

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KAPASITAS DAN LENDUTAN PADA
DIAFRAGMA JEMBATAN KWERITOR
MENGUNAKAN PERATURAN
PEMBEBANAN SNI 1725:2016
(*ANALYSIS OF CAPACITY AND DEFLECTION ON
THE DIAPHRAGM OF KWERITOR BRIDGE USING
LOADING REGULATIONS SNI 1725:2016*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Zha Zha Noor Zavitri
18511211**

**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2022**

TUGAS AKHIR

ANALISIS KAPASITAS DAN LENDUTAN PADA DIAFRAGMA JEMBATAN KWERITOR MENGUNAKAN PERATURAN PEMBEBANAN SNI 1725:2016 (*ANALYSIS OF CAPACITY AND DEFLECTION ON THE DIAPHRAGM OF KWERITOR BRIDGE USING LOADING REGULATIONS SNI 1725:2016*)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

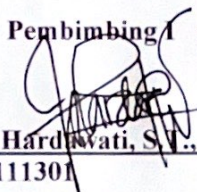
Disusun oleh:

Zha Zha Noor Zavitri
18511211


Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 27 Oktober 2022
Oleh Dewan Penguji

Pembimbing I 3.11/22


Astriana Hardiwati, S.T., M.Eng.
NIP: 165111301

Penguji I


Malik Mushthofa, S.T., M.Eng.
NIP: 185111302

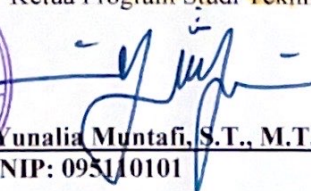
Penguji II


Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T.
NIP: 185111304

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil




Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng.
NIP: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan bahwa sesungguhnya laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 4 November 2022



Zha Zha Noor Zavitri
(18511211)

KATA PENGANTAR

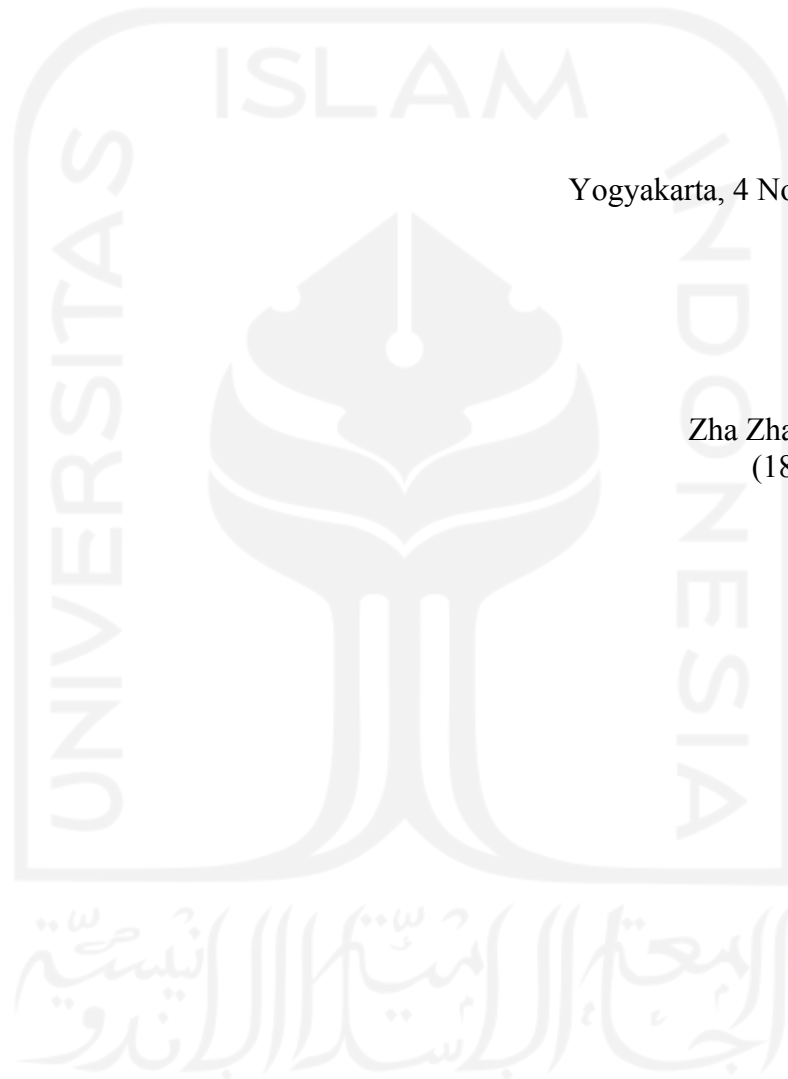
Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT Yang Maha Esa atas karunia dan rahmatnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Analisis Kapasitas dan Lendutan Pada Diafragma Jembatan Kweritor Menggunakan Peraturan Pembebanan SNI 1725:2016*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Ibu Astriana Hardawati, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terima kasih atas bimbingan, nasihat, saran serta dorongan yang diberikan selama penulis menyusun Tugas Akhir ini,
3. Bapak Malik Mushthofa, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji I.
4. Bapak Anggit Mas Arifudin, S.T., M.T selaku Dosen Penguji II.
5. Bapak Maryoes, S.E. dan Ibu Nurmudiyah, S.E., M.M selaku orang tua dari penulis yang telah mendukung dan mendoakan dengan penuh kasih sayang hingga selesainya Tugas Akhir ini,
6. Uni dan Ade yang bersedia mendengarkan keluh kesah dan menghibur penulis hingga selesainya Tugas Akhir ini,
7. Anandityo Rama Aji yang telah memberikan dukungan, doa, dan support kepada penulis untuk menyusun Tugas Akhir dari awal sampai akhir,

8. Dayu, Zaneta, Riski, Dani, Bagus, Adhi dan teman-teman Teknik Sipil Angkatan 2018 lainnya yang telah memberikan tenaga dan semangat hingga selesainya penulisan Tugas Akhir ini.

Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.



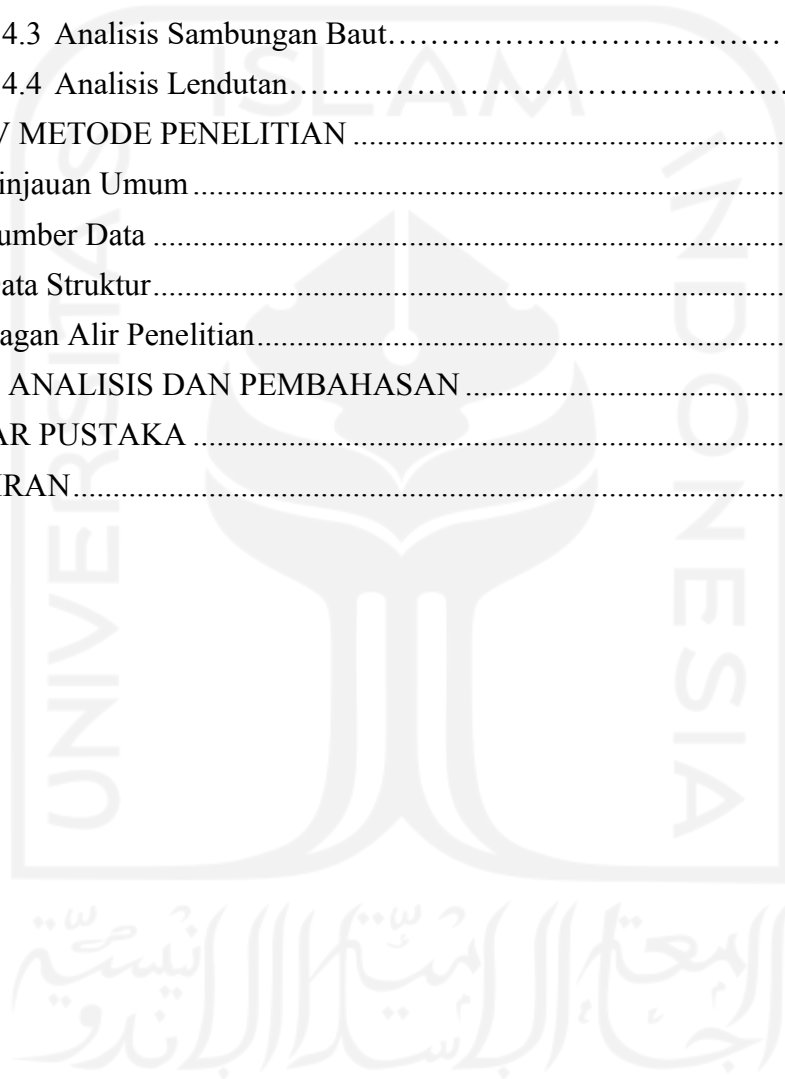
Yogyakarta, 4 November 2022
Penulis,

Zha Zha Noor Zavitri
(18511211)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR NOTASI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Tinjauan Penelitian Terdahulu	8
2.3 Keaslian Penelitian	10
BAB III LANDASAN TEORI	15
3.1 Tinjauan Umum	14
3.2 Jembatan Komposit dengan <i>Intermediate Bracing</i>	16
3.2.1 Bagian-Bagian Konstruksi Jembatan Girder komposit	17
3.2.2 Kelebihan dan Kekurangan Struktur Komposit	20
3.3 Pembebanan Pada Jembatan Berdasarkan SNI 1725:2016	17
3.3.1 Beban Mati	17
3.3.2 Aksi Lingkungan	19

3.3.3 Kombinasi Beban dan Faktor Beban	26
3.4 Analisis Keamanan Struktur Atas Jembatan Komposit Berdasarkan RSNI T-03-2005	32
3.4.1 Sifat Material Baja	32
3.4.1 Analisis Struktur Tarik	33
3.4.2 Analisis Struktur Tekan	34
3.4.3 Analisis Sambungan Baut	40
3.4.4 Analisis Lendutan	41
BAB IV METODE PENELITIAN	42
4.1 Tinjauan Umum	42
4.2 Sumber Data	42
4.3 Data Struktur	43
4.4 Bagan Alir Penelitian	44
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN	46
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN	xvi



DAFTAR NOTASI

γ_{MS}	= Faktor Beban Akibat Berat Sendiri
$\gamma^S MS$	= Keadaan Batas Layanan Akibat Berat Sendiri
$\gamma^U MS$	= Keadaan Batas Ultimit Akibat Berat Sendiri
ΔT	= Simpangan Akibat Temperature
α	= Koefisien Muai Temperature (mm/mm/°C)
V_{DZ}	= Kecepatan Angin Rencana Pada Elevasi Rencana, Z (km/jam)
V_{10}	= Kecepatan Angin Pada Elevasi 10000 mm di Atas Permukaan Air Rencana Atau Permukaan Tanah (km/jam)
V_O	= Kecepatan Gesekan Angin (km/jam)
V_B	= Kecepatan Angin Rencana Yaitu 90 Sampai 126 (km/jam)
Z	= Elevasi Struktur Dimana Beban Angin Dihitung ($Z > 10000$ mm)
Z_O	= Panjang Gesekan Di Hulu Jembatan (mm)
P_B	= Tekanan Angin Dasar (Mpa)
E_Q	= Gaya Gempa Horizontal (kN)
C_{sm}	= Koefisien Respon Gempa Elastis
R_d	= Faktor Modifikasi Respon
W_t	= Berat Total Struktur (kN)
Q	= Gaya
η_i	= Faktor Pengubah Respon
γ_i	= Faktor Beban
Q_i	= Gaya Atau Beban Yang Bekerja Pada Jembatan
f_u	= Tegangan Putus Minimum
f_y	= Tegangan Leleh minimum
N_u	= Kuat Tarik Nominal (N)
N_n	= Kuat Tarik Perlu yang Merupakan Gaya Aksial Tarik Akibat Beban Terfaktor (N)
N_y	= Gaya Tekan Aksial yang Menyebabkan Kolom Mengalami Tegangan Leleh (N)

A_g	= Luas Penampang Bruto (mm^2)
A_e	= Luas Penampang Efektif (mm^2)
A	= Luas Penampang (mm^2)
U	= Faktor Reduksi (mm)
L	= Panjang sambungan dalam arah gaya tarik (mm)
A_{nt}	= Luas Penampang Netto Terkecil (mm^2)
t	= Tebal Penampang (mm)
d	= Diameter Lubang Baut (mm)
n	= Banyaknya Lubang Dalam Garis Potongan Penampang
λ	= Kelangsingan Komponen Struktur Tekan
λ_r	= Kelangsingan Elemen Penampang
λ_s	= Kelangsingan Pada Arah Tegak Lurus Sumbu x-x
λ_p	= Batas Maksimum Untuk Penampang Kompak
λ_c	= Parameter Kelangsingan
f_r	= Tegangan Tekan Residual Pada Pelat Sayap
f_y	= Tegangan Leleh Minimum (MPa)
f_{yf}	= Tegangan Pelat Sayap
k_c	= Faktor Kelangsingan Pelat Badan
F_r	= Tegangan Sisa (MPa)
E	= Modulus Elastisitas Baja (MPa)
E_{cj}	= Modulus Elastisitas Beton pada Umur Tertentu
M^*	= Kuat Lentur Rencana
M_s	= Kuat Lentur Nominal Penampang (Nmm)
h_{cp}	= Tinggi Badan Profil Baja yang Tertekan pada Perhitungan Plastis (mm)
t_w	= Ketebalan Pelat Badan Profil Pelat Baja (mm)
M_n	= Kuat Lentur (Nmm)
M_r	= Momen Batas Tekuk (Nmm)
M_p	= Momen Lentur yang Menyebabkan Seluruh Penampang Mengalami Tegangan Leleh (Nmm)
V_L^*	= Gaya Geser Longitudinal Rencana Persatua Panjang pada Salah Satu

Keadaan Batas Ultimit (N)

V_{Ls} = Gaya Geser Izin (N)

V_{su} = Kapasitas Geser Karakteristik Penghubung Geser (N)

ϕ = Faktor Reduksi Kekuatan



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis-Jenis Beban Pada Jembatan	6
Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu	11
Tabel 3.1 Berat Isi Untuk Beban Mati	17
Tabel 3.2 Faktor Beban untuk Berat Sendiri.....	18
Tabel 3.3 Temperatur Jembatan Rata-rata Nominal	19
Tabel 3.4 Nilai V_0 dan Z_0 untuk Berbagai Variasi Konsisi Permukaan Hulu	21
Tabel 3.5 Tekanan Angin Dasar.....	21
Tabel 3.6 Faktor Amplifikasi untuk F_{PGA} dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a)	24
Tabel 3.7 Faktor Amplifikasi untuk Periode 1 detik (F_v).....	24
Tabel 3.8 Faktor Modifikasi Respon (R) untuk hubungan antar elemen struktur	26
Tabel 3.9 Kombinasi Beban dan Faktor Beban	27
Tabel 3.10 Sifat Mekanis Baja Struktural	32
Tabel 3.11 Faktor Reduksi untuk Keadaan Batas Ultimit.....	34
Tabel 3.12 Perbandingan Maksimum Lebar Terhadap Tebal	36
Tabel 3.13 Gaya Tarik Baut Minimum	41
Tabel 3.14 Luas Baut	41
Tabel 4.1 Data Jembatan Kweritor.....	43
Tabel 5.1 Rekapitulasi Gaya Aksial Rangka Vertikal	56
Tabel 5.2 Rekapitulasi Gaya Aksial Rangka Horizontal	58
Tabel 5.3 Rekapitulasi Gaya Aksial Rangka Diagonal.....	61
Tabel 5.4 Rekapitulasi Hasil Analisis Keamanan Gaya Dalam	75
Tabel 5.5 Batasan Lendutan Teradap Hasil Analisa	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Penampang Melintang Jembatan Kweritor	17
Gambar 3.2 Bagian-Bagian Jembatan	18
Gambar 3.3 Abutment Jembatan	19
Gambar 3.4 Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar (PGA) untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun	22
Gambar 3.5 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 Detik di batuan Dasar (S _s) untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun	23
Gambar 3.6 Peta Respon Spektra Percepatan 1 Detik di Batuan Dasar (S ₁) untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun	23
Gambar 5.1 Potongan Melintang Jembatan Kweritor	45
Gambar 5.1 Beban MS	49
Gambar 5.2 Beban Eu	49
Gambar 5.3 Beban EWs	50
Gambar 5.4 Abutment Jembatan Kweritor	52
Gambar 5.5 Beban EQ	54
Gambar 5.6 Nilai Gaya Tekan Maksimum Rangka Vertikal	64
Gambar 5.7 Nilai Gaya Tarik Maksimum Rangka Vertikal	66
Gambar 5.8 Nilai Gaya Tekan Maksimum Rangka Horizontal	68
Gambar 5.9 Nilai Gaya Tarik Maksimum Rangka Horizontal	70
Gambar 5.10 Nilai Gaya Tekan Maksimum Rangka Diagonal	72
Gambar 5.11 Nilai Gaya Tarik Maksimum Rangka Diagonal	74
Gambar 5.12 Lendutan Jembatan	76

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Sap 2000

Lampiran 2 Data Jembatan

80



ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk di wilayah Papua menduduki peringkat pertama di seluruh Indonesia pada tahun 2020. Salah satu infrastruktur yang mendukung pertumbuhan di wilayah Papua adalah jembatan. Hal tersebut menjadi salah satu pertimbangan dalam perubahan sistem pembebanan pada jembatan. Sehingga pada tahun 2016 Direktorat Jendral Binamarga menerbitkan peraturan terbaru yaitu SNI 1725:2016 Pembebanan Untuk Jembatan.

Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan penelitian terhadap diafragma (rangka) Jembatan Kweritor yang berlokasi di ruas jalan Nimbotong Sarmi, Kabupaten Jayapura, Papua. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui apakah diafragma (rangka) Jembatan Kweritor gaya dalam yang bekerja memenuhi persyaratan apabila menggunakan peraturan pembebanan SNI 1725:2016.

Hasil analisis gaya dalam pada diafragma Jembatan Kweritor didapatkan aksi tarik rangka vertikal memenuhi, rangka horizontal tidak memenuhi dan rangka diagonal tidak memenuhi. Selanjutnya pada aksi tekan rangka vertikal memenuhi, rangka horizontal memenuhi dan rangka diagonal tidak memenuhi. Sedangkan pada analisis lendutan diafragma memenuhi persyaratan pada semua jenis kombinasi Sambungan baut yang mengalami tarik dan jumlah minimum baut dalam kondisi aman.

Kata kunci: Diafragma, Pembebanan SNI 1725:2016, Gaya Dalam.

ABSTRACT

Population growth in the Papua region was ranked first in all of Indonesia in 2020. One of the infrastructures that support growth in the Papua region is the bridge. This is one of the considerations in changing the loading system on the bridge. So that in 2016 the Directorate General of Highways issued the latest regulation, namely SNI 1725:2016 Loading for Bridges.

Based on this, a study was conducted on the diaphragm (frame) of the Kweritor Bridge located on the Nimbotong Sarmi road, Jayapura Regency, Papua. The purpose of this study was to determine whether the diaphragm (frame) of the working internal force Kweritor Bridge meets the requirements when using the loading regulations of SNI 1725:2016.

The results of the analysis of internal forces on the diaphragm of the Kweritor Bridge obtained that the tensile action of the vertical truss met, the horizontal truss did not meet and the diagonal truss did not meet. Furthermore, in the compression action, the vertical truss fulfills, the horizontal truss fulfills and the diagonal truss does not meet. Meanwhile, the diaphragm deflection analysis fulfills the requirements for all types of combinations. Bolted connections are subject to tension and the minimum number of bolts is in a safe condition

Keywords: *Diaphragm, Loading SNI 1725:2016, Internal Forces.*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk di wilayah timur Indonesia menjadi salah satu persoalan yang sangat diperhatikan oleh pemerintahan Indonesia. Berdasarkan data sensus penduduk yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah penduduk wilayah Provinsi Papua pada tahun 2020 tercatat 4,3 juta jiwa atau meningkat 1,47 juta jiwa apabila dibandingkan dengan jumlah penduduk pada tahun 2010. Hal tersebut menyebabkan wilayah Papua menduduki peringkat pertama di seluruh Indonesia dalam pertumbuhan penduduk pada tahun 2020.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) berkomitmen untuk mewujudkan pembangunan infrastruktur yang mendukung pertumbuhan di wilayah Provinsi Papua. Salah satu infrastruktur yang mendukung pertumbuhan di wilayah Provinsi Papua adalah jembatan. Harapannya dengan adanya jembatan tersebut pemerataan pembangunan untuk peningkatan kesejahteraan masyarakat dan pemenuhan kebutuhan serta pelayanan dengan dukungan infrastruktur dapat terwujud.

Seiring berjalannya waktu, perkembangan teknologi dan penggunaan jembatan di wilayah Indonesia semakin meningkat. Hal tersebut menjadi salah satu pertimbangan dalam perubahan sistem pembebanan pada jembatan. Pertimbangan yang diambil yakni akibat peningkatan jumlah kendaraan yang lewat, beban kendaraan yang semakin besar, dan kondisi alam yang telah berubah. Perkembangan tersebut didukung dengan peraturan standarisasi nasional atau yang dikenal dengan Standart Nasional Indonesia (SNI) yang terbaru. SNI pembebanan terbaru yang digunakan untuk Jembatan adalah SNI 1725:2016. Namun terdapat beberapa jembatan yang masih beroperasi hingga saat ini yang berdasar pada RSNI T-02-2005 sebagai panduan dalam penerapan pembebanan pada jembatan.

Terdapat beberapa perubahan pada RSNI T-02-2005 dengan SNI 1725:2016 yaitu penyebaran beban lajur “D” dalam arah melintang jembatan yang dilakukan untuk memperoleh momen dan geser tidak perlu dilakukan kembali, distribusi beban truk dengan mempertimbangkan nilai S (jarak rata-rata antara balok memanjang) tidak perlu dilakukan lagi, faktor beban dinamik (FBD) tidak perlu diterapkan pada beban pejalan kaki atau beban terbagi rata (BTR), terdapat jenis pembebanan baru yang akan diperhitungkan yakni beban fatik, SNI 1725:2016 mengasumsikan angin rencana dengan kecepatan dasar (V_B) sebesar 90 s/d 126 km/j yang sangat berbeda dengan peraturan sebelumnya dan penerapan kombinasi beban pada peraturan baru terdapat 11 kombinasi yang diperhitungkan.

Direktorat Jendral Binamarga menerbitkan surat edaran pada bulan juli 2017 dengan No. 05/SE/Db/2017 yang menerangkan bahwa seluruh kegiatan perencanaan jembatan wajib menggunakan standar pembebanan yang baru yakni SNI 1725:2016. Sehingga para *engineer* dituntut untuk mampu mengaplikasikan peraturan yang terbaru pada perencanaan jembatan selanjutnya secara tepat dan efisien. Selain itu, jembatan yang dibangun dengan pembebanan lama sebaiknya dilakukan pengecekan tingkat keamanannya terhadap peraturan baru yang berlaku.

Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa perhitungan struktur pada jembatan yang menggunakan pembebanan RSNI T-02-2005 perlu dilakukan pengecekan tingkat keamanannya terhadap pembebanan SNI 1725:2016. Pada penelitian ini penulis akan menganalisis jembatan baja girder komposit menggunakan diafragma (rangka) pada Jembatan Kweritor yang berlokasi di ruas jalan Nimbotong Sarmi, Kabupaten Jayapura, Papua menggunakan pembebanan SNI 1725:2016.

