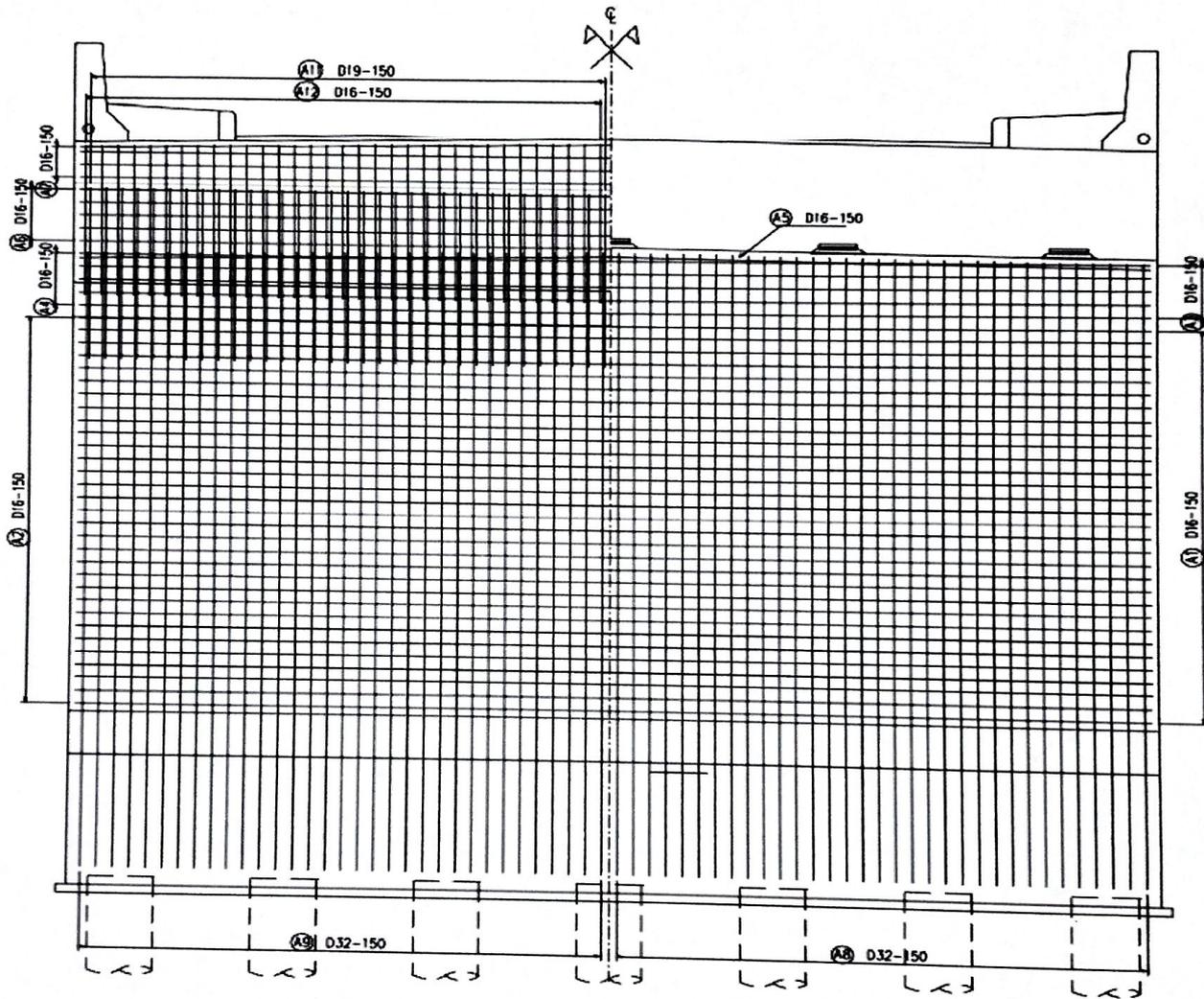
$$D_s = 13 \text{ mm}$$

di coba jarak antara tulangan

$$Stul = 120 \text{ mm}$$

$$A_{v_use} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D_s^2 \cdot \left(\frac{b}{s.tul} \right) = 10613 \text{ mm}^2$$

Periksa : $A_{v_use} > A_{v_min}$
 Maka digunakan D16-150 (A1 dan A2)



POTONGAN 1-1
 SKALA 1 : 50

POTONGAN 2-2
 SKALA 1 : 50

Gambar tulangan transversal abutment