Jembatan Kweritor yang dibangun pada Januari 2016 merupakan jembatan tipe baja girder komposit menggunakan diafragma (rangka) yang memiliki panjang 30 m dan lebar 9 m. Jembatan Kweritor dibangun menggunakan peraturan pembebanan RSNI T-02-2004. Berdasarkan klasifikasi jembatan yang mengacu pada peraturan Direktorat Jendral Binamarga Jembatan Kweritor dikategorikan sebagai Jembatan Permanen Kelas A. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keamanan diafragma (rangka) pada Jembatan Kweritor. Pembebanan

mengacu pada peraturan Pembebanan Untuk Jembatan (SNI 1725:2016), beban gempa yang bekerja pada struktur jembatan mengacu pada peraturan Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa (SNI 2883:2016) dan analisis gaya dalam pada diafragma (rangka) berupa analisis tekan, tarik, lendutan dan analisis kapasitas diafragma maupun sambungan baut mengacu pada peraturan Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan (RSNI T-03-2005).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana hasil perhitungan analisis tarik,tekan dan lendutan pada diafragma (rangka) Jembatan Kweritor dengan perhitungan beban yang mengacu pada peraturan pembebanan SNI 1725:2016?
2. Apakah dari hasil perhitungan analisis tarik,tekan dan lendutan pada diafragma (rangka) Jembatan Kweritor sudah memenuhi persyaratan pada peraturan perencanaan struktur baja RSNI T-03-2005?
3. Bagaimana kondisi kapasitas sambungan baut pada struktur rangka (diafragma) Jembatan Kweritor?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui hasil perhitungan analisis tarik,tekan dan lendutan pada diafragma (rangka) Jembatan Kweritor dengan perhitungan beban yang mengacu pada peraturan pembebanan SNI 1725:2016.
2. Mengetahui hasil perhitungan analisis tarik,tekan dan lendutan pada diafragma (rangka) Jembatan Kweritor sudah atau belum memenuhi persyaratan peraturan perencanaan struktur baja RSNI T-03-2005.
3. Mengetahui kondisi kapasitas sambungan baut struktur rangka (diafragma) Jembatan Kweritor.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui hasil perhitungan analisis tarik,tekan dan lendutan pada diafragma (rangka) Jembatan Kweritor dengan perhitungan beban yang mengacu pada peraturan pembebanan SNI 1725:2016.
2. Dapat mengetahui hasil perhitungan analisis tarik,tekan dan lendutan pada diafragma (rangka) Jembatan Kweritor sudah atau belum memenuhi persyaratan peraturan perencanaan struktur baja RSNI T-03-2005.
3. Dapat mengetahui kondisi kapasitas sambungan baut diafragma (rangka) Jembatan Kweritor.
4. Diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu referensi untuk penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian digunakan agar penelitian ini tidak menyimpang dari tujuan-tujuannya, maka diberikan Batasan-batasan sebagai berikut:

1. Struktur jembatan yang akan di analisis adalah struktur rangka (diafragma) Jembatan Kweritor yang berlokasi di ruas jalan Nimbotong Sarmi, Kabupaten Jayapura, Papua sebagai objek penelitian.
2. Tidak menganalisis gelagar jembatan.
3. Perhitungan pembebanan menggunakan peraturan Pembebanan untuk Jembatan (SNI 1725:2016).
4. Beban gempa ditinjau menggunakan peraturan Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa (SNI 2883:2016).
5. Perhitungan gaya dalam pada struktur rangka jembatan berupa analisis struktur tarik, analisis struktur tekan serta analisis lendutan yang bekerja pada struktur rangka (diafragma) Jembatan Kweritor yang mengacu pada peraturan Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan (RSNI T-03-2005).
6. Tidak menganalisa harga satuan dan rancangan anggaran biaya (RAB).
7. Tidak meninjau metode pelaksanaan proyek secara keseluruhan (realisasi jembatan).

8. Analisa perhitungan menggunakan aplikasi *microsoft excel* dan SAP 2000.
9. Permodelan diafragma diasumsikan dua dimensi (2D)
10. Permodelan diasumsikan tidak menginput sambungan baut
11. Analisis diafragma diasumsikan bekerja seperti simple beam
12. Penggunaan tumpuan diasumsikan menggunakan rangka baja sederhana



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Perkembangan transportasi di Indonesia semakin pesat, sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan perkembangan teknologi. Dalam perkembangannya salah satu hal yang berperan penting adalah infrastruktur. Infrastruktur memiliki peran penting dalam mendukung kegiatan ekonomi, budaya dan informasi pada suatu daerah. Salah satunya adalah jembatan. Jembatan adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menghubungkan suatu lintasan transportasi yang terpisah akibat sungai, rawa, danau dan perlintasan lainnya.

Karena perannya yang sangat penting, penggunaan jembatan menjadi salah satu kebutuhan utama masyarakat dalam kegiatan sehari-hari. Namun, dengan meningkatnya penggunaan jembatan akan berpengaruh pada tingkat keamanan dan daya dukung jembatan. Sehingga perlu dilakukan analisis ulang terhadap jembatan yang dibangun menggunakan pembebanan yang lama.

Hal tersebut merupakan salah satu penyebab dilakukan pengkajian ulang terhadap peraturan yang berlaku pada masa tersebut. Salah satunya yakni pengkajian ulang terhadap SNI pembebanan jembatan. Pengkajian ulang menghasilkan SNI baru yang berlaku di Indonesia yakni SNI 1725:2016. Secara garis besar SNI 1725:2016 mengelompokkan beban menjadi 2 kelompok besar, sebagai berikut:

1. Beban Permanen

Beban permanen adalah beban yang sifatnya tetap. Beban permanen meliputi beban mati komponen struktural dan non struktural jembatan, beban mati perkerasan dan utilitas, gaya horizontal akibat tekanan tanah, gaya-gaya yang terjadi pada struktur jembatan disebabkan oleh proses pelaksanaan, termasuk semua gaya yang terjadi akibat konstruksi segmental dan gaya prategang.

2. Beban Transien

Beban transien adalah beban yang sifatnya tidak tetap. Beban transien meliputi gaya susut/rangkak, gaya rem, gaya sentrifugal, gaya tumbukan kendaraan, gaya gempa, gaya friksi, beban lajur “D”, beban truk “T”, beban pejalan kaki, beban akibat penurunan, gaya akibat temperatur, gaya apung, beban angin dan beban arus.

Secara ringkas beban-beban yang harus diperhitungkan dalam perencanaan jembatan dapat dilihat pada Tabel 2.1. Tabel tersebut juga menunjukkan perbedaan jenis beban yang ada pada standar pembebanan yang lama.

Tabel 2.1 Jenis-Jenis Beban Pada Jembatan

SNI 1725:2016 (Baru)		RSNI T-02 2005 (Lama)	
Jenis Beban (Simbol)	Aksi	Jenis Beban (Simbol)	Aksi
Beban mati komponen struktural dan non struktural (MS)	Tetap	Berat Sendiri (P_{MS})	Tetap
Beban mati perkerasan dan utilitas (MA)	Tetap	Berat mati tambahan (P_{MA})	Tetap
Gaya akibat susut/rangkak (SH)	Transien	Penyusutan dan rangkak (p_{SR})	Tetap
Prategang (PR)	Tetap	Prategang (P_{PR})	Tetap
Gaya horizontal akibat tekanan tanah (TA)	Tetap	Tekanan tanah (P_{TA})	Tetap
Gaya-gaya yang terjadi pada struktur jembatan akibat proses pelaksanaan (PL)	Tetap	Beban pelaksanaan tetap (P_{PL})	Tetap

Lanjutan Tabel 2.1 Jenis-Jenis Beban Pada Jembatan

SNI 1725:2016 (Baru)		RSNI T-02 2005 (Lama)	
Jenis Beban (Simbol)	Aksi	Jenis Beban (Simbol)	Aksi
Beban Lajur "D" (TD)	Transien	Beban lajur "D" (T_{TD})	Transien
Beban truk "T" (TT)	Transien	Beban truk "T" (T_{TT})	Transien
Gaya akibat rem (TB)	Transien	Gaya rem (T_B)	Transien
Gaya sentrifugal (TR)	Transien	Gaya sentrifugal (T_{TR})	Transien
Beban pejalan kaki (TP)	Transien	Beban trotoar (T_{TP})	Transien
Gaya tumbukan kendaraan/kapal (TC)(TV)	Transien	Beban tumbukan (T_{TC})	Transien
Beban akibat penurunan (SE)	Transien	Penurunan (P_{ES})	Tetap
gaya akibat temperature gradien (ET)/seragam (EUn)	Transien	Temperatur (T_{ET})	Transien
Beban arus dan hanyutan (EU)	Transien	Aliran/benda hanyutan (T_{EF})	Transien
Gaya Apung (EF)	Transien	Hidro/daya apung (T_{EU})	Transien
Beban angin pada struktur (EW_S) atau kendaraan (EW_L)	Transien	Angin (T_{EW})	Transien
Gaya gempa (EQ)	Transien	Gempa (T_{EO})	Transien
Gaya Friksi (BF)	Transien	Gesekan (T_{BF})	Transien
-	-	Getaran (T_{VI})	Transien

Sumber: Setiyarto (2017)

2.2 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Pada proses pengerjaan tugas akhir, penulis menyertakan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang relevan dengan penelitian yang sedang dilakukan. Penelitian terdahulu digunakan sebagai referensi, informasi, acuan maupun sebagai bahan perbandingan penelitian. Oleh karena itu, penelitian-penelitian tersebut dapat dijadikan referensi untuk penelitian yang akan dilakukan.

1. Standar Pembebanan Pada Jembatan Menurut SNI 1725:2016

Setiyarto, Y.D. (2017) dalam jurnalnya melakukan pemaparan mengenai perbedaan antara RSNI T-02-2005 dengan SNI 1725:2016. Penelitian yang dilakukan meninjau pada setiap jenis beban yang akan digunakan serta penerapannya pada kombinasi pembebanan yang akan dilakukan. Penerapannya dilakukan pada suatu struktur jembatan yang menggunakan *box girder* dengan bentang jembatan sepanjang 45 m. Hasil dari penelitian ini memaparkan perbedaan terbesar dari hasil penerapan pembebanan peraturan RSNI T-02-2005 dan SNI 1725:2016 terdapat pada beban angin 30%, beban gempa 43%, beban rem 12% dan kombinasi pembebanan. Perbedaan yang terjadi pada beban angin dan beban gempa disebabkan oleh pengaruh lingkungan yang tingkat kejadiannya mengandung unsur probabilitas dengan kemungkinan terburuk. Sehingga dengan adanya peraturan baru pada SNI 1725:2016 akan memberikan tingkat keamanan yang lebih tinggi.

2. Evaluasi Sambungan Baut Pada Jembatan Rangka Baja (Studi Kasus : Jembatan Way Bobot, Pulau Seram)

Ihsan M. (2021) pada penelitian ini menganalisis jembatan rangka baja pada jembatan Way Bobot tipe transfield yang berada di Pulau Seram, Maluku dengan panjang bentang 60 meter. Jembatan ini di analisis dengan menggunakan program SAP2000 v20.1.0. untuk pembebanan dan perencanaan jembatan mengacu pada SNI 1725:2016 dan SNI 1729:2015. Dari hasil pemodelan dan analisis pada SAP2000, dilanjutkan analisis konfigurasi menggunakan perhitungan manual. Beberapa variasi konfigurasi dihitung dengan menggunakan metode staggered fastener. Dari hasil analisis konfigurasi baut, nilai yang diperoleh tidak berbeda jauh dengan beberapa variasi yang telat

dibuat. Dapat disimpulkan konfigurasi sambungan baut sedikit berpengaruh terhadap nilai fraktur netto.

3. Kontrol Struktur Jembatan Rangka Baja Terpasang Terhadap Pembebanan Menurut SNI 1725:2016

Pramesthi, N.R. (2021) pada tugas akhirnya melakukan kontrol struktur pada jembatan Pucanglaban VII yang terletak di Tulungagung, Jawa Timur dengan Panjang 60 m dan lebar 9 m. Kontrol struktur dilakukan apakah jembatan masih aman terhadap pembebanan terbaru sesuai dengan peraturan dan spesifikasi yang berlaku. Dasar untuk mengontrol jembatan ini sendiri mengacu terhadap pembebanan untuk jembatan (SNI 1725:2016), Perencanaan jembatan terhadap gempa (SNI 2883:2016), dan untuk elemen pada jembatan mengacu pada peraturan Perencanaan struktur baja untuk jembatan (RSNI T-03-2005). Pada tugas akhir didapatkan hasil kontrol jembatan Pucanglaban VII, Tulungagung, Jawa Timur yakni terdapat beberapa elemen-elemen dari jembatan tersebut yang tidak aman terhadap gaya yang dipikulnya. Hal tersebut terjadi karena jembatan tersebut menggunakan profil yang kecil dan tidak seimbang terhadap gaya yang dipikulnya. Batang yang tidak aman tersebut terjadi pada *frame* 53, 54, 55, 56, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 98, 99, 76, 77, 78, 79, 102, 103, 137 dan 138.

4. Perencanaan Jembatan Kedungjati Menggunakan Struktur Atas Rangka Baja Tipe *Warren*.

Yoga. M (2021) dalam penelitian ini mendesain Jembatan Kedungjati menjadi satu bentang menggunakan struktur atas baja tipe *warren*, dengan mengakomodasi jembatan dengan Panjang 80meter dibangun tanpa menggunakan pilar. Dasar perencanaan pembebanan jembatan ini mengacu pada peraturan pembebanan jembatan (SNI 1725-2016), perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa (SNI 2883-2016), dan untuk baja mengacu pada peraturan Perencanaan Struktur Baja untuk Jembatan (RSNI T-03-2005). Hasil dari penelitian ini didapat profil untuk gelagar memanjang adalah 350 x 350 x 12 x 19, galagar melintang W24 x 76, rangka atas, rangka bawah, dan rangka diagonal menggunakan profil yang sama yaitu W14 x 311. Ikatan angin

menggunakan profil W10 x 33. tebal breast wall sebesar 80 cm dan pile cap 380 cm. pondasi menggunakan pondasi borepile dengan diameter 80 cm dengan jumlah tiang 8.

5. Perencanaan Jembatan Rangka Baja Tipe *Warren Truss* Di Kota Padang.

Wardi, dkk (2022) dalam tugas akhir ini menganalisa tentang perhitungan dari perencanaan jembatan rangka tipe *warren*. Jembatan *warren* digunakan karena terdiri atas kombinasi rangka berbentuk segitiga dimana segitiga merupakan bentuk konfigurasi stabil. Perencanaan berdasarkan peraturan pembebanan Jembatan (SNI 1725:2016). Dari analisa yang dilakukan didapatkan pelat lantai dengan tebal 22 cm, profil gelagar memanjang WF 350 x 350 x 19 x 19, profil gelagar melintang WF 800 x 300 x 16 x 30, profil ikatan angin aras WF 150 x 150 x 7 x 10, profil strut WF 200 x 200 x 12 x 12 dan profil rangka induk WF 400 x 400 x 30 x 50 dan bangunan jembatan yaitu abutment dengan dimensi lebar 4,4 m, tinggi 8,14, dan Panjang 8 m serta kebutuhan pondasi sumuran adalah 2 buah dengan diameter 3 m.

2.3 Keaslian Penelitian

Berdasarkan dari tinjauan penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, maka penelitian mengenai analisis kapasitas dan lendutan pada diafragma jembatan menggunakan peraturan pembebanan SNI 1725:2016 dengan objek penelitian Jembatan Kweritor yang berlokasi di ruas jalan Nimbotong Sarmi, Kabupaten Jayapura, Papua belum pernah dilakukan. Dari beberapa penelitian dan tugas akhir terdahulu telah dirangkum hasilnya dalam Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian Terdahulu						Penelitian Sekarang
Nama	Setiyarto, Y.D. (2017)	Ihsan M. (2021)	Pramesthi, N.R. (2021)	Yoga M. (2021)	Wardi, dkk (2021)	Zavitri, Z.N. (2022)
Judul Penelitian	Standar Pembebanan Pada Jembatan Menurut SNI 1725:2016.	Evaluasi Sambungan Baut Pada Jembatan Rangka Baja (Studi Kasus : Jembatan Way Bobot, Pulau Seram).	Kontrol Struktur Jembatan Rangka Baja Terpasang Terhadap Pembebanan Menurut SNI 1725:2016.	Perencanaan Jembatan Kedungjati Menggunakan Struktur Atas Rangka Baja Tipe <i>Warren</i> .	Perencanaan Jembatan Rangka Baja Tipe <i>Warren Truss</i> Di Kota Padang.	Analisis Kapasitas dan Lendutan Pada Difragma Jembatan Kweritor Menggunakan Peraturan Pembebanan SNI 1725:2016.
Tujuan Penelitian	Memaparkan sejauh manakah perbedaan pembebanan yang terjadi pada SNI 1725:206 dan RSNI T-02-2005.	pada penelitian ini menganalisis jembatan rangka baja pada Jembatan Way Bobot tipe <i>transfield</i> yang berada di Pulau Seram, Maluku dengan panjang bentang 60 meter.	Mengevaluasi struktur atas rangka baja terpasang pada Jembatan Pucanglaban VII yang terletak di Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur dengan peraturan SNI 1725:206.	Mendesain Jembatan Kedungjati menjadi satu bentang menggunakan struktur atas baja tipe warren, dengan mengakomodasi jembatan dengan panjang 80 meter.	Menganalisa tentang perhitungan dari perencanaan jembatan rangka tipe warren.	

Sumber : Setiyarto, Y.D. (2017), Ihsan M. (2021), Pramesthi N.R. (2021), Yoga M. (2021), Wardi dkk (2021)

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian Terdahulu						Penelitian Sekarang
Nama	Setiyarto, Y.D. (2017)	Ihsan M. (2021)	Pramesthi, N.R. (2021)	Yoga M. (2021)	Wardi, dkk (2021)	Zavitri, Z.N. (2022)
Hasil Penelitian	Hasil penelitian menunjukkan perbedaan hasil analisis yang dilakukan pada objek jembatan box girder bentang 45 m. Perhitungan pembebanan mengacu pada RSNI T-02-2005 dan SNI 1725:2016.	Hasil pemodelan dan analisis pada SAP2000, dilanjutkan analisis konfigurasi menggunakan perhitungan manual. Beberapa variasi konfigurasi dihitung dengan menggunakan metode staggered fastener.	Hasil kontrol jembatan didapatkan terdapat beberapa elemen pada jembatan yang tidak aman terhadap gaya pikulnya. Hal tersebut dapat terjadi karena jembatan menggunakan profil yang kecil dan tidak seimbang terhadap gaya pikulnya.	Hasil dari penelitian ini didapat profil untuk gelagar memanjang adalah 350 x 350 x 12 x 19, galagar melintang W24 x 76, rangka atas, rangka bawah, dan rangka diagonal menggunakan profil yang sama yaitu W14 x 311. Ikatan angin menggunakan profil W10 x 33.	Hasil yang didapatkan pelat lantai dengan tebal 22 cm, profil gelagar memanjang WF 350 x 350 x 19 x 19, profil gelagar melintang WF 800 x 300 x 16 x 30, profil ikatan angin aras WF 150 x 150 x 7 x 10,	

Sumber : Setiyarto, Y.D. (2017), Ihsan M. (2021), Pramesthi N.R. (2021), Yoga M. (2021), Wardi dkk (2021)

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu

Penelitian Terdahulu						Penelitian Sekarang
Nama	Setiyarto, Y.D. (2017)	Ihsan M. (2021)	Pramesthi, N.R. (2021)	Yoga M. (2021)	Wardi, dkk (2021)	Zavitri, Z.N. (2022)
Hasil Penelitian	Perbedaan paling besar terletak pada hasil analisis gaya rem, beban angin dan beban gempa. Sehingga dengan pembaharuan	Dari hasil analisis konfigurasi baut, nilai yang diperoleh tidak berbeda jauh dengan beberapa variasi yang telat dibuat. Dapat disimpulkan konfigurasi sambungan baut sedikit berpengaruh terhadap nilai fraktur netto.	Momen lapangan tumpuan ultimit rencana, tulangan lentur negative arah melintang dan memanjang, tulangan lentur positif arah melintang dan memanjang, <i>shear connector</i> dengan diameter D13-20 dengan jumlah dari tumpuan sampai $\frac{1}{4}L$	Tebal breast wall sebesar 80 cm dan pile cap 380 cm. pondasi menggunakan pondasi borepile dengan diameter 80 cm dengan jumlah tiang 8.	profil strut WF 200 x 200 x 12 x 12 dan profil rangka induk WF 400 x 400 x 30 x 50 dan bangunan jembatan yaitu abutment dengan dimensi lebar 4,4 m, tinggi 8,14, dan Panjang 8 m serta kebutuhan pondasi sumuran adalah 2 buah dengan diameter 3 m	

Sumber : Setiyarto, Y.D. (2017), Ihsan M. (2021), Pramesthi N.R. (2021), Yoga M. (2021), Wardi dkk (2021)

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Jembatan

Jembatan secara umum adalah suatu konstruksi yang berfungsi sebagai penghubung dua bagian jalan yang dipisahkan oleh rintangan-rintangan seperti laut, lembah, sungai, irigasi, danau, kali, jalur kereta api dan lain-lain. Jembatan memiliki dua jenis struktur yakni struktur atas (trottoar, dek, girder, diafragma) dan struktur bawah (pondasi). Struktur atas jembatan merupakan bagian yang menerima beban langsung berupa berat sendiri jembatan, beban mati, beban lalu lintas dan beban aksi lingkungan. Sedangkan struktur bawah berfungsi menopang seluruh beban struktur atas dan beban lain yang ditimbulkan oleh tekanan tanah, aliran air, tumbukan, gesekan dan lain-lain. Namun sebelum merencanakan struktur bawah, struktur atas pada jembatan harus dalam kondisi aman terhadap beban-beban yang bekerja. Salah satunya adalah diafragma.

3.2 Diafragma

Diafragma merupakan elemen yang ditempatkan pada elemen lain atau pada sistem superstructure untuk mendistribusikan gaya-gaya serta untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan sistem. khususnya pada jembatan, diafragma merupakan komponen transversal jembatan yang menghubungkan balok-balok atau girder-girder pada arah memanjang yang bersebelahan (Dewi Hermanto 2018). Perencanaan diafragma menggunakan simple beam, yaitu diafragma dianggap beban sendiri. Diafragma juga menahan gaya tekan aksial yang disebabkan oleh beban angin dan beban gempa.

Adapun fungsi sebagian pengunci dan pengaku antar girder agar tidak terjadi guling. Pada Girder baja di beri pengaku samping yang berupa balok diafragma yang berfungsi sebagai pengaku samping yang merupakan dukungan lateral dengan jarak. Sehingga diafragma berperan sebagai konektor transversal.

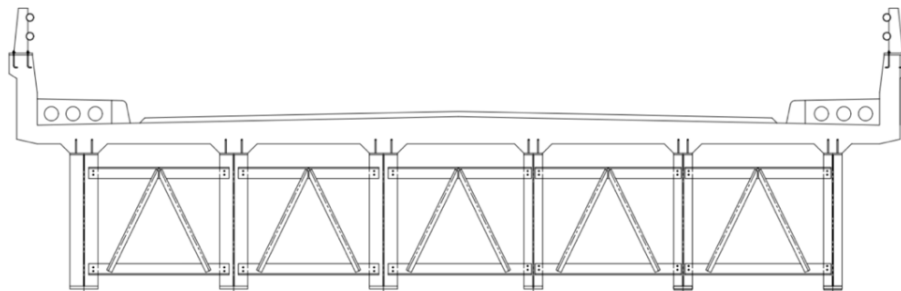
Menurut buku *Design of Highway Bridges* dengan perilakunya sebagai konektor transversal diafragma mempunyai tiga fungsi sebagai berikut:

1. Mentransver gaya lateral angin ke gelagar, dan dari gelagar ke bearing
2. Memberikan kestabilan flens balok atau girder pada masa erection dan penempatan gelagar
3. Mendistribusikan gaya-gaya mati dan hidup vertikal kepada balok-balok atau girder-gider pada arah memanjang

Sehingga diafragma dapat dianggap sebagai salah satu perkuatan pada struktur atas jembatan. Dikatakan perkuatan karena tidak menerima beban bergerak yang bekerja. Selain itu diafragma hanya memperkaku dan meningkatkan Kerjasama antar gelagar sehingga dianggap sebagai struktur yang memperkuat struktur utama. Terdapat beberapa jenis diafragma yang digunakan pada perencanaan jembatan. Salah satunya yakni *intermediate bracing*.

3.3 *Intermediate bracing*

Intermediate bracing adalah perkuatan yang dianggap sebagai diafragma jembatan karena letaknya berada pada sepanjang girder dengan jarak yang sama. Dengan fungsi utama menjaga *girder* dari tekuk dan puntir akibat beban yang dipikul. Sistem perkuatan pada tipe ini menggunakan rangka segitiga. Rangka tersebut disusun dengan baja profil L yang membentuk diantara 2 balok girder yang berdekatan. *Intermediate bracing* membuat kekangan yang sangat kaku pada bidang plat dek sampai ke bawah flens, namun apabila tidak dikombinasikan dengan *plan bracing* dapat mengakibatkan munculnya gaya torsi. Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut digunakan sambungan profil chanel karena profil tersebut lebih kaku dan dapat membentuk koneksi yang kaku dengan balok girder utama. Berikut adalah contoh gambar jembatan komposit dengan *intermediate bracing* yang dapat dilihat pada gambar 3.1. Pada halaman selanjutnya.



Gambar 3.1 Penampang Melintang Jembatan Kweritor

3.4 Pembebanan Pada Jembatan Berdasarkan SNI 1725:2016

Pada perencanaan struktur jembatan, pembebanan yang akan bekerja merupakan persoalan yang sangat penting. Sehingga diperlukan identifikasi beban-beban yang akan bekerja pada bangunan struktur. Pada penelitian ini peraturan Pembebanan mengacu pada SNI 1725:2016. Berikut adalah pembebanan yang digunakan dalam merancang jembatan.

3.3.1 Beban Mati

Beban mati pada jembatan adalah kumpulan berat pada komponen struktural dan non struktural yang bekerja. Pada penerapan faktor beban, komponen bekerja secara bersama-sama dan tidak terpisahkan. Berikut adalah tabel berat isi untuk beban mati yang dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Berat Isi Untuk Beban Mati

No	Bahan	Berat Isi (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	Timbunanb tanah dipadatkan (<i>compacted sand, silt or clay</i>)	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan (<i>rolled gravel, macadam or ballast</i>)	18,8-22,7	1920-2315
5	Beton aspal (<i>asphalt concrete</i>)	22,0	2245

Lanjutan Tabel 3.2 Berat Isi Untuk Beban Mati

No	Bahan	Berat Isi (kN/m ³)	Kerapatan Massa (kg/m ³)
6	Beton ringan (<i>low density</i>)	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton $f'c < 35$ MPa	22,0-25,0	2320
3	$35 < f'c < 105$ MPa	$22 + 0,022 f'c$	$2240 + 2,29 f'c$
8	Baja (steel)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	7,8

Sumber: SNI 1725:2016

Berikut adalah beban mati yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut.

1. Berat sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat dari jembatan dan elemen struktural yang dipikul oleh jembatan itu sendiri. Berat yang dimaksud yakni berat bahan dan bagian jembatan struktural dan non struktural yang bersifat tetap. Berikut adalah faktor beban yang digunakan untuk berat sendiri yang dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.3 Faktor Beban untuk Berat Sendiri

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ^s_{MS})		Keadaan Batas Ultimit (γ^u_{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	0,70
	Kayu	1,00	1,40	0,70

Sumber: SNI 1725:2016

3.3.2 Aksi Lingkungan

Aksi lingkungan adalah gaya yang dihitung akibat pengaruh temperatur, angin, banjir, gempa dan penyebab alamiah lain. Beban rencana yang dihitung diambil berdasarkan data statistik dari kejadian umum yang tercatat tanpa memperhitungkan hal khusus yang mungkin akan memperbesar pengaruh setempat.

1. Beban akibat temperature

Gaya dalam yang terjadi karena deformasi akibat rangkakan dan susut harus diperhitungkan dalam perencanaan. Deformasi akibat perubahan temperature yang merata dapat dihitung menggunakan rumus-rumus yang disediakan. Rentang temperature harus di tentukan dalam tabel 3.3 yang dapat dilihat pada halaman selanjutnya.

$$\Delta T = \alpha L (T_{\max\text{desaign}} - T_{\min\text{desaign}}) \quad (3.1)$$

Dengan:

L = panjang komponen (mm)

α = koefisien muai temperature (mm/mm/°C)

Tabel 3.3 Temperatur Jembatan Rata-rata Nominal

Tipe Bangunan Atas	Temperatur minimum	Temperatur 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

Sumber: SNI 1725:2016

2. Beban Angin

a. Tekanan angin horizontal

Tekanan angina yang ditentukan pada pasal ini diasumsikan disebabkan oleh angin rencana dengan kecepatan dasar (V_B) sebesar 90 hingga 126 km/jam. Arah ini harus divariasikan untuk mendapatkan pengaruh yang paling berbahaya terhadap struktur hambatan atau komponen-komponen. Luasan yang tidak memberikan kontribusi dapat diabaikan dalam perencanaan. Untuk jembatan atau bagian jembatan dengan elevasi lebih tinggi dari 10000 mm di atas permukaan tanah atau permukaan air, kecepatan angina rencana, V_{DZ} , harus dihitung dengan Persamaan 3.2 sebagai berikut.

$$V_{DZ} = 2,5 V_0 \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right) \quad (3.2)$$

Dengan:

V_{DZ} = Kecepatan angina rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam)

V_{10} = Kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan air rencana atau permukaan tanah (km/jam)

V_0 = Kecepatan gesekan angin (km/jam)

V_B = Kecepatan angin rencana yaitu 90 sampai 126 (km/jam)

Z = Elevasi struktur dimana beban angin dihitung ($Z > 10000$ mm)

Z_0 = Panjang gesekan di hulu jembatan (mm)

Beban angin diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan yang terekspos oleh beban angin. Luas area yang diperhitungkan untuk menghitung tekanan angin horizontal terdiri dari semua komponen. Berikut adalah nilai untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu yang dapat dilihat pada Tabel 3.4. Pada halaman selanjutnya.

Tabel 3.4 Nilai V_o dan Z_o untuk Berbagai Variasi Konsisi Permukaan Hulu

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
V_o (km/jam)	13,2	17,6	19,3
Z_o (mm)	70	1000	2500

Sumber: SNI 1725:2016

b. Beban angin pada struktur (EWs)

Apabila dibenarkan oleh kondisi setempat, perencanaan dapat menggunakan kecepatan angin dasar yang berbeda untuk kombinasi pembebanan yang tidak melibatkan kondisi beban angin yang bekerja pada kendaraan. Apabila tidak ada data yang tepat, maka tekanan angin rencana dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.5 sebagai berikut.

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 \quad (3.3)$$

Dengan:

P_B = Tekanan angin dasar (Mpa), penentuan angka tekanan angin dasar dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Tekanan Angin Dasar

Komponen Bangunan Atas	Angin Tekan (Mpa)	Angin Hisap (Mpa)
Rangka, kolom, dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

Sumber: SNI 1725:2016

3. Pengaruh gempa

Pengaruh gempa direncanakan agar jembatan memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh namun dapat mengalami kerusakan signifikan jika terjadi gempa. Gaya gempa dapat dihitung dengan rumus 3.4. Pada halaman selanjutnya.

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t \quad (3.4)$$

Dengan:

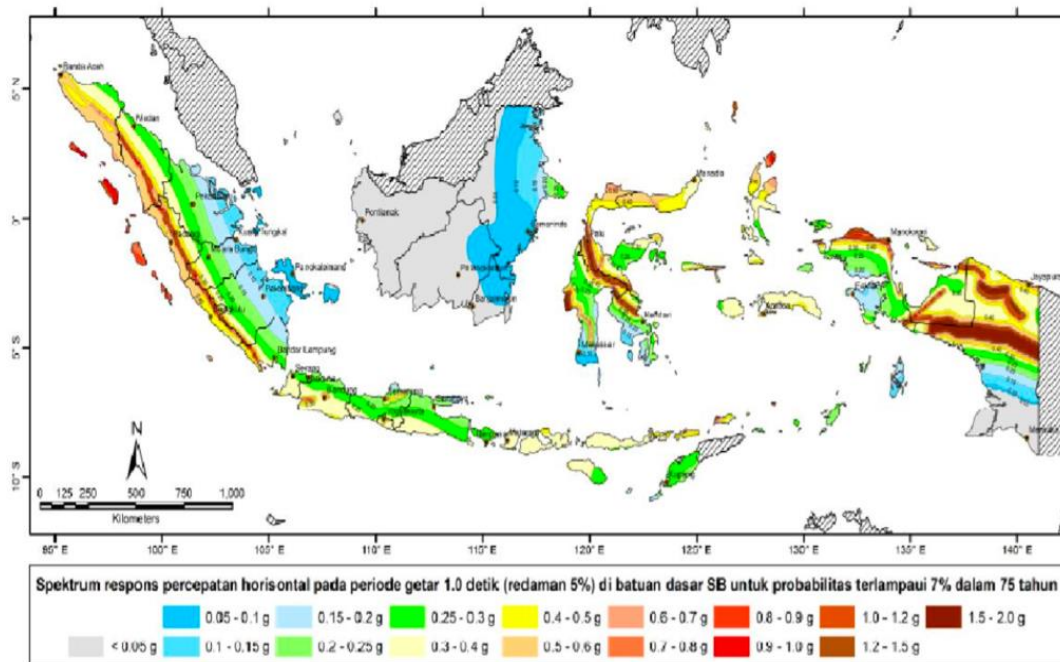
E_Q = Gaya gempa horizontal statis (kN)

C_{sm} = Koefisien repon gempa elastis

R_d = Faktor modifikasi respon

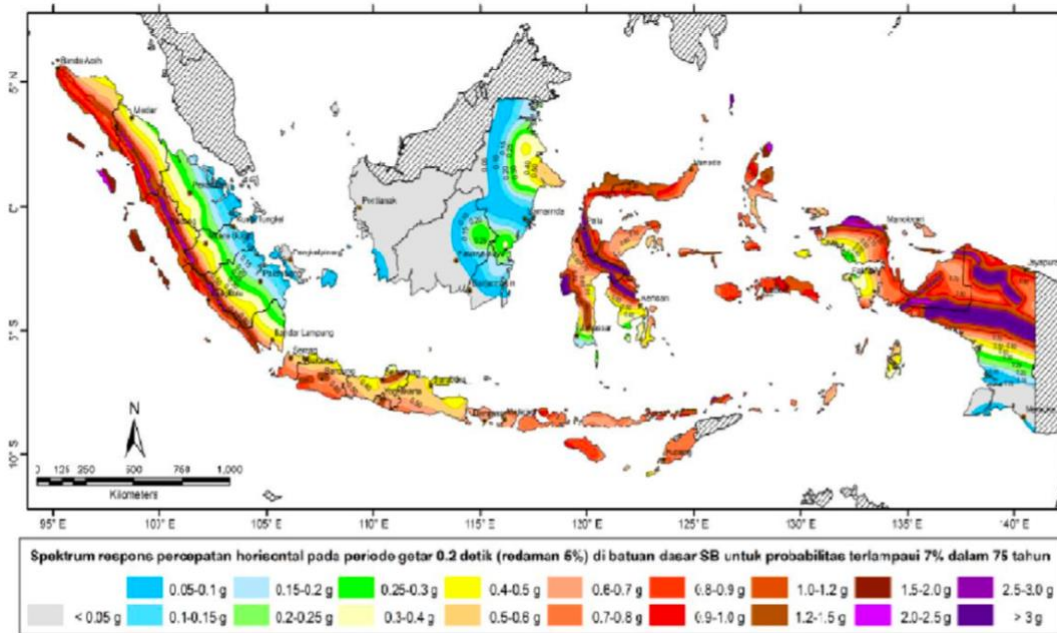
W_t = Berat total struktur (kN)

Berdasarkan SNI 2833:2016 tentang perencanaan jembatan terhadap beban gempa, koefisien respon elastis (C_{sm}) didapat dari peta spectra percepatan dan percepatan batuan dasar yang sesuai dengan daerah gempa dan periode ulangnya. Berikut adalah peta yang dimaksud yang dapat dilihat pada Gambar 3.4, 3.5 dan 3.6. Pada halaman selanjutnya.



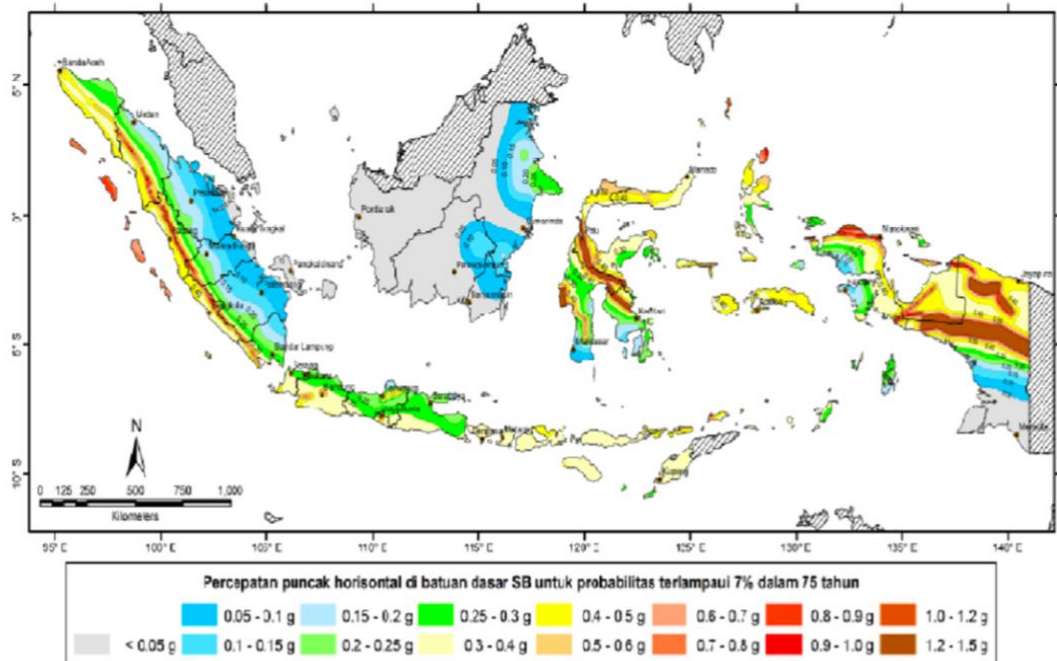
Gambar 3.4 Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar (PGA) untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun

(Sumber: SNI 2883:2016)



Gambar 2 - Peta respon spektra percepatan 0.2 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Gambar 3.5 Peta Respon Spektra Percepatan 0,2 Detik di batuan Dasar (S_s) untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun
(Sumber: SNI 2883:2016)



Gambar 3.6 Peta Respon Spektra Percepatan 1 Detik di Batuan Dasar (S₁) untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun
(Sumber: SNI 2883:2016)

a. Faktor situs

Nilai respon spektra pada permukaan tanah memerlukan angka dari faktor amplifikasi. Berikut adalah faktor amplifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 3.6 dan Tabel 3.7.

Tabel 3.6 Faktor Amplifikasi untuk F_{PGA} dan 0,2 detik (F_{PGA}/F_a)

Kelas Situs	$PGA \leq 0,1$	$PGA = 0,2$	$PGA = 0,3$	$PGA = 0,4$	$PGA \geq 0,5$
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
Batuan Keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (B)	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 linier

Sumber: SNI 2883:2016

Tabel 3.7 Faktor Amplifikasi untuk Periode 1 detik (F_v)

Kelas Situs	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$
Batuan Keras (SA)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Batuan (B)	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 linier

Sumber: SNI 2883:2016

b. Respon spektra

Respon spektra yang terjadi di permukaan tanah ditentukan oleh tiga nilai percepatan puncak yang mengacu pada gambar 3.7, 3.8 dan 3.9, serta nilai faktor amplifikasinya. Rumus respon spektra adalah sebagai berikut:

$$A_s = F_{PGA} \times PGA \quad (3.5)$$

$$S_{DS} = F_a \times S_s \quad (3.6)$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1 \quad (3.7)$$

Dengan:

A_s = Koefisien percepatan puncak muka tanah (g)

F_{PGA} = Faktor amplifikasi terkait percepatan getaran periode 0 detik

PGA = Percepatan puncak batuan dasar mengacu pada Peta Gempa Indonesia dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

S_{DS} = Nilai spektra permukaan tanah periode 0,2 detik

F_a = Faktor amplifikasi terkait percepatan periode 0,2 detik

S_s = Parameter respons spektra percepatan gempa untuk periode pendek ($T = 0,2$) detik mengacu pada Peta Gempa Indonesia dengan probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun.

S_{D1} = Nilai spektra permukaan tanah pada periode 1,0 detik

F_v = Faktor amplifikasi terkait percepatan periode 1,0 detik

S_1 = parameter respons spektra percepatan gempa periode 1,0 detik

Untuk periode lebih kecil daripada T_0 nilai C_{sm} digunakan rumus sebagai berikut:

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \times \frac{T}{T_0} + A_s \quad (3.8)$$

c. Faktor modifikasi respon (R)

Perencanaan jembatan harus mampu memikul gaya gempa. Gaya gempa dihitung dengan membagi gaya gempa elastis dengan faktor modifikasi respon (R). Berikut adalah faktor modifikasi respon yang dapat dilihat pada Tabel 3.8. Pada halaman selanjutnya.

Tabel 3.8 Faktor Modifikasi Respon (R) untuk hubungan antar elemen struktur

Hubungan elemen struktur	Semua kategori kepentingan
Bangunan atas dengan kepala jembatan	0,8
Sambungan muai (dilatasi) pada bangunan atas	0,8
Kolom, pilar, atau tiang dengan bangunan atas	1,0
Kolom atau pilar dengan pondasi	1,0

Sumber: SNI 1725:2016

3.3.3 Kombinasi Beban dan Faktor Beban

Gaya total terfaktor yang digunakan dalam perencanaan dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Q = \sum \eta_i \gamma_i Q_i \quad (3.9)$$

Dengan:

η_i = Faktor pengubah respons

γ_i = Faktor beban

Q_i = Gaya atau beban yang bekerja pada jembatan

Setiap bagian parsial dari kombinasi pembebanan yang terjadi harus diselidiki oleh perencana, dimana setiap beban yang diselidiki diindikasikan untuk diperhitungkan dalam kombinasi pembebanan harus dikalikan dengan faktor beban yang sesuai. Berikut adalah kombinasi beban dan faktor beban yang dapat dilihat pada Tabel 3.9. Pada halaman selanjutnya.

Tabel 3.9 Kombinasi Beban dan Faktor Beban

Keadaan Batas	MS MA TA PR PL SH	TT TD TB TR TP	EU	EW _S	EW _L	BF	EU _n	TG	ES	Gunakan salah Satu		
										EQ	TC	TV
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 Tahan I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya Tahan II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya Tahan III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-
Daya Tahan 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

3.5 Analisis Keamanan Struktur Atas Jembatan Komposit Berdasarkan RSNI T-03-2005

Analisis keamanan elemen jembatan sebagai komponen struktur atas jembatan menggunakan panduan pada peraturan RSNI T-03-2005 dengan metode Perencanaan Beban dan Kekuatan Terfaktor (TBKT) dengan syarat kriteria keamanan pada semua jenis gaya dalam.

3.4.1 Sifat Material Baja

Karakteristik utama yang dimiliki oleh baja adalah ulet dan tangguh. Kuat tarik yang terjadi pada baja dengan penampang yang kecil dapat menerima beban kemudian mengalami perubahan bentuk yang ditandai dengan terjadinya peregangan. Apabila material baja masih dalam kondisi elastis, baja akan berdeformasi dan Kembali ke bentuk semula. Sedangkan keuletan yang dimiliki oleh baja adalah mampu berdeformasi dengan maksimal sebelum material putus. Sehingga dapat disimpulkan baja memiliki regangan yang besar. Berikut adalah sifat mekanis baja pada perencanaan jembatan:

Modulus elastisitas (E) = 200.000 MPa

Modulus geser (G) = 80.000 MPa

Angka poisson (μ) = 0,3

Koefisien pemuaian (α) = 12×10^{-6} per °C

Berikut adalah persyaratan minimum untuk baja structural yang dapat dilihat pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10 Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis Baja	Tegangan Putus Minimum (fu) (Mpa)	Tegangan Leleh Minimum (fy) (Mpa)	Peregangan Minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Sumber: RSNI T-03-2005

3.4.1 Analisis Struktur Tarik

Komponen-komponen struktur yang berperan memikul gaya tarik aksial, harus memenuhi beberapa persyaratan berikut ini.

1. Persyaratan kuat Tarik

$$N_u \leq \phi N_n \quad (3.10)$$

Dengan:

N_n = kuat tarik nominal yang nilainya diambil dari nilai terendah dari persamaan di bawah ini :

a. Kuat tarik nominal pada penampang bruto :

$$N_n = A_g f_y \quad (3.11)$$

b. Kuat tarik nominal pada penampang efektif :

$$N_n = A_e f_u \quad (3.12)$$

Dengan:

A_g = Luas penampang bruto (mm²)

A_e = Luas penampang efektif (mm²)

f_y = Tegangan leleh (MPa)

f_u = Tegangan tarik putus (MPa)

2. Penampang efektif

Luas dari penampang efektif pada suatu komponen struktur ditentukan dengan persamaan berikut ini:

$$A_e = AU \quad (3.13)$$

Dengan:

A = Luas penampang (mm²)

U = Faktor reduksi

$$= 1 - \left(\frac{x}{L}\right) \leq 0,90$$

x = Eksentrisitas sambungan (mm)

L = Panjang sambungan arah gaya tarik (mm)

Bila gaya tarik disalurkan oleh baut, maka

$$A_{nt} = A_g - n d t \quad (3.14)$$

Dengan:

A_g = Luas penampang bruto (mm²)

t = Tebal penampang (mm)

d = Diameter lubang baut (mm)

n = Banyak lubang dalam satu garis potongan

3.4.2 Analisis Struktur Tekan

komponen-komponen struktur yang berperan memikul gaya tekan konsentris, harus memenuhi beberapa persyaratan berikut ini :

1. Persyaratan kuat tekan

$$N_u \leq \phi_n N_n \quad (3.15)$$

Dengan:

ϕ = Faktor reduksi dapat dilihat pada Tabel 3.11

N_n = Kuat tekan nominal komponen struktur tekan (N)

Tabel 3.11 Faktor Reduksi untuk Keadaan Batas Ultimit

Situasi Rencana	Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ)
a. Lentur	0,90
b. Tekan	0,90
c. Aksial Tekan	0,85

Lanjutan Tabel 3.11 Faktor Reduksi untuk Keadaan Batas Ultimit

Situasi Rencana	Faktor Reduksi Kekuatan (ϕ)
d. Aksial Tarik	
1. Terhadap kuat tarik leleh	0,90
Terhadap kuat tarik fraktur	0,75
e. Penghubung Geser	0,75
f. Sambungan Baut	0,75
g. Hubungan Las	
1. Las tumpul penetrasi penuh	0,90
h. Las sudut dan las tumpul penetrasi sebagian	0,75

Sumber: RSNI T-03-2005

2. Perbandingan kelangsingan

- a. Kelangsingan elemen penampang

$$(\text{Tabel 3.12}) < \lambda_r \quad (3.16)$$

- b. Kelangsingan komponen struktur tekan,

$$\lambda = \frac{L_k}{r} \leq 140 \quad (3.17)$$

Tabel 3.12 Perbandingan Maksimum Lebar Terhadap Tebal

Jenis Elemen		λ	Perbandingan Maksimum Lebar terhadap Tebal	
			λ_p (kompak)	λ_r (tak-kompak)
Elemen tanpa pengaku	Pelat sayap balok-l dan kanal dalam lentur	b/t	$\frac{170}{\sqrt{f_y}}$ [c]	$\frac{370}{\sqrt{f_y - f_r}}$ [e]
	Pelat sayap balok-l hibrida atau balok tersusun yang di las dalam lentur	b/t	$\frac{170}{\sqrt{f_{yf}}}$	$\frac{420}{\sqrt{(f_{yf} - f_r)/k_e}}$ [e][f]
	Pelat sayap dari komponen-komponen struktur tersusun tekan	b/t	-	$\frac{290}{\sqrt{f_y/k_e}}$ [f]
	Sayap bebas dari profil siku kembar yang menyatu pada sayap lainnya, pelat sayap dari komponen struktur kanal dalam aksial tekan, profil siku dan pelat yang menyatu dengan balok atau komponen struktur tekan	b/t	-	$\frac{250}{\sqrt{f_y}}$
	Sayap dari profil siku tunggal pada penyokong, sayap dari profil siku ganda dengan pelat kopel pada penyokong,	b/t	-	$\frac{200}{\sqrt{f_y}}$

Lanjutan Tabel 3.12 Perbandingan Maksimum Lebar Terhadap Tebal

Jenis Elemen	λ	Perbandingan Maksimum Lebar terhadap Tebal		
		λ_p (kompak)	λ_r (tak-kompak)	
Elemen tanpa pengaku	elemen yang tidak diperkaku, yaitu yang ditumpu pada salah satu sisinya.	b/t	-	$\frac{200}{\sqrt{f_y}}$
	Pelat badan dari profil T	d/t	-	$\frac{335}{\sqrt{f_y}}$
	Pelat sayap dari penampang persegi Panjang dan bujursangkar berongga dengan ketebalan seragam yang dibebani lentur atau tekan; pelat penutup dari pelat sayap dan pelat diafragma yang terletak di antara baut-baut atau las	b/t	$\frac{500}{\sqrt{f_y}}$	$\frac{625}{\sqrt{f_y}}$
Elemen dengan pengaku	Bagian lebar yang tak tertekan dari pelat penutup berlubang [b]	b/t	-	$\frac{830}{\sqrt{f_y}}$
	Bagian-bagian pelat badan dalam tekan akibat lentur [a]	h/t_w	$\frac{1680}{\sqrt{f_y}}$ [c]	$\frac{2550}{\sqrt{f_y}}$ [g]

Lanjutan Tabel 3.12 Perbandingan Maksimum Lebar Terhadap Tebal

Jenis Elemen		λ	Perbandingan Maksimum Lebar terhadap Tebal	
			λ_p (kompak)	λ_r (tak-kompak)
Elemen dengan pengaku	Bagian-bagian pelat badan dalam kombinasi tekan dan lentur		Untuk $\frac{N_u}{\phi_b N_y} \leq 0,125$ [c] $\frac{1680}{\sqrt{f_y}} \left(1 - \frac{1,75 N_u}{\phi_b N_y} \right)$	
			Untuk $\frac{N_u}{\phi_b N_y} > 0,125$ [c] $\frac{500}{\sqrt{f_y}} \left(2,33 - \frac{N_u}{\phi_b N_y} \right) \geq \frac{655}{\sqrt{f_y}}$	
	Elemen-elemen lainnya yang diperkaku dalam tekan murni yaitu dikekang sepanjang kedua sisinya.	b/t h/t_w	-	$\frac{665}{\sqrt{f_y}}$
Penampang bulat berongga	D/t	[d] - 14800/ f_y	22000/ f_y 62000/ f_y	

Lanjutan Tabel 3.12 Perbandingan Maksimum Lebar Terhadap Tebal

[a]	Untuk balok hibrida, gunakan tegangan leleh pelat sayap f_{yf} sebagai f_y .
[b]	Ambil luas netto pelat pada lubang terbesar.
[c]	Dianggap kapasitas rotasi <i>inelastic</i> sebesar 3.
[d]	Untuk perencanaan plastis gunakan $9000/f_y$
[e]	F_r = tegangan tekan residual pada pelat sayap. = 70 MPa untuk penampang dirol = 115 MPa untuk penampas dilas.
[f]	$Ke = \frac{4}{\sqrt{h/t_w}}$; $0,35 \leq k_e \leq 0,763$
[g]	f_y adalah tegangan leleh minimum (dinyatakan dalam satuan mega pascal [MPa])

Sumber: RSNI T-03-2005

3. Kuat tekan nominal akibat tekuk lentur

Kuat tekan nominal dari komponen struktur tekan, dengan elemen penampangnya lebih kecil dari yang ditentukan pada Tabel 3.12 dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$N_n = (0,66^{\lambda_c^2}) \times A_g f_y \quad \text{untuk } \lambda_c \leq 1,5 \quad (3.18)$$

$$N_n = \frac{(0,88)}{\lambda_c^2} \times A_g f_y \quad \text{untuk } \lambda_c \geq 1,5 \quad (3.19)$$

$$\lambda_c = \frac{L_k}{r\pi} \times \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad (3.20)$$

$$L_k = k_c L \quad (3.21)$$

Dengan:

A_g = luas penampang bruto (mm²)

f_y = tegangan leleh (MPa)

λ_c = parameter kelangsingan

k_c = faktor Panjang tekuk (mm)

E = modulus elastisitas bahan baja (MPa)

Pada rangka batang penampang bruto dari setiap rangka digunakan untuk menghitung lendutan. Apabila batang terbuat dari pelat-pelat yang berlubang, maka luas penampang efektif harus diambil dengan menghitung volume bersih dikurang volume lubang dibagi jarak sumbu ke lubang.

3.4.3 Analisis Sambungan Baut

Pada analisis sambungan baut kekuatannya harus direncanakan pada keadaan batas ultimit. Berikut adalah perhitungan yang digunakan untuk merencanakan keadaan batas ultimit pada baut.

1. Keadaan batas ultimit baut

- a. Baut yang memikul gaya geser rencana

$$V_f \geq \phi V_f \quad (3.22)$$

Dengan:

ϕ = faktor reduksi kekuatan sesuai dengan tabel 3.13

V_f = kekuatan geser nominal baut (N)

- b. Baut yang memikul gaya tarik rencana

$$N_{tf} \geq \phi N_{tf} \quad (3.23)$$

Dengan:

N_{tf} = kekuatan tarik nominal baut (N)

- c. Baut yang memikul kombinasi geser dan tarik

$$\left(\frac{V_f}{\phi V_f}\right)^2 + \left(\frac{N_{tf}}{\phi N_{tf}}\right)^2 \leq 1,0 \quad (3.24)$$

2. Kekuatan geser nominal baut

$$V_f = 0,62 f_{uf} k_r (n_n A_e + n_x A_o) \quad (3.25)$$

Dengan:

f_{uf} = kekuatan tarik minimum baut (MPa), Tabel 3.13

k_r = faktor reduksi, $k_r = 1$

n_n = jumlah bidang geser melalui bagian baut

A_e = luas diameter lebih kecil daripada baut (mm²)

N_x = jumlah bidang geser melalui bagian baut

A_o = luas batang polos nominal pada baut (mm²)

3. Kekuatan tarik nominal baut

$$N_{tf} = A_s f_{uf} \quad (3.26)$$

Dengan:

N_{tf} = kekuatan tarik nominal baut (MPa)

A_s = luas tegangan tarik baut (mm²), Tabel 3.14

Tabel 3.13 Gaya Tarik Baut Minimum

Diameter Nominal Baut (mm)	Gaya Tarik Minimum (kN)
16	95
20	145
24	210
30	335
36	490

Sumber: RSNI T-03-2005

Tabel 3.14 Luas Baut

Diameter Nominal Baut	Luas Baut mm ²		
	A_e	A_s	A_0
M16	144	157	201
M20	225	245	314
M24	324	353	452
M30	519	561	706
M36	759	817	1016

A_e = Luas inti baut, diukur pada diameter lebih kecil dari benang.
 A_s = Luas untuk menghitung kekuatan tarik
 A_0 = Luas bagian polos nominal baut berdasarkan diameter nominal baut.

Sumber: RSNI T-03-2005

3.4.4 Analisis Lendutan

Lendutan adalah perubahan bentuk yang terjadi pada balok dalam arah y akibat adanya pembebanan dari arah vertikal yang diberikan pada balok atau batang. Pada balok yang berada di atas dua tumpuan atau gelagar menerus, diberikan batasan pada lendutan maksimum sebesar $1/800 \times L$. kecuali pada jembatan yang berlokasi di wilayah perkotaan yang sebagian jalurnya digunakan oleh pejalan kaki, batasan tersebut adalah $1/1000 \times L$.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Perencanaan Beban dan Kkuatan Terfaktor (PBKT). Dimana perencanaan harus memenuhi persyaratan keamanan untuk semua jenis gaya dalam. Perencanaan secara PBKT dilakukan untuk mengantisipasi suatu kondisi batas ultimit yang terjadi seperti keruntuhan pada struktur jembatan, kehilangan keseimbangan akibat runtuhnya atau kegagalan, kerusakan akibat fatik atau korosi sehingga dapat terjadi kehancuran dan kegagalan dari pondasi yang menyebabkan keruntuhan bagian utama dari jembatan. Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis menggunakan peraturan pembebanan untuk jembatan (SNI 1725:2016), perencanaan jembatan terhadap beban gempa (2883:2016) dan perencanaan struktur baja untuk jembatan (RSNI T-03-2005) sebagai dasar analisis.

Untuk menganalisis perhitungan diafragma (rangka) Jembatan Kweritor yang berada di ruas jalan Nimbotong Sarmi, Kabupaten Jayapura, Papua ini diperlukan data awal jembatan yang digunakan sebagai acuan. Data yang diperlukan berupa gambar maupun informasi penting lainnya. Pada bab ini akan dijelaskan proses tahapan untuk menganalisis struktur atas suatu desain jembatan komposit.

4.2 Sumber Data

Pada penelitian ini dilakukan beberapa peninjauan untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan dalam proses analisis jembatan. Data yang digunakan oleh penulis merupakan data sekunder. Data sekunder merupakan data yang didalamnya terdapat informasi tertulis. Data yang diperoleh berupa dokumen proyek yang isinya berupa deskripsi bangunan dan gambar desain bangunan. Selain itu, penulis melakukan studi literatur yang kemudian dikembangkan agar dapat mempermudah dalam proses pengerjaan tugas akhir. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

1. Data Jembatan (Lampiran)

4.3 Data Struktur

Pada penelitian ini digunakan data struktur rangka atas (diafragma) jembatan komposit yang sudah ditentukan sebagai objek penelitian, yaitu Jembatan kweritor. Data Jembatan dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Data Jembatan Kweritor

Data	Keterangan
Tipe Jembatan	Jembatan Komposit
Tipe Diafragma	Rangka
Kelas Jembatan	A
Panjang Bentang	30 m
Lebar Bentang	9 m
Tinggi Jembatan	6,45 m
Lebar Perkerasan	7 m
Lebar Trotoar	1 m
Tebal Trotoar	0,3 m
Jumlah Lajur	2

Sumber: Data Kementerian PUPR Jayapura Papua

4.4 Tahapan dan Skema Penelitian

Agar penelitian ini tidak keluar dari Batasan-batasan yang ada dan dapat dipahami dengan baik, maka dibuatlah tahapan dan skema penelitian untuk mempermudah dalam proses penelitian. Proses pada penelitian ini diawali dengan Persiapan penelitian, pengolahan data, permodelan SAP 2000, dan perhitungan kapasitas pada diafragma maupun sambungan baut. Berikut adalah tahapan dan skema penelitian pada penelitian ini.

1. Persiapan penelitian

Persiapan penelitian pada penelitian ini dengan melakukan observasi pada permasalahan yang ada di lingkungan sekitar. Kemudian dari permasalahan tersebut diperoleh objek yang akan diteliti. Objek yang telah diperoleh

kemudian diobservasi secara garis besar melalui platform digital sebelum lebih lanjut pada jurnal-jurnal yang berkaitan.

a. Identifikasi masalah

Dari observasi yang dilakukan diperoleh sebuah masalah dan obyek penelitian. Selanjutnya masalah yang ada kemudian dikaji untuk memperoleh apakah permasalahan tersebut terdapat peraturan-peraturan yang berlaku. Apabila permasalahan sudah didapatkan maka dilakukan penentuan rumusan masalah, tujuan penelitian dan Batasan-batasan agar penelitian tidak menyimpang.

b. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan tujuan memperoleh informasi lebih lanjut mengenai objek penelitian dari penelitian yang sudah ada sebelumnya. Informasi tersebut seperti teori yang mendasari masalah pada objek penelitian, penelitian sejenis atau berkaitan dengan penelitian dan sebagainya. Sumber-sumber yang diteliti umumnya berasal dari buku-buku, jurnal ilmiah, hasil penelitian, laporan praktikum dan sebagainya. Dengan melakukan studi literatur maka peneliti dapat memanfaatkan semua informasi dan pemikiran-pemikiran yang relevan dengan penelitian yang sedang dilakukan.

c. Pengumpulan data

Data yang digunakan dalam proses penelitian untuk penelitian ini adalah Data sekunder. Data sekunder adalah pengambilan data yang sudah ada sebelumnya pada sebuah instansi. Data merupakan hal yang sangat penting dalam melakukan penelitian. Tanpa adanya data, penelitian tidak dapat berjalan. Data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data gambar, data yang memuat informasi mengenai geometri dan material yang digunakan. Data tersebut diperoleh dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) wilayah Papua.

2. Analisis Data

Setelah memperoleh data tersebut maka selanjutnya menganalisa data tersebut. Analisa data dilakukan untuk mengetahui manakan data yang akan digunakan

dan tidak. Apabila data yang dibutuhkan tidak diperoleh maka dapat dilakukan asumsi-asumsi dengan persyaratan yang berlaku. Analisa terhadap data yang sudah dilakukan sangat penting untuk menghindari kesalahan dalam informasi.

a. Pengolahan data

Tahapan pengolahan data dibantu dengan aplikasi *Microsoft excel*. Pengolahan dilakukan dengan menyeragamkan data-data yang telah diperoleh pada tabel *excel*. Olah data memberikan kemudahan dalam perhitungan selanjutnya.

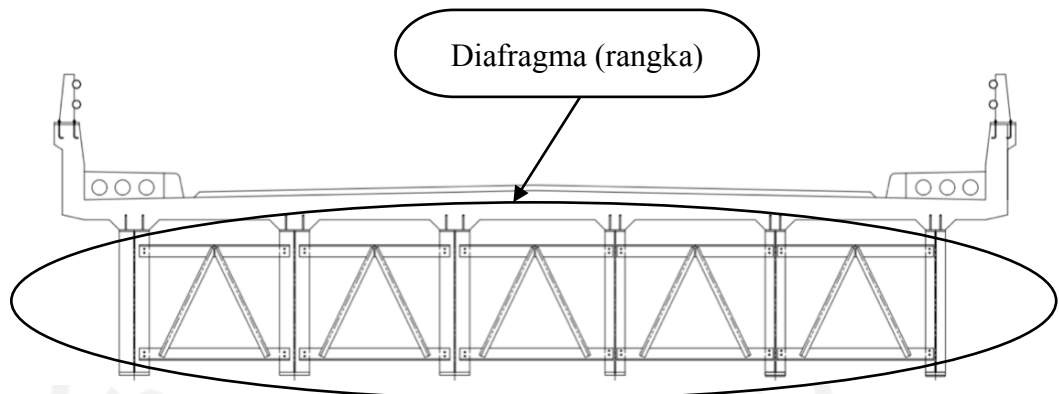
b. Perhitungan Beban

Diafragma diperhitungkan sebagai simple beam sehingga diafragma hanya menahan beban sendiri. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Puluhulawa, I., Aspaliza, N., & Armada, A. (2018) diafragma menahan gaya aksial yang disebabkan oleh beban angin dan beban gempa. Selain itu, dalam SNI 1725:2016 menyatakan pada perencanaan jembatan yang terbuat dari baja maka pengaruh temperature diperhitungkan.

3. Permodelan SAP 2000

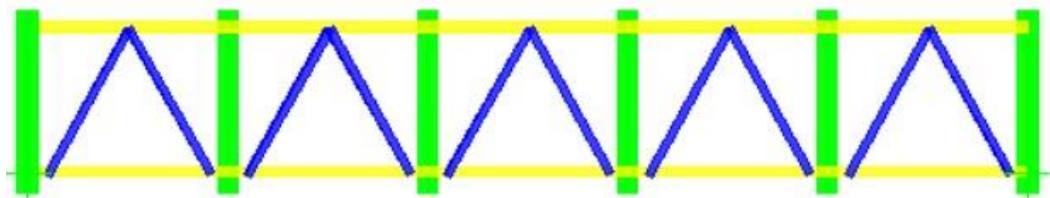
a. Permodelan jembatan

Karena diafragma merupakan simple beam maka dianalisis menggunakan asumsi dua dimensi (2D). Permodelan pada aplikasi berupa rangka vertikal, rangka horizontal dan rangka diagonal. Sambungan baut diasumsikan tidak diinputkan pada sap 2000, namun dihitung kemampuannya dalam menahan gaya dalam maksimum yang terjadi di rangka tersebut. Berikut adalah skema gambar yang digunakan dalam permodelan jembatan yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan 4.2 pada halaman selanjutnya.



Gambar 4.1 Potongan Melintang Jembatan Kweritor

(Sumber: Data Jembatan Kweritor oleh PUPR)



Gambar 4.2 Permodelan 2D pada aplikasi SAP2000

b. Peletakan tumpuan

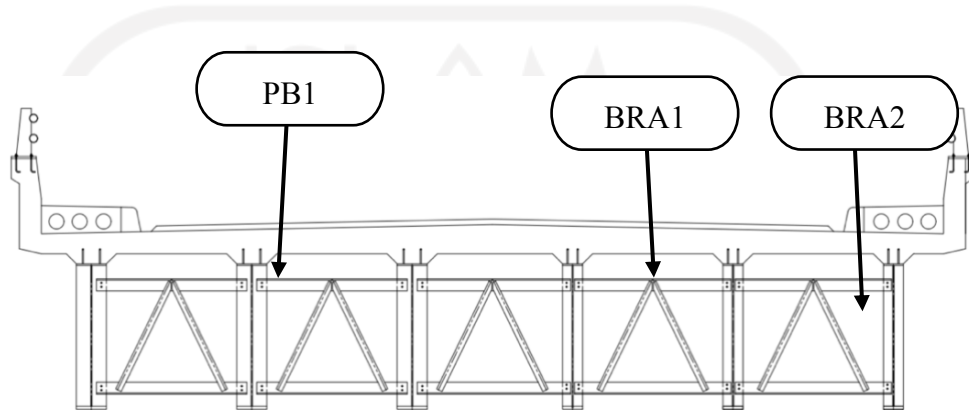
Penelitian ini mengansumsikan peletakan tumpuan terletak pada 2 ujung jembatan. Letak 2 tumpuan ini diasumsikan menggunakan dasar rangka baja sederhana yang umunya terletak di ujung-ujung. Karena fungsi dari diafragma sendiri sebagai pengaku, sehingga diasumikan tidak terjadi momen dan geser. Maka tumpuan yang digunakan adalah tumpuan sendi. Tumpuan sendi direncanakan hanya membolehkan adanya reaksi terhadap horizontal maupun vertikal. Berikut adalah asumsi yang digunakan dalam peletakan tumpuan yang dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Peletakan Tumpuan

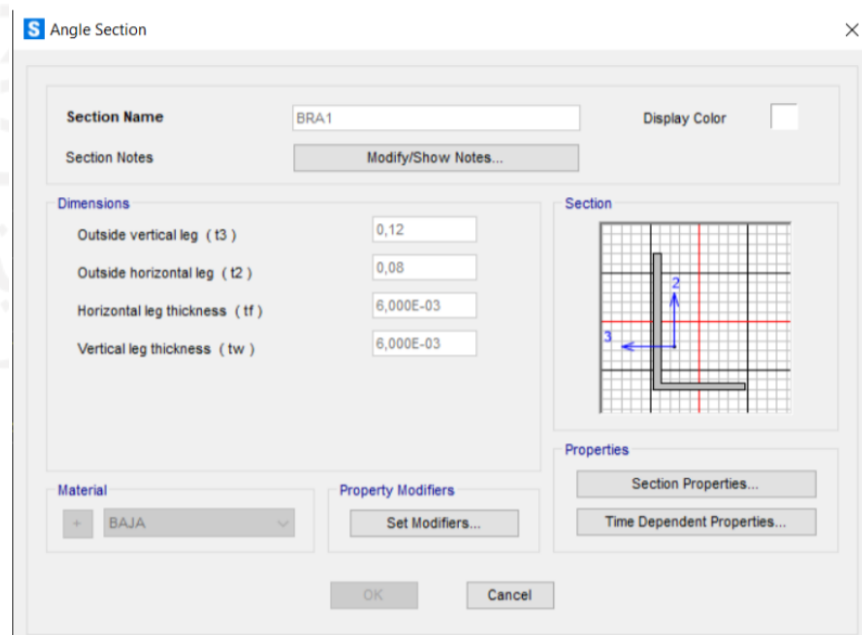
c. Penggunaan material dan profil

Berdasarkan data diafragma Jembatan Kweritor yang diperoleh dari PUPR wilayah Papua maka terdapat 3 jenis profil yang digunakan dalam diafragma. Yakni Double Channel 1414.330.12 (PB1), L 120.80.8 (BRA1) dan L 60.60.6 (BRA2) dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Profil Jembatan Kweritor

Data profil yang diperoleh kemudian diinputkan ke dalam aplikasi SAP2000 untuk kemudian dianalisis. Berikut adalah detail profil BRA 1 yang dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan 4.6.



Gambar 4.5 Profil BRA 1

Property Data

Section Name: BRA1

Properties

Cross-section (axial) area	1,164E-03	Section modulus about 3 axis	2,150E-05
Moment of Inertia about 3 axis	1,758E-06	Section modulus about 2 axis	1,043E-05
Moment of Inertia about 2 axis	6,442E-07	Plastic modulus about 3 axis	3,869E-05
Product of Inertia about 2-3	6,262E-07	Plastic modulus about 2 axis	1,843E-05
Shear area in 2 direction	7,200E-04	Radius of Gyration about 3 axis	0,0389
Shear area in 3 direction	4,800E-04	Radius of Gyration about 2 axis	0,0235
Torsional constant	1,365E-08	Shear Center Eccentricity (x3)	0,

OK

Gambar 4.6 Detail Profil BRA1

d. Input beban

Beban yang telah dihitung menggunakan *excel* diinputkan ke dalam aplikasi SAP 2000 untuk memperoleh pengaruh beban yang bekerja terhadap gaya dalam yang dihasilkan. Berikut adalah beban yang diinputkan ke dalam SAP2000.

1) Beban sendiri

Berat sendiri pada diafragma merupakan seluruh berat yang dimiliki oleh diafragma tersebut. Beban sendiri tidak dihitung menggunakan bantuan *excel* tetapi dihitung oleh SAP2000 berdasarkan profil dan material yang telah diinput sebelumnya. Beban sendiri dapat dilihat pada Gambar 4.7.

2) Akibat temperature

Temperature memberikan pengaruh pada material karena dapat menyebabkan perubahan ukuran akibat suhu di lingkungan jembatan. Baja merupakan salah satu material yang memiliki kekurangan tidak tahan terhadap panas karena dapat menyebabkan perubahan ukuran. Sehingga, temperature diasumsikan bekerja pada semua rangka baja. sehingga pengiputan beban berada pada seluruh bangunan diafragma

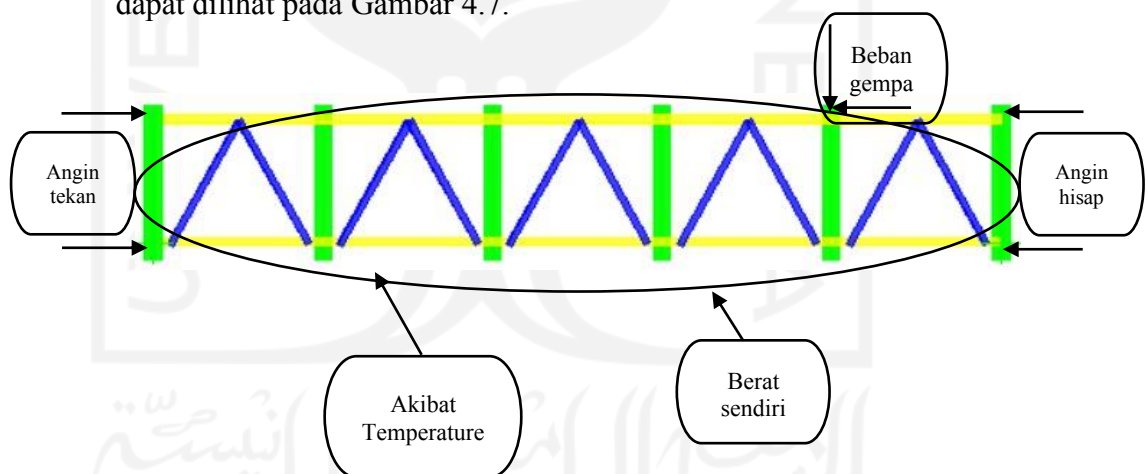
(rangka). Skema input beban akibat temperature dapat dilihat pada Gambar 4.7.

3) Beban angin

Menurut SNI 1725:2016 beban angin pada jembatan diasumsikan jatuh pada bagian samping diafragma dan dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan. Angin yang bekerja pada struktur rangka terdapat 2 jenis yakni angin tekan dan angin hisap. Skema input beban angin tekan dan angin hisap dapat dilihat pada Gambar 4.7.

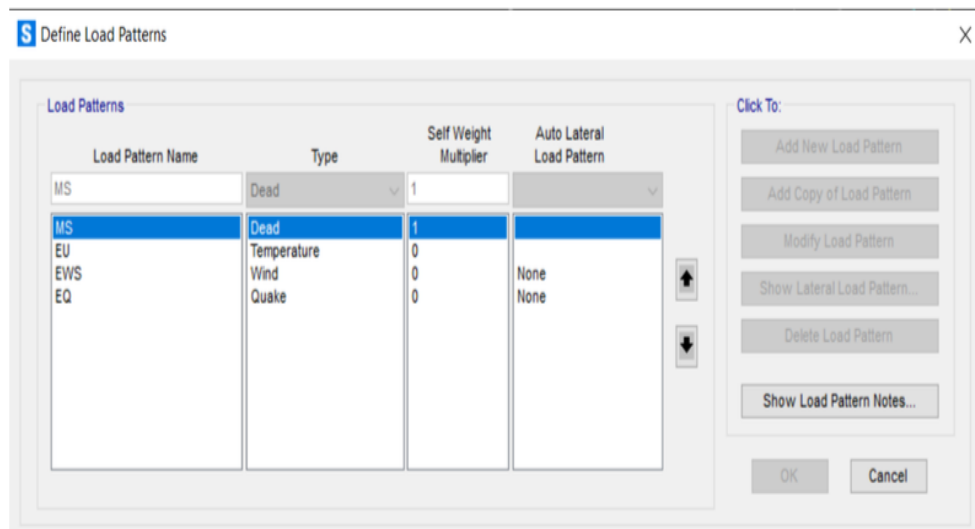
4) Beban gempa

Beban gempa diasumsikan terjadi ke arah atas-bawah dan kanan-kiri. Dengan lokasi yang paling mungkin terjadi kerusakan yang signifikan. Karena beban gempa hanya direncanakan terdapat kerusakan yang parah namun tidak boleh runtuh. Sehingga asumsi beban gempa berada semua pada semua joint jembatan arah x dan arah y. Skema input beban gempa dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Skema Input Beban

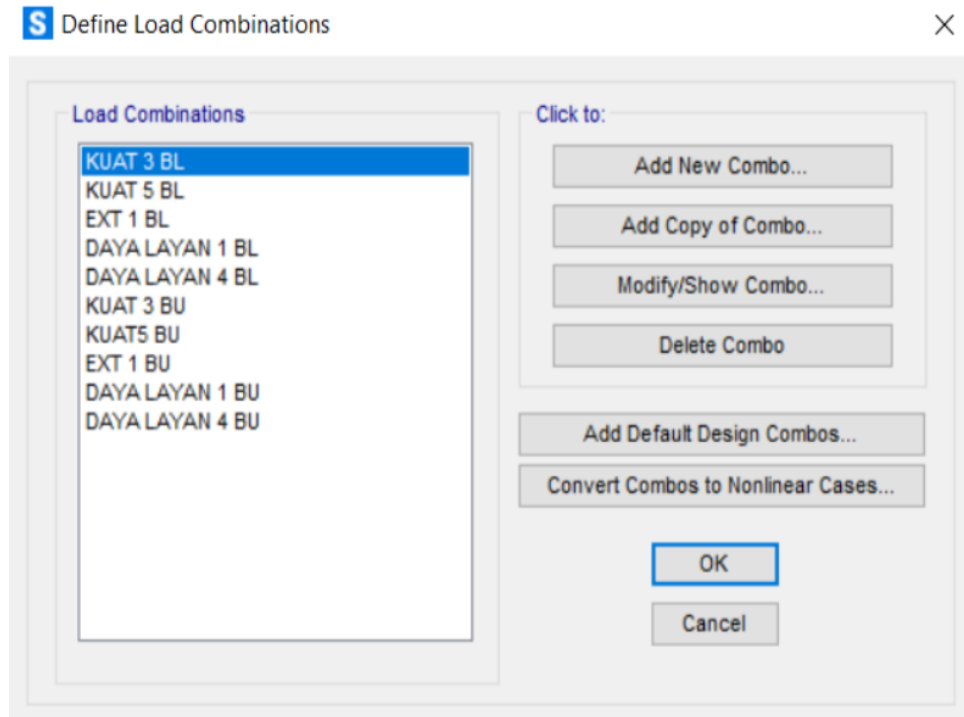
Berikut adalah *Load Patterns* yang digunakan dalam aplikasi SAP2000 Berdasarkan jenis beban yang telah diinput yang dapat dilihat pada Gambar 4.8. pada halaman selanjutnya.



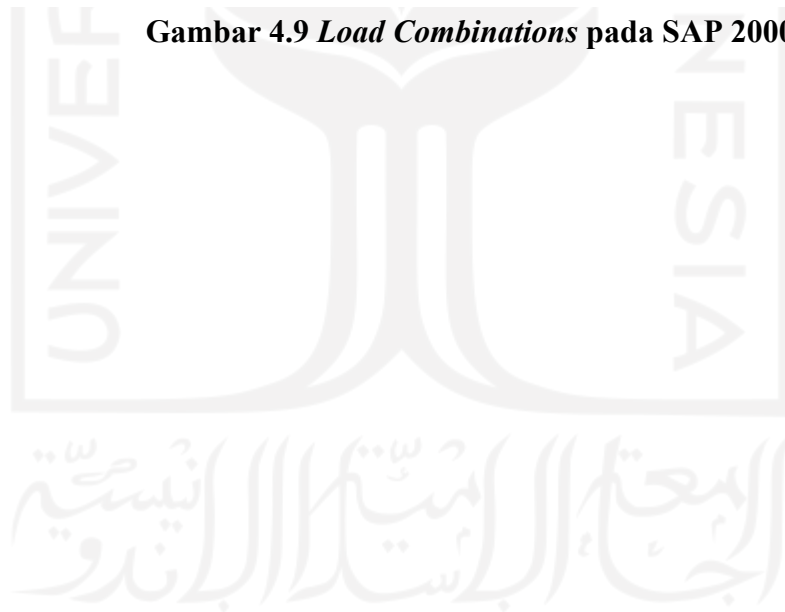
Gambar 4.8 Load Patterns pada SAP2000

e. Kombinasi beban

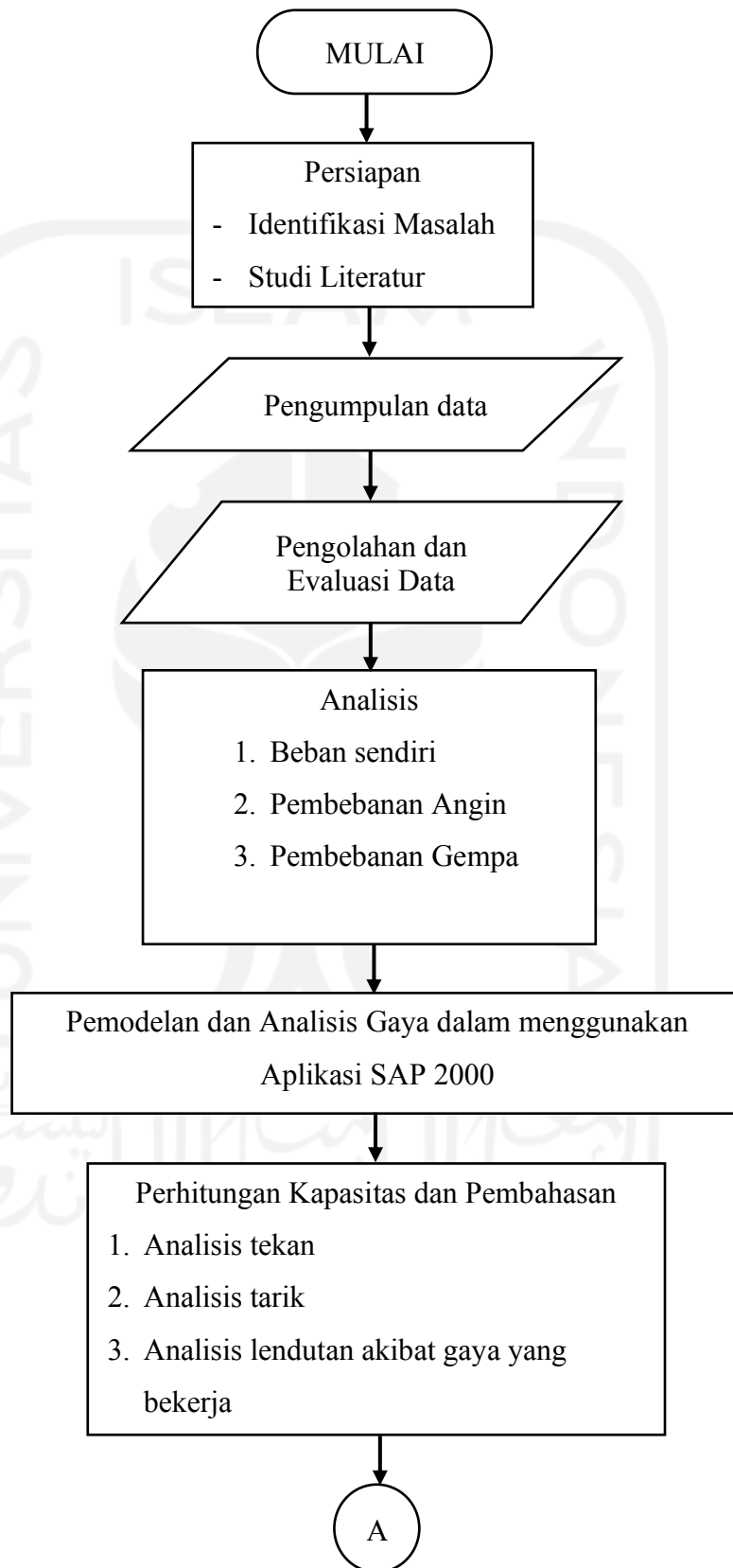
Dalam SNI 1725:2016 mengisyaratkan setiap bagian parsial dari kombinasi pembebanan yang terjadi harus diselidiki, dimana setiap beban yang diselidiki diindikasikan untuk diperhitungkan dalam kombinasi pembebanan harus dikalikan dengan faktor beban yang sesuai. Berdasarkan hal tersebut maka kombinasi beban yang digunakan harus sesuai dengan beban yang bekerja pada struktur yang dihitung. Pada penelitian ini diasumsikan terdapat 4 pembebanan pada diafragma yakni beban sendiri, beban angin, beban temperature dan beban gempa. Sehingga apabila ditinjau berdasarkan beban yang terjadi terdapat 5 kombinasi beban yang dapat digunakan. Kombinasi tersebut adalah Kuat 3, Kuat 5, Ekstrem 1, Daya layan 1 dan Daya layan 4. Kemudian kombinasi tersebut diinputkan pada SAP2000 untuk memperoleh hasil gaya dalam maksimum pada kondisi yang berbeda. Berikut adalah *Load Combinations* yang diperoleh dari aplikasi SAP2000 yang dapat dilihat pada Gambar 4.9. Pada halaman selanjutnya.

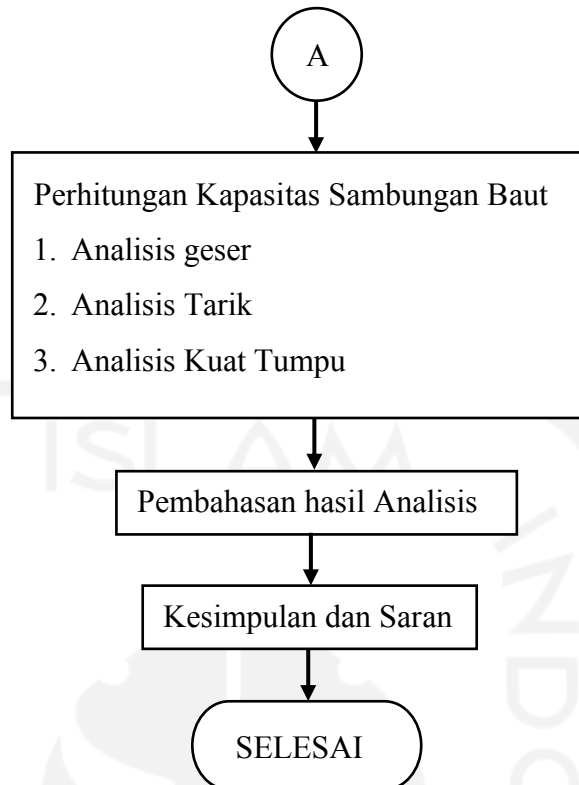


Gambar 4.9 *Load Combinations* pada SAP 2000



4.5 Bagan Alir Penelitian





BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Analisis struktur Jembatan Kweritor, Jayapura, Papua menggunakan aplikasi Microsoft excel (perhitungan pembebanan) dan SAP2000 (permodelan). Perhitungan pembebanan mengacu pada peraturan pembebanan untuk jembatan SNI 1725:2016, selanjutnya beban jembatan yang diperoleh diinput pada aplikasi SAP2000 untuk dilakukan analisis beban. Hasil analisis selanjutnya dilakukan pengecekan tingkat keamanan gaya dalam yang mengacu pada RSNI T-03-2005. Penelitian ini hanya menganalisis diafragma (rangka) jembatan Kweritor.

5.2 Data Struktur Atas Jembatan

Data struktur yang diperoleh yakni data struktur atas berupa data geometri dan data mutu jembatan. Berikut adalah denah jembatan yang dapat dilihat pada Gambar 4.4. Berikut adalah data struktur atas Jembatan Kweritor yang akan digunakan dalam perhitungan analisis struktur.

1. Data Diafragma

Profil yang digunakan pada diafragma terdapat 3 jenis profil yang berbeda yakni Double Channel 1414.330.12 (PB1), L 120.80.8 (BRA1) dan L 60.60.6 (BRA2).

a. Diafragma PB1

Tinggi profil (t)	= 1414 mm
Lebar profil (b)	= 330 mm
Tebal tinggi profil (tw)	= 12 mm
Tebal sayap profil (tf)	= 12 mm
Luas penampang profil baja (A)	= 42504 mm ²

b. Diafragma BRA1

Tinggi profil (t)	= 120 mm
Lebar profil (b)	= 80 mm
Tebal tinggi profil (tw)	= 8 mm

Tebal sayap profil (tf)	= 8 mm
Luas penampang profil baja (A)	= 1536mm ²

c. Diafragma BRA2

Tinggi profil (t)	= 60 mm
Lebar profil (b)	= 60 mm
Tebal tinggi profil (tw)	= 8 mm
Tebal sayap profil (tf)	= 8 mm
Luas penampang profil baja (A)	= 684 mm ²
Luas penampang profil baja (A)	= 684 mm ²

2. Data Geometri Jembatan

Tipe jembatan	= Jembatan komposit (MBI)
Kelas	= A
Tipe gelagar	= Girder komposit
Panjang jembatan (L)	= 30 m
Lebar total jembatan (b)	= 9 m
Lebar lajur (blajur)	= 3,5 m
Lebar jalur lalu lintas (bjalur)	= 7 m
Lebar trotoar (btrotoar)	= 1 m
Tebal trotoar (ttrotoar)	= 0,25 m
Tebal slab lantai (tslab)	= 0,3 m
Tebal lapisan aspal (taspal)	= 0,05 m
Tinggi girder (tgirder)	= 1,45 m
Jarak antara girder (s)	= 1,6 m
Tebal genangan air hujan (tairhujan)	= 0,1 m
Tipe sambungan	= <i>Shear connector</i>
Lebar tembok sandaran (btembok sandaran)	= 0,3 m
Tinggi tembok sandaran (ttembok sandaran)	= 0,75 m
Panjang kolom <i>railing</i> (brailling)	= 0,1 m
Lebar kolom <i>railing</i> (brailling)	= 0,165 m
Tinggi kolom <i>railing</i> (trailling)	= 0,5 m
Lebar plat <i>railing</i> (bplat)	= 0,3 m

Panjang plat <i>railing</i> (p_{plat})	= 0,3 m
Tinggi plat <i>railing</i> (t_{plat})	= 0,022 m
Berat pipa <i>railing</i> 3" (2 baris, jarak 2 m)	= 0,44 kN

3. Mutu Jembatan

Mutu beton	= 250 K
Kuat tekan (f'_c)	= $0,83 \times 250/10 = 20,75$ MPa
Modulus elastisitas (E_c)	= $4700 \times \sqrt{f'_c}$ = $4700 \times \sqrt{20,75}$ = 21410 Mpa
Angka poisson (u)	= 0,2
Modulus geser (G)	= $\frac{E_c}{2 \times (1+u)}$ = $\frac{21410}{2 \times (1+0,2)}$ = 8921 MPa
Koefisien muai panjang	= 10×10^{-5}
Berat jenis beton (γ_b)	= 25 kN/m ³
Berat jenis aspal (γ_a)	= 22 kN/m ³
Berat jenis baja (γ_s)	= 77 kN/m ³
Berat jenis air (γ_w)	= 9,81 kN/m ³

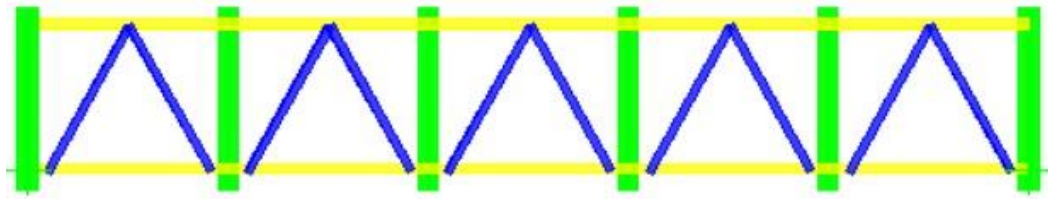
5.3 Pembebanan struktur atas jembatan

Peraturan pembebanan SNI 1725:2016 menjelaskan pada pasal 5.8 terdapat 22 jenis beban yang diperhitungkan dalam suatu konstruksi jembatan. Namun karena tujuan penelitian dan batasan dari penilitan ini, hanya terdapat 4 jenis beban yang diperhitungkan. Berikut adalah perhitungan pembebanan pada struktur atas rangka (diafragma) jembatan kweritor.

5.3.1 Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri adalah beban struktural yang dipikul oleh jembatan. Berat sendiri pada jembatan Kweritor yakni berat struktur rangka diafragma yang dihitung otomatis oleh aplikasi SAP 2000. Diperoleh nilai beban sendiri sebesar sebagai berikut.

$$Q_{MS} = 341,83 \text{ kN}$$



Gambar 5.1 Beban MS

5.3.2 Aksi Lingkungan

Beban aksi lingkungan terjadi akibat dari beban-beban lingkungan sehingga dibutuhkan data secara khusus. Pada jembatan gaya angin merupakan gaya yang dianggap paling beresiko karena kemungkinan keruntuhan yang besar pada jembatan.

1. Beban akibat temperature

Berdasarkan tabel maka didapatkan nilai minimum temperature dan maksimum temperature sebagai berikut.

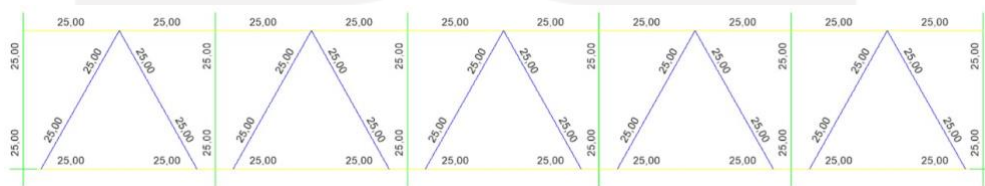
$$T_{\text{mindesain}} = 15^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{maxdesain}} = 40^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{Eu} = T_{\text{maxdesain}} - T_{\text{mindesain}}$$

$$= 40 - 15$$

$$= 25^{\circ}\text{C}$$



Gambar 5.2 Beban Eu

2. Beban angin

a. Beban angin pada struktur (EWs)

$$\text{Tekanan angin dasar } (P_B) = 0,0024 \text{ N/mm}^2 \text{ (angin tekan)}$$

$$\text{Tekanan angin dasar } (P_B) = 0,0012 \text{ N/mm}^2 \text{ (angin hisap)}$$

$$n = 16$$

$$\begin{aligned}\text{Luas area beban angin (A)} &= 30\% \times (8000 + 8000) \times 1450 \\ &= 6960000 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban angin tekan (Q}_{EWs}) &= \frac{A \times P_b}{n} \\ &= \frac{6960000 \times 0,0024}{16} \\ &= 1,044 < 4,4 \text{ kN maka,}\end{aligned}$$

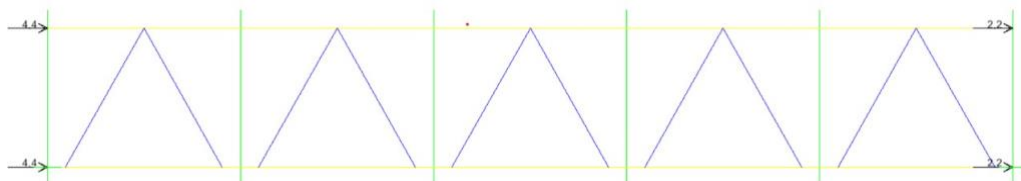
$$\begin{aligned}\text{Beban angin tekan (Q}_{EWs}) &= \frac{4,4 \times (8000/1000)}{16} \\ &= 2,2 < 4,4 \text{ kN maka,}\end{aligned}$$

Karena hasil yang didapat tidak sesuai persyaratan maka beban angin tekan yang diinput adalah 4,4 kN.

$$\begin{aligned}\text{Beban angin hisap (Q}_{EWs}) &= \frac{A \times P_b}{n} \\ &= \frac{6960000 \times 0,0012}{16} \\ &= 0,522 < 2,2 \text{ kN maka,}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Beban angin hisap (Q}_{EWs}) &= \frac{2,2 \times (8000/1000)}{16} \\ &= 1,1 < 2,2 \text{ kN maka,}\end{aligned}$$

Karena hasil yang didapat tidak sesuai persyaratan maka beban angin hisap yang diinput adalah 2,2 kN.



Gambar 5.3 Beban EWs

3. Beban gempa

SNI 1725:2016 pada pasal 9.7 menyatakan bahwa beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan dengan mengalikan koefisien respon elastik (C_{sm}) dan berat struktur ekivalen, kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respon (R_d). Perhitungan akibat pengaruh gempa mengacu pada peraturan Perencanaan Jembatan Terhadap Beban gempa SNI 2883:2016.

a. Berat struktur atas jembatan

$$W_t = 341,83 \text{ kN}$$

b. Peta gempa indonesia

Bahaya akibat gempa yang mungkin terjadi pada jembatan harus disesuaikan menggunakan respon spektra percepatan dan faktor situs. Berdasarkan Gambar 3.9, 3.10 dan 3.11 diperoleh:

$$\text{Percepatan puncak di batuan dasar (PGA)} = 0,6 \text{ gr}$$

$$\text{Peta respons spektra percepatan 0,2 detik (Ss)} = 1,5 \text{ gr}$$

$$\text{Peta respons spektra percepatan 1 detik (S1)} = 0,7 \text{ gr}$$

c. Faktor situs

Untuk menentukan respon spektra di permukaan tanah diperlukan faktor amplifikasi untuk PGA, Ss dan S1. Berdasarkan Tabel 3. dan Tabel 3. diperoleh:

$$\text{Faktor amplifikasi untuk PGA (F}_{PGA}\text{)} = 1$$

$$\text{Faktor amplifikasi untuk percepatan 0,2 detik (F}_a\text{)} = 1$$

$$\text{Faktor amplifikasi untuk percepatan 1 detik (F}_v\text{)} = 1,5$$

d. Respon spektra

Nilai respon spektra dapat memberikan gambaran respon maksimum sistem berderajat kebebasan tunggal pada berbagai frekuensi alami (periode alami) yang teredam akibat goyangan tanah.

$$\begin{aligned} A_S &= F_{PGA} \times PGA \\ &= 1 \times 0,6 \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

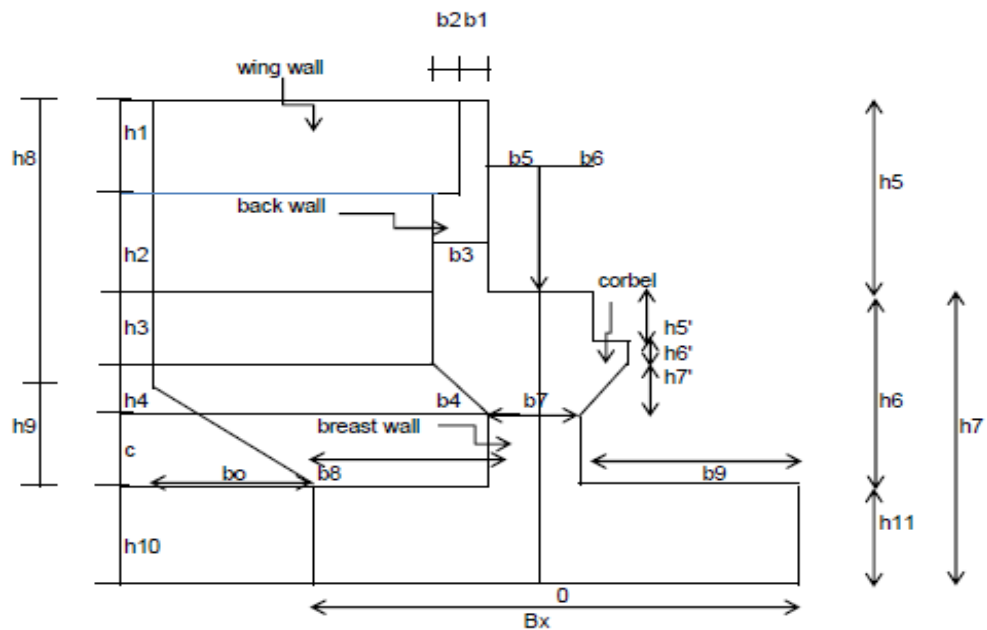
$$\begin{aligned} S_{DS} &= F_a \times S_s \\ &= 1 \times 1,5 \\ &= 1,5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{D1} &= F_v \times S_1 \\ &= 1,5 \times 0,7 \\ &= 1,05 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_s &= \frac{S_{DS}}{S_{D1}} \\ &= \frac{1,5}{1,05} \\ &= 0,7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T_0 &= 0,2 T_s \\
 &= 0,2 \times 0,7 \\
 &= 0,14
 \end{aligned}$$

e. Kekakuan struktur bawah



Gambar 5.4 Abutment Jembatan Kweritor

(Sumber: Data Jembatan Kweritor oleh PUPR)

Mutu beton (f^c)	= 20,75 MPa
Modulus elastisitas (E_c)	= 21410 MPa
Tinggi h6 (L_b)	= 2,7 m
Lebar b7 (B)	= 0,8 m
Panjang arah x jembatan (H)	= 11 m
Momen inersia x (I_x)	$= \frac{1}{12} \times B^3 \times H$ $= \frac{1}{12} \times 0,8^3 \times 11$ $= 0,469 \text{ m}^4$
Momen inersia y (I_y)	$= \frac{1}{12} \times B \times H^3$ $= \frac{1}{12} \times 11 \times 0,8^3$ $= 88,733 \text{ m}^4$

$$\begin{aligned}
 \text{Kekakuan struktur x (Kpx)} &= \frac{3 \times E_c \times I_x}{L_b} \\
 &= \frac{3 \times 21410000 \times 0,469}{2,7} \\
 &= 11164919 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kekakuan struktur y (Kpy)} &= \frac{3 \times E_c \times I_y}{L_b} \\
 &= \frac{3 \times 21410000 \times 0,88,733}{2,7} \\
 &= 2110867407 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

f. Waktu periode alami (T)

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu periode alami x (Tx)} &= 2\pi \times \sqrt{\frac{W_t}{g \times K_{px}}} \\
 &= 2\pi \times \sqrt{\frac{341,83}{9,81 \times 11164919}} \\
 &= 0,011 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu periode alami y (Ty)} &= 2\pi \times \sqrt{\frac{W_t}{g \times K_{py}}} \\
 &= 2\pi \times \sqrt{\frac{341,83}{9,81 \times 2110867407}} \\
 &= 0,001 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

g. Koefisien gempa elastis (Csm)

Karena priode lebih kecil daripada T_0 , maka koefisien respons gempa elastik (Csm) dihitung dengan persamaan berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Koefisien respon gempa elastik x (Csm x)} &= (S_{DS} - A_s) \times \frac{T_x}{T_0} + A_s \\
 &= (1,5 - 0,6) \times \frac{0,011}{0,14} + 0,6 \\
 &= 0,671
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Koefisien respon gempa elastik y (Csm y)} &= (S_{DS} - A_s) \times \frac{T_y}{T_0} + A_s \\
 &= (1,5 - 0,6) \times \frac{0,001}{0,14} + 0,6 \\
 &= 0,605
 \end{aligned}$$

h. Gaya gempa (EQ)

Koefisien modifikasi respon diperoleh dari Tabel 5. Yakni sebesar 0,8.

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya gempa arah x (Q}_{EQx}\text{)} &= \frac{Csmx}{Rd} \times Wt \\
 &= \frac{0,802}{0,8} \times 341,83 \\
 &= 229,478 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

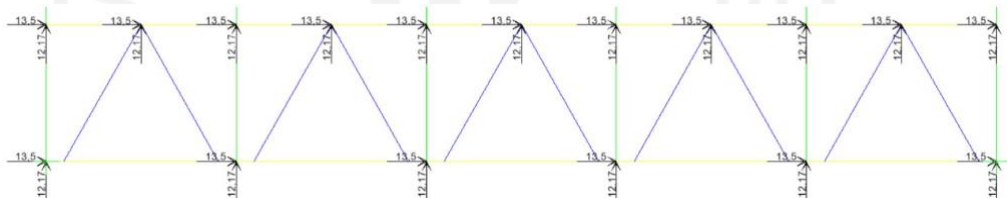
$$\begin{aligned}
 \text{Gaya gempa arah y (Q}_{EQy}\text{)} &= \frac{Csmx}{Rd} \times Wt \\
 &= \frac{0,615}{0,8} \times 341,83 \\
 &= 206,871 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Karena gaya gempa diinput sebagai beban titik dalam SAP 200 maka,

$$\text{Jumlah joint (n)} = 17$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya gempa arah x per joint (Q}_{EQx}\text{)} &= \frac{229,478}{17} \\
 &= 13,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Gaya gempa arah y per joint (Q}_{EQy}\text{)} &= \frac{206,871}{17} \\
 &= 12,2 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



Gambar 5.5 Beban EQ

5.4 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan untuk analisis diinputkan pada aplikasi SAP2000 dengan faktor-faktor beban sesuai dengan peraturan SNI 1725:2016. Berikut adalah kombinasi pembebanan berdasarkan SNI 1725:2016 yang akan digunakan pada analisis jembatan Kweritor.

Kuat III : 1,1MS + 1EU + 1,4 EW_s

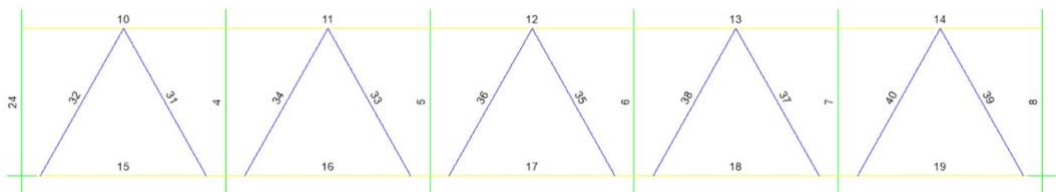
Kuat V : 1,1MS + 1EU + 0,4EW_s

Extrem I : 1,1MS + 1EU + 1,0EQ

Daya layan I : 1MS + 1EU + 0,3EW_s

Daya layan IV : 1MS + 1EU + 0,7EW_s

Hasil analisis yang diperoleh dari kombinasi tersebut didapatkan gaya-gaya dalam yang bekerja pada setiap frame jembatan. Sehingga untuk menganalisis keamanan diperlukan nilai maksimum yang bekerja pada setiap kombinasi jembatan. Berikut adalah penomoran frame pada aplikasi SAP2000 yang dapat dilihat pada Gambar 5.6



Gambar 5.6 Penomoran Frame

Berikut adalah rekapitulasi gaya-gaya maksimum yang bekerja setelah di analisis pada aplikasi SAP2000. Yang dapat dilihat pada halaman selanjutnya.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Gaya Aksial Rangka Vertikal

Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
24	Kuat 3	-0.293	3.064	-1.7619
	Kuat 5	-0.084	0.875	0.5034
	Ekstrem 1	27.111	-49.962	28.7281
	Daya Layan 1	-0.063	0.657	0.3776
	Daya Layan 4	-0.146	1.532	0.881
Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
4	Kuat 3	0.03	1.896	1.0902
	Kuat 5	0.008658	0.542	0.3115
	Ekstrem 1	10.587	-65.925	37.9072
	Daya Layan 1	0.006494	0.406	0.2336
	Daya Layan 4	0.015	0.948	0.5451
Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
5	Kuat 3	0.007762	1.189	0.6838
	Kuat 5	0.002218	0.34	0.1954
	Ekstrem 1	10.047	-66.201	38.0654
	Daya Layan 1	0.001663	0.255	0.1465
	Daya Layan 4	0.003881	0.595	0.3419

Lanjutan Tabel 5.1 Rekapitulasi Gaya Aksial Rangka Vertikal

Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
6	Kuat 3	-0.006566	0.772	0.4438
	Kuat 5	-0.001876	0.221	0.0423
	Ekstrem 1	9.91	-58.487	33.63
	Daya Layan 1	-0.001407	0.165	0.0951
	Daya Layan 4	-0.003283	0.386	0.2219
Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
7	Kuat 3	-0.016	0.542	0.3117
	Kuat 5	-0.004619	0.155	-0.0891
	Ekstrem 1	10.104	-48.539	27.9098
	Daya Layan 1	-0.003464	0.116	0.0668
	Daya Layan 4	-0.008083	0.271	0.1559
Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
8	Kuat 3	0.036	0.444	0.2555
	Kuat 5	0.01	0.127	0.073
	Ekstrem 1	6.337	-41.567	23.9012
	Daya Layan 1	0.007622	0.095	0.0548
	Daya Layan 4	0.018	0.222	0.1278

Tabel 5.2 Rekapitulasi Gaya Aksial Rangka Horizontal

Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
10	Kuat 3	-1.548	0.146	0.0585
	Kuat 5	-0.663	0.063	0.0251
	Ekstrem 1	94.975	-15.826	6.3305
	Daya Layan 1	-0.663	0.063	0.0251
	Daya Layan 4	-1.548	0.146	0.0585
Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
11	Kuat 3	-0.663	0.187	0.0746
	Kuat 5	-0.189	0.053	0.0213
	Ekstrem 1	134.072	-14.281	5.7124
	Daya Layan 1	-0.142	0.04	0.016
	Daya Layan 4	-0.331	0.093	0.0373
Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
12	Kuat 3	1.073	0.123	0.0491
	Kuat 5	0.306	0.035	0.014
	Ekstrem 1	135.546	-12.158	4.863
	Daya Layan 1	0.184	0.026	0.0105
	Daya Layan 4	0.536	0.061	0.0245

Lanjutan Tabel 5.2 Rekapitulasi Gaya Aksial Rangka Horizontal

Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
13	Kuat 3	1.987	0.085	0.0342
	Kuat 5	0.568	0.024	0.0098
	Ekstrem 1	108.493	-9.424	3.7698
	Daya Layan 1	0.426	0.018	0.0073
	Daya Layan 4	0.993	0.043	0.0171
Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
14	Kuat 3	2.636	0.066	0.0263
	Kuat 5	0.753	0.019	0.0075
	Ekstrem 1	55.067	-6.618	2.6473
	Daya Layan 1	0.565	0.014	0.0056
	Daya Layan 4	1.318	0.033	0.0132
Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
15	Kuat 3	9.256	-0.293	0.0817
	Kuat 5	2.645	-0.084	0.0233
	Ekstrem 1	265.962	-154.554	12.5707
	Daya Layan 1	1.983	-0.046	0.0175
	Daya Layan 4	4.628	0.063	0.0408

Lanjutan Tabel 5.2 Rekapitulasi Gaya Aksial Rangka Horizontal

Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
16	Kuat 3	6.823	-0.187	0.0508
	Kuat 5	1.949	-0.053	0.0145
	Ekstrem 1	76.932	-131.797	9.8848
	Daya Layan 1	1.462	-0.04	0.0109
	Daya Layan 4	3.411	-0.093	0.0254
Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
17	Kuat 3	5.3	-0.123	0.0323
	Kuat 5	1.514	-0.035	0.0092
	Ekstrem 1	67.129	-97.372	7.3029
	Daya Layan 1	1.136	-0.026	0.0069
	Daya Layan 4	2.65	-0.061	0.0161
Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
18	Kuat 3	4.316	-0.085	0.0216
	Kuat 5	1.233	-0.014	0.0062
	Ekstrem 1	-40.993	-63.596	4.7697
	Daya Layan 1	0.925	-0.018	0.0046
	Daya Layan 4	2.158	-0.043	
Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
19	Kuat 3	3.631	-0.066	0.0162
	Kuat 5	1.037	-0.019	0.0046
	Ekstrem 1	-28.067	-29.892	2.2419
	Daya Layan 1	0.778	-0.014	0.0035
	Daya Layan 4	1.816	-0.033	0.0081

Tabel 5.3 Rekapitulasi Gaya Aksial Rangka Diagonal

Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
31	Kuat 3	-0.416	0.04	0.0262
	Kuat 5	-0.119	0.011	0.0075
	Ekstrem 1	-169.675	-1.557	1.0284
	Daya Layan 1	-0.089	0.008508	0.0056
	Daya Layan 4	-0.208	0.02	0.0131
Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
32	Kuat 3	0.511	0.053	0.0353
	Kuat 5	0.146	0.015	0.0101
	Ekstrem 1	184.814	-1.305	0.8623
	Daya Layan 1	0.109	0.011	0.0076
	Daya Layan 4	0.255	0.027	0.0176
Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
33	Kuat 3	-0.253	0.024	0.0158
	Kuat 5	-0.072	0.006824	0.0045
	Ekstrem 1	-129.787	-1.561	1.0311
	Daya Layan 1	-0.054	0.005118	0.0034
	Daya Layan 4	-0.127	0.012	0.0079

Lanjutan Tabel 5.3 Rekapitulasi Gaya Aksial Rangka Diagonal

Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
34	Kuat 3	0.323	0.034	0.0225
	Kuat 5	0.092	0.009717	0.0064
	Ekstrem 1	143.867	-1.461	0.9651
	Daya Layan 1	0.069	0.007288	0.0048
	Daya Layan 4	0.162	0.017	0.0112
Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
35	Kuat 3	-0.156	0.014	0.0095
	Kuat 5	-0.045	0.004128	0.0027
	Ekstrem 1	-91.905	-1.373	0.9067
	Daya Layan 1	-0.033	0.003096	0.002
	Daya Layan 4	-0.078	0.007224	0.0048
Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
36	Kuat 3	0.211	0.022	0.0148
	Kuat 5	0.06	0.006386	0.0042
	Ekstrem 1	105.345	-1.365	0.9016
	Daya Layan 1	0.045	0.004789	0.0032
	Daya Layan 4	0.105	0.011	0.0074

Lanjutan Tabel 5.3 Rekapitulasi Gaya Aksial Rangka Diagonal

Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
37	Kuat 3	-0.1	0.009099	0.006
	Kuat 5	-0.029	0.0026	0.0017
	Ekstrem 1	-54.824	-1.111	0.7335
	Daya Layan 1	-0.022	0.00195	0.0013
	Daya Layan 4	-0.05	0.00455	0.003
Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
38	Kuat 3	0.145	0.016	-0.0103
	Kuat 5	0.041	0.004445	-0.0029
	Ekstrem 1	67.931	-1.151	0.7601
	Daya Layan 1	0.031	0.003334	-0.0022
	Daya Layan 4	0.073	0.007778	0.0051
Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
39	Kuat 3	-0.073	0.006535	0.0043
	Kuat 5	-0.021	0.001867	0.0012
	Ekstrem 1	-17.537	-0.875	0.5782
	Daya Layan 1	-0.016	0.0014	0.000925
	Daya Layan 4	-0.037	0.003268	0.0022
Frame	Output	P (kN)	GESER (kNm)	MOMEN (kNm)
40	Kuat 3	0.111	0.012	0.0079
	Kuat 5	0.032	0.003422	-0.0023
	Ekstrem 1	30.587	-0.924	0.6101
	Daya Layan 1	0.024	0.002567	0.0017
	Daya Layan 4	0.056	0.005989	0.004

5.5.1 Struktur Rangka (Diafragma)

1. Rangka batang vertikal

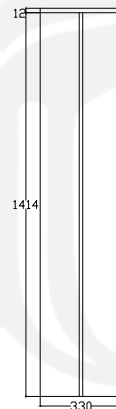
a. Kuat tekan

Gaya tekan maksimum yang terjadi pada rangka vertikal yang telah dianalisis berada pada frame 24 tipe PB1 dengan profil double channel 1414.330.12. Gaya tekan terjadi pada kombinasi Ekstrem I sebesar -0,293 kN yang dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Nilai Gaya Tekan Maksimum Rangka Vertikal

Dari data yang telah diperoleh maka dilakukan analisis tekan pada rangka batang vertikal sebagai berikut.



Gambar 5.8 Profil Double Channel 1414.330.12

(Sumber: Data Jembatan Kweritor oleh PUPR)

Tinggi (h)	= 1414 mm
Lebar (b)	= 330 mm
Tebal badan (tw)	= 12 mm
Tebal sayap (tf)	= 12 mm
Luas Penampang (A)	= 42504 mm ²
Inersia x (Ix)	= 9853000000 mm ⁴
Inersia y (Iy)	= 85449672 mm ⁴

Radius girasi x (r_x)	= 481,464 mm
Radius girasi y (r_y)	= 44,837 mm
Modulus elastisitas (E)	= 200000
Tegangan leleh (F_y)	= 250 MPa
Tegangan putus (F_u)	= 410 MPa
Tegangan tekan residual (F_r)	= 70 MPa
Faktor Panjang efektif (k_c)	= 1
Panjang batang (L)	= 1150 mm

1) Cek kelangsingan pada sayap

$$\lambda_f < \lambda_r$$

$$\frac{b_f}{t_f} < \frac{370}{\sqrt{F_y - F_r}}$$

$$\frac{0,5 b}{t_f} < \frac{370}{\sqrt{F_y - F_r}}$$

$$\frac{0,5 \times 330}{12} < \frac{370}{\sqrt{250 - 70}}$$

$$13,75 < 27,578$$

Karena $\lambda_f < \lambda_r$ maka profil tidak langsing.

2) Cek kelangsingan pada badan

$$\lambda_w < \lambda_r$$

$$\frac{h_t - (2 \times t_f)}{9} < \frac{2550}{\sqrt{F_y}}$$

$$\frac{1414 - (2 \times 12)}{9} < \frac{2550}{\sqrt{250}}$$

$$154,444 < 161,276$$

Karena $\lambda_w < \lambda_r$ maka profil tidak langsing.

3) Cek kelangsingan komponen struktur

$$\frac{L_k}{r} \leq 140$$

$$\frac{1150 \times 1}{44,837} \leq 140$$

$$25,648 < 140$$

Karena $\frac{L_k}{r} < 140$ maka profil tidak langsing.

4) Parameter kelangsingan

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \frac{L \times K_c}{r \times \pi} \times \sqrt{\frac{F_y}{E}} \\ &= \frac{1150 \times 1}{44,837 \times \pi} \times \sqrt{\frac{250}{200000}} \\ &= 0,288\end{aligned}$$

Karena $\lambda_c \leq 1,5$ maka digunakan rumus berikut untuk perhitungan gaya tekan nominal.

$$\begin{aligned}P_n &= 0,66^{\lambda_c^2} \times A_g \times F_y \\ &= 0,66^{0,288^2} \times 42504 \times 250 \\ &= 10264074,44 \text{ N} \\ \phi P_n &= \phi \times P_n \\ &= 0,85 \times 10264074,44 \\ &= 8724463,271 \text{ N} \\ &= 8742,463 \text{ kN}\end{aligned}$$

5) Cek keamanan profil

$$\begin{aligned}P_u &< P_n \\ 0,293 \text{ kN} &< 8742,463 \text{ kN (Memenuhi)}\end{aligned}$$

b. Kuat tarik

Gaya tarik maksimum yang terjadi pada rangka vertikal yang telah dianalisis berada pada frame 24 tipe PB1 dengan profil double channel 1414.330.12. Gaya tarik terjadi pada kombinasi Ekstrem I sebesar +27,111 kN yang dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Nilai Gaya Tarik Maksimum Rangka Vertikal

Dari data yang telah diperoleh maka dilakukan analisis tarik pada rangka batang vertikal sebagai berikut.

1) Luas penampang netto

$$A_{nt} = A_g - (n \times d \times t_f)$$

$$= 42504 - (8 \times 20 \times 12)$$

$$= 40584 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ant} < 0,85A_g$$

$$40584 < 0,85 \times 42504$$

$$40932 \text{ mm}^2 > 36128,4 \text{ mm}^2$$

Karena $\text{Ant} > 0,85A_g$ sehingga luas yang digunakan adalah $36128,4 \text{ mm}^2$.

2) Eksentrisitas penampang

$$x = 14 \text{ mm}$$

$$l_s = 26 \text{ mm}$$

3) Faktor reduksi

$$U = 1 - \frac{14}{26}$$

$$= 1 - \frac{14}{26}$$

$$= 0,5$$

4) Luas penampang efektif

$$A_e = \text{Ant} \times U$$

$$= 36128,4 \times 0,5$$

$$= 18064,2 \text{ mm}^2$$

5) Kuat tarik nominal

Kuat tarik nominal berdasarkan kelelahan pada penampang bruto

$$\phi P_n = \phi \times A_g \times F_y$$

$$= 0,9 \times 42504 \times 250$$

$$= 9563400 \text{ N}$$

$$= 9563,4 \text{ kN}$$

Kuat tarik nominal berdasarkan fraktur pada penampang efektif

$$\phi P_n = \phi \times A_e \times F_u$$

$$= 0,75 \times 18064,2 \times 410$$

$$= 5554741,5 \text{ N}$$

$$= 5554,7415 \text{ kN}$$

Kuat batang tarik yang dipakai $\phi P_n = 5554,7415 \text{ kN}$

6) Cek keamanan profil

$$P_u < \phi P_n$$

$$27,111 \text{ kN} < 5554,7415 \text{ kN (Memenuhi)}$$

2. Rangka batang Horizontal

a. Kuat tekan

Gaya tekan maksimum yang terjadi pada rangka horizontal yang telah dianalisis berada pada frame 15 tipe BRA1 dengan profil L.120.80.8. Gaya tekan terjadi pada kombinasi Ekstrem I sebesar -63,462 kN yang dapat dilihat pada Gambar 5.10. Pada halaman Selanjutnya.



Gambar 5.10 Nilai Gaya Tekan Maksimum Rangka Horizontal

Dari data yang telah diperoleh maka dilakukan analisis tekan pada rangka batang horizontal sebagai berikut.

Tinggi (h)	= 120 mm
Lebar (b)	= 80 mm
Tebal badan (tw)	= 8 mm
Tebal sayap (tf)	= 8 mm
Luas Penampang (A)	= 1536 mm ²
Inersia x (Ix)	= 2284032 mm ⁴
Inersia y (Iy)	= 829952 mm ⁴
Radius girasi x (rx)	= 38,562 mm
Radius girasi y (ry)	= 23,245 mm
Modulus elastisitas (E)	= 200000
Tegangan leleh (Fy)	= 250 MPa
Tegangan putus (Fu)	= 410 MPa
Tegangan tekan residual (Fy)	= 70 MPa
Faktor Panjang efektif (kc)	= 1
Panjang batang (L)	= 1600 mm

1) Cek kelangsingan pada sayap

$$\begin{aligned}\lambda_f &< \lambda_r \\ \frac{bf}{tf} &< \frac{370}{\sqrt{F_y - F_r}} \\ \frac{0,5 b}{tf} &< \frac{370}{\sqrt{F_y - F_r}} \\ \frac{0,5 \times 80}{8} &< \frac{370}{\sqrt{250 - 70}} \\ 5 &< 27,578\end{aligned}$$

Karena $\lambda_f < \lambda_r$ maka profil tidak langsing.

2) Cek kelangsingan pada badan

$$\begin{aligned}\lambda_w &< \lambda_r \\ \frac{ht - (2 \times tf)}{9} &< \frac{2550}{\sqrt{F_y}} \\ \frac{120 - (2 \times 8)}{9} &< \frac{2550}{\sqrt{250}} \\ 11,555 &< 161,276\end{aligned}$$

Karena $\lambda_w < \lambda_r$ maka profil tidak langsing.

3) Cek kelangsingan komponen struktur

$$\begin{aligned}\frac{L_k}{r} &\leq 140 \\ \frac{1600 \times 1}{23,2} &\leq 140 \\ 68,832 &< 140\end{aligned}$$

Karena $\frac{L_k}{r} < 140$ maka profil tidak langsing.

4) Parameter kelangsingan

$$\begin{aligned}\lambda_c &= \frac{L \times K_c}{r \times \pi} \times \sqrt{\frac{F_y}{E}} \\ &= \frac{1600 \times 1}{23,245 \times \pi} \times \sqrt{\frac{250}{200000}} \\ &= 0,775\end{aligned}$$

Karena $\lambda_c \leq 1,5$ maka digunakan rumus berikut untuk perhitungan gaya tekan nominal.

$$\begin{aligned}P_n &= 0,66^{\lambda_c^2} \times A_g \times F_y \\ &= 0,66^{0,775^2} \times 1536 \times 250\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 299184,2321 \text{ N} \\
 \phi P_n &= \phi \times P_n \\
 &= 0,85 \times 299184,2321 \\
 &= 254307 \text{ N} \\
 &= 254,307 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

5) Cek keamanan profil

$$\begin{aligned}
 P_u &< P_n \\
 63,462 \text{ kN} &< 254,307 \text{ kN (Memenuhi)}
 \end{aligned}$$

b. Kuat tarik

Gaya tarik maksimum yang terjadi pada rangka horizontal yang telah dianalisis berada pada frame 10 tipe BRA1 dengan profil L.120.80.8. Gaya tarik terjadi pada kombinasi Ekstrem I sebesar +265,962 kN yang dapat dilihat pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Nilai Gaya Tarik Maksimum Rangka Horizontal

Dari data yang telah diperoleh maka dilakukan analisis tarik pada rangka batang horizontal sebagai berikut.

1) Luas penampang netto

$$\begin{aligned}
 A_{nt} &= A_g - (n \times d \times t_f) \\
 &= 1536 - (4 \times 20 \times 8) \\
 &= 896 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$A_{nt} < 0,85A_g$$

$$896 < 0,85 \times 1536$$

$$896 \text{ mm}^2 < 1305,6 \text{ mm}^2$$

Karena $A_{nt} < 0,85A_g$ sehingga luas yang digunakan adalah 896 mm^2

2) Eksentrisitas penampang

$$x = 14 \text{ mm}$$

$$l_s = 26$$

3) Faktor reduksi

$$\begin{aligned}
 U &= 1 - \frac{x}{L_s} \\
 &= 1 - \frac{14}{26} \\
 &= 0,5
 \end{aligned}$$

4) Luas penampang efektif

$$\begin{aligned}
 A_e &= A_n \times U \\
 &= 896 \times 0,5 \\
 &= 448 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

5) Kuat tarik normal

a) Kuat tarik nominal berdasarkan kelelahan pada penampang bruto

$$\begin{aligned}
 \phi P_n &= \phi \times A_g \times F_y \\
 &= 0,9 \times 1536 \times 250 \\
 &= 345600 \text{ N} \\
 &= 345 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

b) Kuat tarik nominal berdasarkan fraktur pada penampang efektif

$$\begin{aligned}
 \phi P_n &= \phi \times A_e \times F_u \\
 &= 0,75 \times 446 \times 410 \\
 &= 137145 \\
 &= 137,145 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kuat batang tarik yang dipakai $\phi P_n = 137,145 \text{ kN}$

6) Cek keamanan profil

$$\begin{aligned}
 P_u &< \phi P_n \\
 265,962 \text{ kN} &> 137,145 \text{ kN} \text{ (Tidak memenuhi)}
 \end{aligned}$$

3. Rangka batang Diagonal

a. Kuat tekan

Gaya tekan maksimum yang terjadi pada rangka diagonal yang telah dianalisis berada pada frame 31 tipe BRA2 dengan profil L.60.60.6. Gaya tekan terjadi pada kombinasi Ekstrem I sebesar -169,675 kN yang dapat dilihat pada Gambar 5.12. Pada halaman selanjutnya.



Gambar 5.12 Nilai Gaya Tekan Maksimum Rangka Diagonal

Dari data yang diperoleh maka dilakukan analisis tekan pada rangka batang diagonal sebagai berikut. Pada halaman selanjutnya.

Tinggi (h)	= 60 mm
Lebar (b)	= 60 mm
Tebal badan (tw)	= 6 mm
Tebal sayap (tf)	= 6 mm
Luas Penampang (A)	= 684 mm ²
Inersia x (Ix)	= 233285,68 mm ⁴
Inersia y (Iy)	= 233285,68 mm ⁴
Radius girasi x (rx)	= 18,468 mm
Radius girasi y (ry)	= 18,468 mm
Modulus elastisitas (E)	= 200000
Tegangan leleh (Fy)	= 250 MPa
Tegangan putus (Fu)	= 410 MPa
Tegangan tekan residual (Fy)	= 70 MPa
Faktor Panjang efektif (kc)	= 1
Panjang batang (L)	= 1000

1) Cek kelangsingan pada sayap

$$\lambda_f < \lambda_r$$

$$\frac{b_f}{t_f} < \frac{370}{\sqrt{F_y - F_r}}$$

$$\frac{0,5 b}{t_f} < \frac{370}{\sqrt{F_y - F_r}}$$

$$\frac{0,5 \times 60}{6} < \frac{370}{\sqrt{250 - 70}}$$

$$5 < 27,578$$

Karena $\lambda_f < \lambda_r$ maka profil tidak langsing.

2) Cek kelangsingan pada badan

$$\lambda_w < \lambda_r$$

$$\frac{ht - (2 \times tf)}{9} < \frac{2550}{\sqrt{F_y}}$$

$$\frac{60 - (2 \times 6)}{9} < \frac{2550}{\sqrt{250}}$$

$$5,333 < 161,276$$

Karena $\lambda_w < \lambda_r$ maka profil tidak langsing.

3) Cek kelangsingan komponen struktur

$$\frac{L_k}{r} \leq 140$$

$$\frac{1000 \times 1}{18,468} \leq 140$$

$$54,148 < 140$$

4) Parameter kelangsingan

$$\begin{aligned} \lambda_c &= \frac{L \times K_c}{r \times \pi} \times \sqrt{\frac{F_y}{E}} \\ &= \frac{1000 \times 1}{18,468 \times \pi} \times \sqrt{\frac{250}{200000}} \\ &= 0,609 \end{aligned}$$

Karena $\lambda_c \leq 1,5$ maka digunakan rumus berikut untuk perhitungan gaya tekan nominal.

$$\begin{aligned} P_n &= 0,66^{\lambda_c^2} \times A_g \times F_y \\ &= 0,66^{0,609^2} \times 684 \times 250 \\ &= 146526,54 \text{ N} \\ \phi P_n &= \phi \times P_n \\ &= 0,85 \times 146526,54 \\ &= 124547,56 \text{ N} \\ &= 124,547 \text{ kN} \end{aligned}$$

5) Cek keamanan profil

$$P_u < \phi P_n$$

$$169,675 \text{ kN} > 124,547 \text{ kN (Tidak memenuhi)}$$

b. Kuat tarik

Gaya tarik maksimum yang terjadi pada rangka diagonal yang telah dianalisis berada pada frame 32 tipe BRA2 dengan profil L.60.60.6. Gaya tarik terjadi pada kombinasi Ekstrem I sebesar 184,814 kN yang dapat dilihat pada Gambar 5.13.



Gambar 5.13 Nilai Gaya Tarik Maksimum Rangka Diagonal

Dari data yang diperoleh maka dilakukan analisis tarik pada rangka batang diagonal sebagai berikut.

1) Luas penampang netto

$$\begin{aligned} A_g &= A_s \\ &= 684 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

2) Kuat tarik normal

Kuat tarik nominal berdasarkan kelelahan pada penampang bruto

$$\begin{aligned} \phi P_n &= \phi \times A_g \times F_y \\ &= 0,9 \times 684 \times 250 \\ &= 153900 \text{ N} \\ &= 153,9 \text{ kN} \end{aligned}$$

3) Cek keamanan profil

$$\begin{aligned} P_u &< \phi P_n \\ 184,814 \text{ kN} &< 153,9 \text{ kN (Tidak memenuhi)} \end{aligned}$$

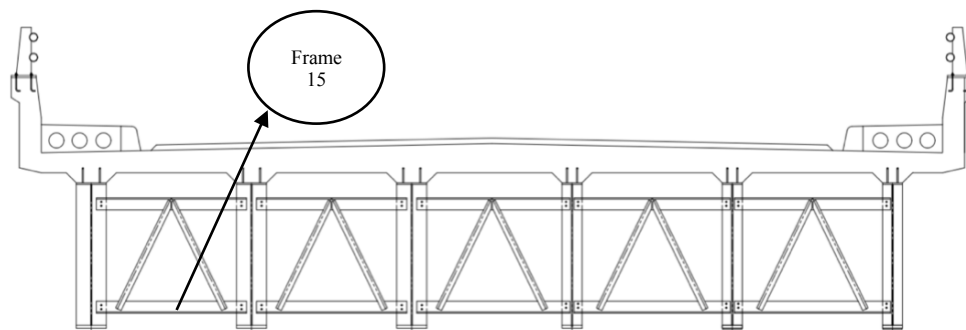
Berikut adalah hasil rekapitulasi analisis keamanan gaya dalam Jembatan Kweritor yang dapat dilihat pada Tabel 5.4. Pada halaman selanjutnya.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Hasil Analisis Keamanan Gaya Dalam

Rangka	frame	Profil	kombinasi	Aksi	Pu (kN)	Pn (kN)	SF	Keterangan
Vertikal	24	PB1	Eksrem I	Tekan	0,293	8742,463	≤ 1	Memenuhi
	24	PB1	Eksrem I	Tarik	27,111	5554,741	≤ 1	Memenuhi
Horizontal	15	BRA 1	Eksrem I	Tekan	63,462	254,304	≤ 1	Memenuhi
	10	BRA 1	Eksrem I	Tarik	265,962	137,145	> 1	Tidak Memenuhi
Diagonal	31	BRA2	Eksrem I	Tekan	169,675	124,547	> 1	Tidak Memenuhi
	32	BRA2	Eksrem I	Tarik	184,814	153,900	> 1	Tidak Memenuhi

5.5.2 Kontrol jumlah Sambungan Baut

Kontrol jumlah sambungan baut dilakukan dengan tujuan mengetahui apakah jumlah baut yang digunakan aman terhadap gaya tarik, gaya geser dan kuat tumpu. Gaya maksimum pada rangka sambungan berada pada frame 15, tipe BRA1 profil L 120.80.8. Dengan letak sambungan dapat dilihat pada Gambar 5.14 dan Gambar 5.15



Gambar 5.14 Potongan Melintang Jembatan
(Sumber: Data Jembatan Kweritor oleh PUPR)



Gambar 5.15 Letak Sambungan pada Frame 15
(Sumber: Data Jembatan Kweritor oleh PUPR)

Berikut adalah perhitungan sambungan baut.

$$\text{Tinggi (h)} = 120 \text{ mm}$$

$$\text{Lebar (b)} = 80 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal badan (tw)} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal sayap (tf)} = 8 \text{ mm}$$

$$\text{Tegangan leleh (fy)} = 250 \text{ MPa}$$

$$= 2500 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tegangan putus (fu)} = 410 \text{ MPa}$$

$$= 4100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Mutu baut} = \text{A307}$$

$$\text{n baut} = 4 \text{ buah}$$

$$\text{Diameter baut} = 20 \text{ mm}$$

$$= 2 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter lubang} = 22 \text{ mm}$$

$$= 2,2 \text{ cm}$$

$$\text{Fu}_b = 310 \text{ MPa}$$

$$= 3100 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Pu}_{\text{max}} = 154,554 \text{ kN}$$

$$= 15760,12 \text{ Kg}$$

$$\text{Mu}_{\text{max}} = 12,57 \text{ kN}$$

$$= 1281,78 \text{ Kg}$$

$$\text{Luas baut (Ab)} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2$$

$$= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 2^2$$

$$= 3,14 \text{ cm}$$

Kuat tarik desain

$$\phi R_{nt} = \phi \times 0,75 \times f_u \times A_b$$

$$= 0,75 \times 0,75 \times 3100 \times 3,14$$

$$= 5475,375 \text{ Kg}$$

Kuat geser desain

$$m = 2$$

$$\phi R_{nv} = \phi \times 0,6 \times f_u \times A_b \times m$$

$$= 0,75 \times 0,6 \times 3100 \times 2$$

$$= 8760,6 \text{ Kg}$$

Kekuatan tumpu desain baut

$$\phi R_n = \phi \times 2,4 \times d_l \times t_w \times f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2,2 \times 0,8 \times 4100$$

$$= 12988,8 \text{ Kg}$$

Dari perhitungan sambungan baut di atas di ambil nilai terkecil yaitu sebesar 5475,375 Kg.

$$\text{Luas penampang (Ag)} = 1536 \text{ mm}^2$$

$$= 15,36 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas netto (Ant)} = \text{Ag} - (4 \times d \times t_f)$$

$$= 15,36 - (4 \times 2 \times 0,8)$$

$$= 8,96 \text{ cm}^2$$

Kuat nominal keadaan batas leleh

$$\phi P_n = 0,9 \times f_y \times \text{Ant}$$

$$= 0,9 \times 2500 \times 8,96$$

$$= 20160 \text{ Kg}$$

Kuat nominal keadaan batas retakan

$$\phi P_n = 0,75 \times f_y \times \text{Ant}$$

$$= 0,75 \times 2500 \times 8,96$$

$$= 16800 \text{ Kg}$$

Dari perhitungan di atas diambil nilai terkecil sebesar 16800 Kg = 164,75 kN.

Cek keamanan geser baut

$$P_u < \phi P_n$$

$$154,554 \text{ kN} < 164,75 \text{ kN (Aman)}$$

Jumlah baut minimum

$$n_{\min} = P_u / \phi R_n$$

$$= 154,554 / 53,7$$

$$= 2,878$$

Cek keamanan jumlah baut

$$n > n_{\min}$$

$$4 > 2,878 \text{ (aman)}$$

5.5.3 Lendutan jembatan

Berdasarkan hasil analisis SAP 2000, rangka jembatan yang mengalami lendutan maksimum pada kombinasi ekstrem I dan kuat 3 pada frame 46 sebesar (-)0,002761 mm. Berdasarkan RSNI-T-03-2005 lendutan pada jembatan tidak boleh melebihi $L/1000$.

$$\begin{aligned} \text{Lendutan}_{\text{maks}} &= 9000/1000 \\ &= 9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil analisis lendutan pada kombinasi terhadap Batasan lendutan yang telah diperhitungkan.

Tabel 5.5 Batasan Lendutan Terhadap Hasil Analisis

Kombinasi	Nilai Lendutan (mm)	Batasan ijin (mm)	Keterangan
Kuat 3	2,761	9	Memenuhi
Kuat 5	0,004		Memenuhi
Ekstrim 1	2,761		Memenuhi
Daya layan 1	2,512		Memenuhi

5.6 Pembahasan Hasil Analisis

Struktur yang dianalisis adalah struktur diafragma berupa rangka. Struktur rangka pada umumnya merupakan struktur yang dibebani oleh gaya aksial kemudian menghasilkan gaya dalam berupa tarik dan tekan. Pada analisis gaya dalam, didapatkan gaya maksimum diafragma jembatan. hasil yang diperoleh rangka vertikal memenuhi aksi tekan dan tarik, rangka horizontal memenuhi aksi tekan namun tidak memenuhi aksi tarik dan rangka diagonal tidak memenuhi aksi tekan maupun tarik.

Analisis pembebanan dilakukan dengan menggunakan SNI 1725:2016 menggantikan RSNI T-02-2004. Sebagai struktur diafragma gaya dalam yang terjadi diakibatkan oleh beban lateral berupa gempa dan angin pada profil BRA 1 dan BRA 2 di kombinasi ekstrem 1. Karena proses penelitian ini menggunakan

peraturan pembebanan gempa terbaru sehingga pada rangka yang tidak memenuhi persyaratan gaya dalamnya, terjadi akibat dari perubahan gaya gempa yang meningkat pada SNI terbaru. Meskipun jembatan yang dianalisis menggunakan SNI terbaru tidak memenuhi syarat namun diafragma tidak mengalami keruntuhan. Hal tersebut dikarenakan terdapat kemungkinan gaya gempa yang terjadi hingga saat ini belum sebesar yang direncanakan oleh SNI terbaru. Pada penelitian ini pun, mengambil struktur diafragma saja dan belum memperhitungkan gelagar yang merupakan balok tinggi, maupun struktur komposit lainnya. Mengingat hal tersebut maka hasil analisis diafragma ini bukan merupakan satu-satunya parameter untuk menentukan struktur jembatan secara keseluruhan aman atau tidak.

Lendutan yang didapatkan berdasarkan hasil analisis *software* meninjau sepanjang bentang diafragma yaitu 9 m. hasil yang didapatkan pada Tabel 5.5 menunjukkan pada semua kombinasi pembebanan masih lebih kecil daripada lendutan izin. Hal ini dikarenakan kombinasi yang terjadi parsial pada diafragma.

Penelitian tugas akhir ini selain meninjau gaya dalam juga meninjau sambungan sebagai salah satu sistem di struktur rangka. Dalam menganalisis sambungan diperhitungkan beberapa hal yakni kuat tarik, kuat geser dan kuat tumpu. Hasil yang didapatkan sistem sambungan kapasitasnya memenuhi hasil gaya dalam akibat pembebanan yang terjadi.

Hasil analisis yang telah dilakukan diperoleh analisis tarik, tekan, lendutan dan sambungan. Hasil analisis menunjukkan terdapat beberapa gaya dalam yang tidak memenuhi peraturan terbaru. Sehingga Perubahan SNI yang berlaku berpengaruh terhadap respon jembatan. Perubahan yang terjadi perlu dilakukan peninjauan Kembali pada bangunan jembatan bangunan atas maupun bangunan bawah. Sehingga, Dengan adanya perubahan tersebut Jembatan Kweritor yang menggunakan pembebanan RSNI T-02-2004 perlu ditinjau kembali untuk melihat respon jembatan secara keseluruhan, dengan tujuan melihat keamanan struktur jembatan bagi masyarakat Papua.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

1.1 Kesimpulan

Berikut adalah hasil analisis gaya dalam pada Jembatan Kweritor menggunakan standar pembebanan jembatan SNI 1725:206.

1. Hasil perhitungan analisis pada diafragma aksi tarik diperoleh rangka vertikal $P_u < P_n$, rangka horizontal $P_u > P_n$ dan rangka diagonal $P_u > P_n$. Selanjutnya aksi tekan diperoleh rangka vertikal $P_u < P_n$, rangka horizontal $P_u < P_n$ dan rangka diagonal $P_u > P_n$. Sedangkan pada analisis lendutan diafragma didapatkan batas maksimum < batas ijin pada semua jenis kombinasi.
2. Hasil analisis gaya dalam pada diafragma aksi tarik rangka vertikal memenuhi, rangka horizontal tidak memenuhi dan rangka diagonal tidak memenuhi. Selanjutnya aksi tekan diperoleh rangka vertikal memenuhi, rangka horizontal memenuhi dan rangka diagonal tidak memenuhi. Sedangkan pada analisis lendutan diafragma memenuhi persyaratan pada semua jenis kombinasi.
3. Sambungan baut pada struktur rangka jembatan mengalami aksi tarik dengan besar gaya tarik yang terjadi yaitu 154,554 kN dan gaya tarik nominal sebesar 164,75 kN sehingga sambungan baut dalam kondisi aman. Kemudian jumlah minimum baut sebesar 2,878 sedangkan baut yang digunakan yakni 4 buah yang dimana lebih besar dibandingkan angka minimumnya. Maka, jumlah baut dikatakan aman.

1.2 Saran

Dari hasil analisis yang telah dilakukan terdapat beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi pertimbangan untuk penelitian selanjutnya. Berikut adalah saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian selanjutnya.

1. Dapat dilakukan analisis terhadap peraturan terbaru pada jembatan- jembatan lama dengan meninjau bangunan atas dan bangunan bawah jembatan.
2. Dapat diberikan analisis secara keseluruhan dengan metode lain misalnya perbandingan kapasitas maupun metode yang meninjau faktor kelelahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2004. *RSNI T-12-2004: Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2005. *RSNI T-03-2005: Perencanaan Struktur Baja Untuk Jembatan*. BSN. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. *SNI 1725:2016: Pembebanan untuk Jembatan*. BSN. Jakarta.
- Bangunan Dan Sipil. 2019. *Jembatan Beton Komposit*, diakses dari <https://wikisipil.blogspot.com/2019/05/jembatan-beton-komposit.html>, pada 12 Mei 2022.
- Dewobroto, E. (2016). *Stuktur Baja Perilaku, Analisis Desain – AISC 2010* (edisi ke 2). Tangerang: Universitas Pelita Harapan.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. Tanpa Tahun. *Standar Jembatan Gelagar Komposit*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2017. *Surat edaran No. 05/SE/Db/2017*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Docplayer. 2017. *Ada Dua Jenis Tipe Jembatan Komposit yang Umum Digunakan sebagai Desain*, diakses dari <https://docplayer.info/60011282-Ada-dua-jenis-tipe-jembatan-komposit-yang-umum-digunakan-sebagai-desain-yaitu-tipe-multi-girder-bridge-dan-ladder-deck-bridge-penentuan-pemilihan.html>, pada 20 Mei 2022.
- Ihsan, M. *Evaluasi Sambungan Baut Pada Jembatan Rangka Baja (Studi kasus : Jembatan Way Bobot, Pulau Seram)*. (Tidak Diterbitkan). Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional Bandung. Bandung.
- Kementrian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat. 2021. *Infrastruktur Papua dan Papua Barat Terus Dibangun Kementrian PUPR, Dari Jalan Hingga*

Pemukiman, diakses dari <https://www.pu.go.id/berita/infrastruktur-papua-dan-papua-barat-terus-dibangun-kementerian-pupr-dari-jalan-hingga-pemukiman>, pada 1 Januari 2022.

Muluk, A.A.T. 2021. Analisis Rating Factor Jembatan Sardjito I Dengan Menggunakan Pembebanan SNI 1725:2016. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Setiyarto, Y.D. 2017. Standar Pembebanan Pada Jembatan Menurut SNI 1725:2016. *Repository*. No. VII-10. Bandung.

Sumiyanto, J. Tanpa Tahun. *Struktur Jembatan Komposit*, diakses dari <http://staffnew.uny.ac.id/staff/132135231>, Pada 1 Maret 2022.

Tim Pelaksana Pusat Kegiatan PISEW. (2020). *Buku Saku Petunjuk Konstruksi Jembatan*. Kementrian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Cipta Karya. Jakarta.

Pramesthi, N.R. 2021. Kontrol Struktur Jembatan Rangka Baja Terpasang Terhadap Pembebanan Menurut SNI 1725:2016. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Wardi, dkk. Perencanaan Jembatan Rangka Baja Tipe *Warren Truss* Di Kota Padang. (Tidak Diterbitkan). Universitas Bung Hatta. Padang.

Yoga, M. Perencanaan Jembatan Kedungjati Menggunakan Struktur Atas Tipe *Warren*. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.



LAMPIRAN



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA
 BALAI BESAR PELAKSANAAN JALAN NASIONAL X
 SATKER PERENCANAAN DAN PENGAWASAN JALAN NASIONAL
 PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN WILAYAH I

PERENCANAAN TEKNIS JEMBATAN
 WILAYAH JAYAPURA I
 PROVINSI PAPUA

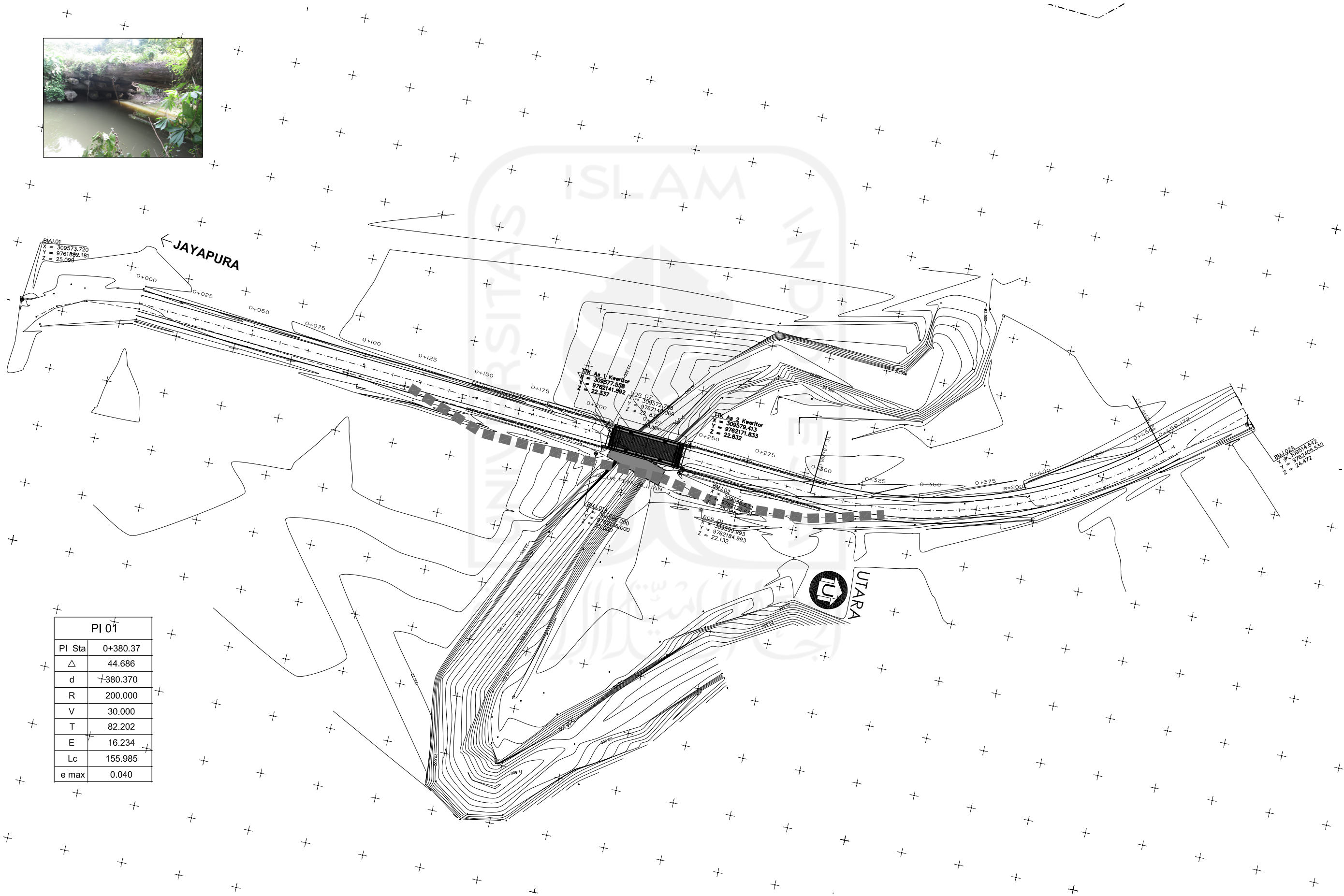
No. Paket	Provinsi	Ruas Jalan
	PAPUA	NIMBOTONG - SARMI
Lokasi	JEMBATAN S. KWERITOR KM 226+200	

Konsultan Perencana
PT.ARCENDE

Digambar Oleh :	Direncanakan :	Diketahui :
Dr. Ir. ASWANDY MT Bridge Engineer	Dr. Ir. ASWANDY MT Bridge Engineer	Ir. DICK BATUNA Team Leader

Judul Gambar :
SITUASI

Gambar No. : 01	
Skala	1 : 1500



PI 01	
PI Sta	0+380.37
Δ	44.686
d	+380.370
R	200.000
V	30.000
T	82.202
E	16.234
Lc	155.985
e max	0.040

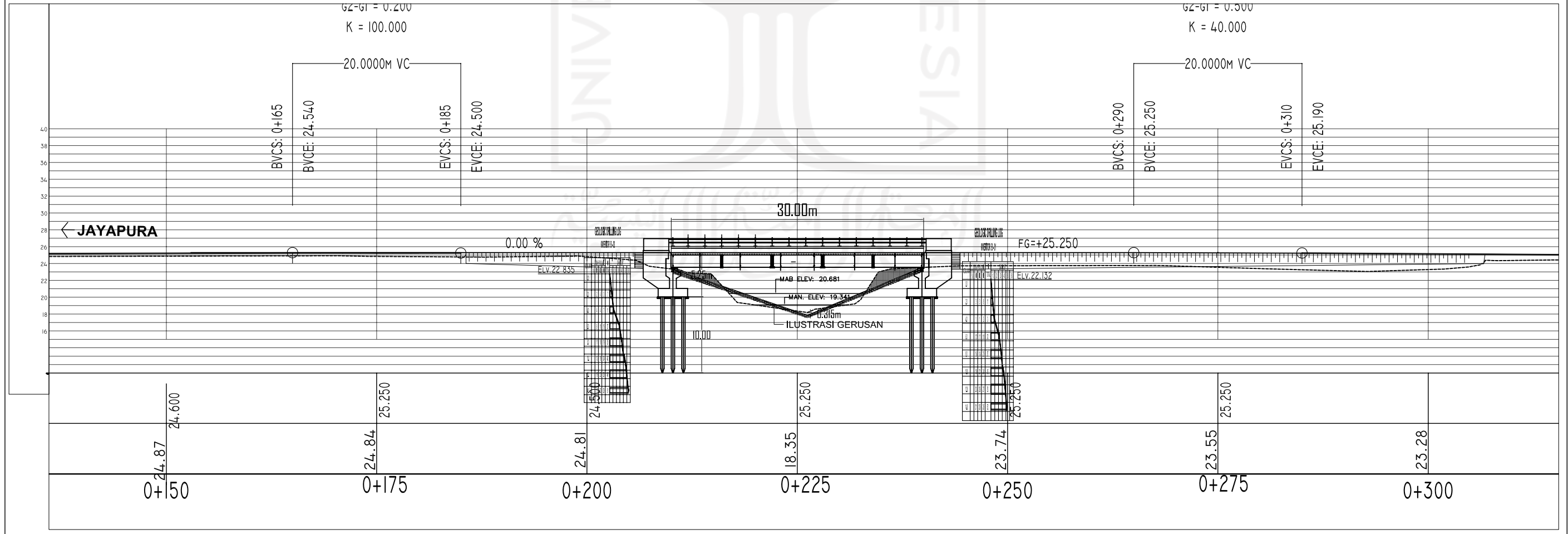
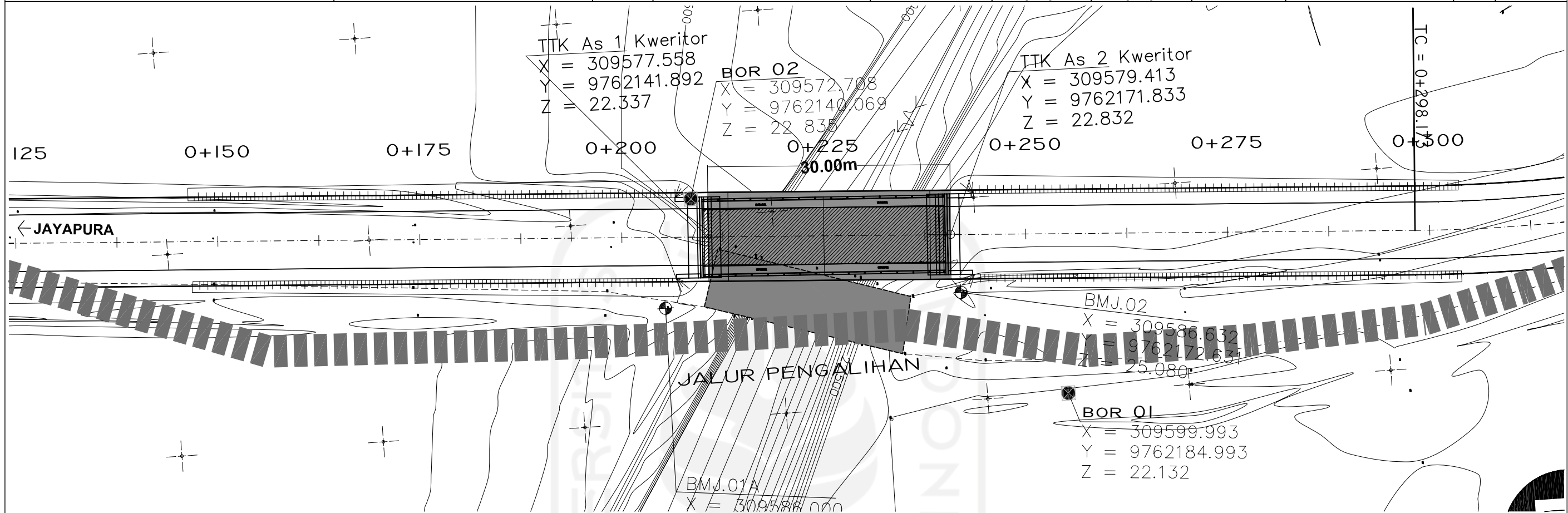


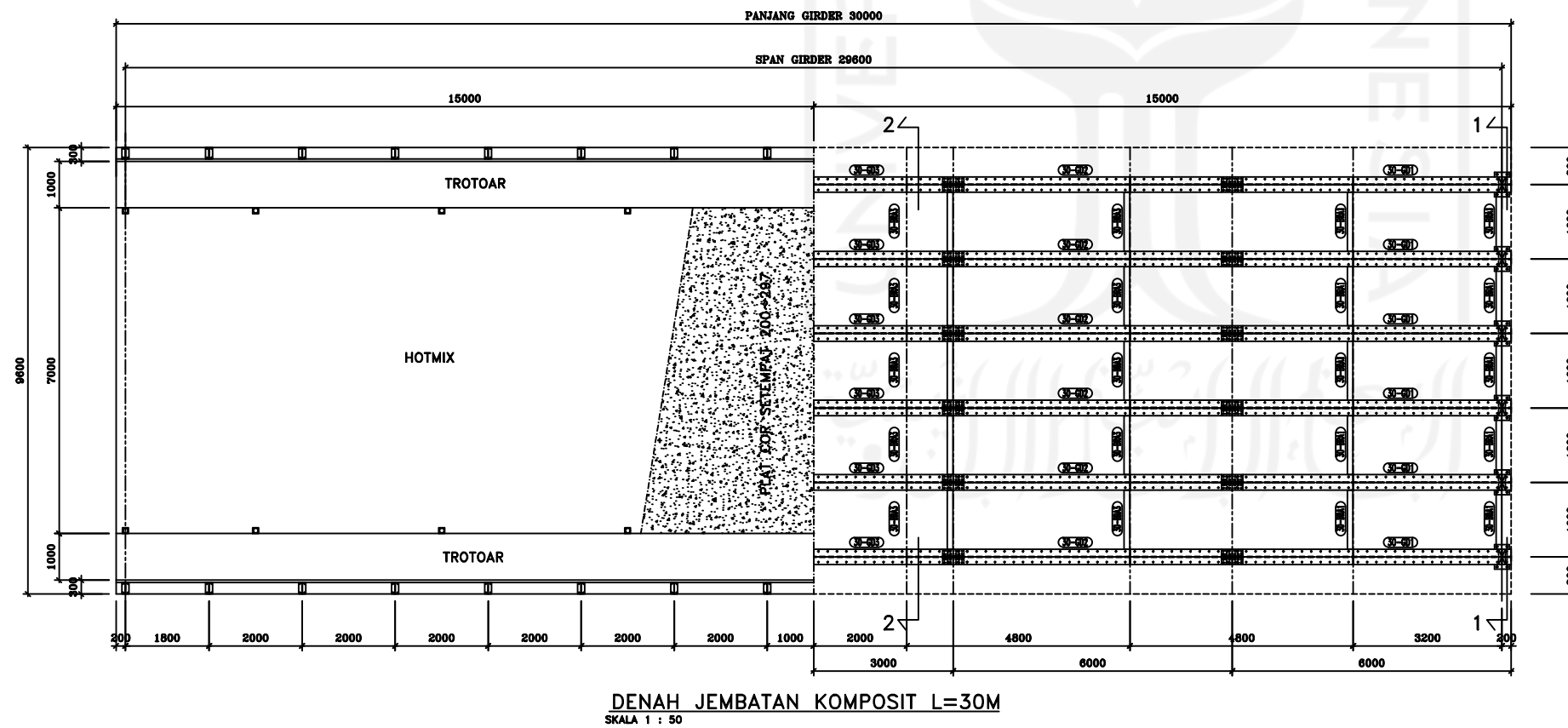
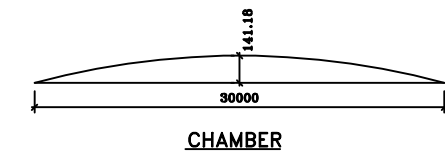
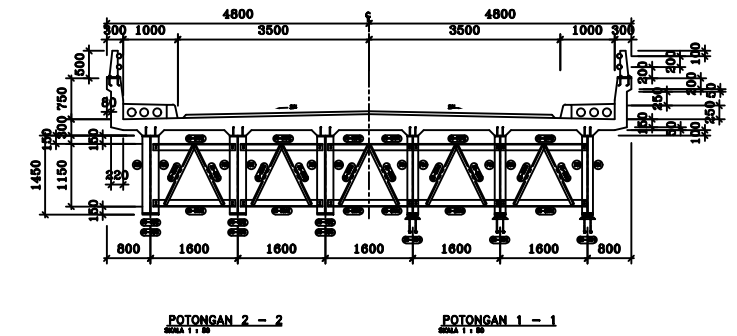
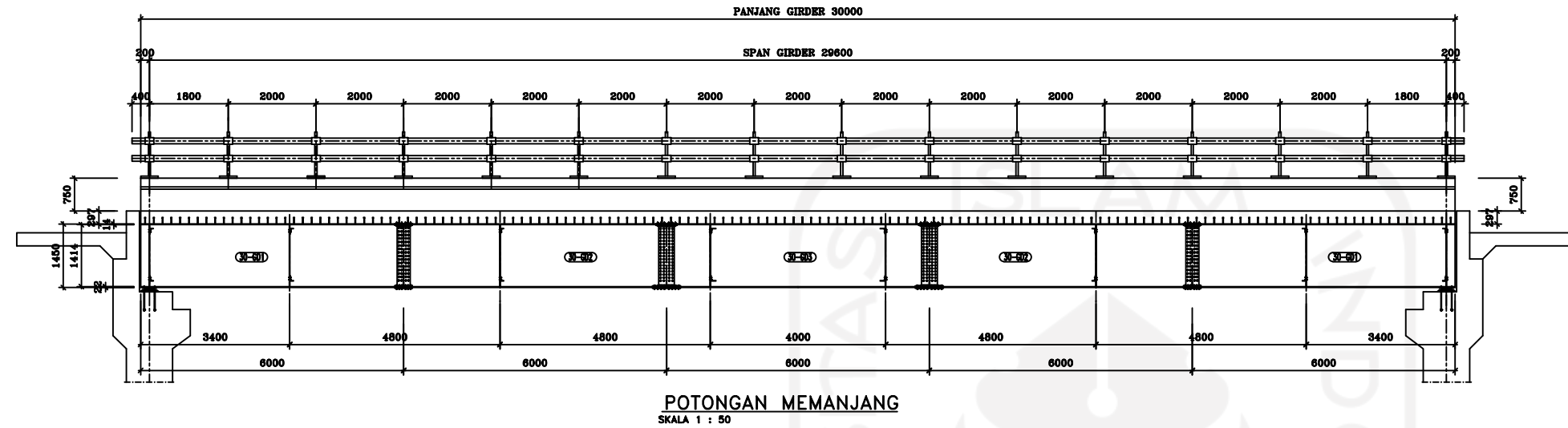


KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA
 BALAI BESAR PELAKSANAAN JALAN NASIONAL X
 SATKER PERENCANAAN DAN PENGAWASAN JALAN NASIONAL
 PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN WILAYAH I

PERENCANAAN TEKNIS JEMBATAN
 WILAYAH JAYAPURA I
 PROVINSI PAPUA

No. Paket	Provinsi	Ruas Jalan	Konsultansi Perencana	Digambar Oleh :	Direncanakan :	Diketahui :	Judul Gambar :	Gambar No. : 02
	PAPUA	NIMBOTONG - SARMI	PT.ARCENDE	<i>Aswandy</i>	<i>Aswandy</i>	<i>Dick Batuna</i>	DENAH DAN POTONGAN	Skala
Lokasi	JEMBATAN S. KWERITOR KM 226+200			Dr. Ir. ASWANDY MT Bridge Engineer	Dr. Ir. ASWANDY MT Bridge Engineer	Ir. DICK BATUNA Team Leader		H = 1 : 650 V = 1 : 650



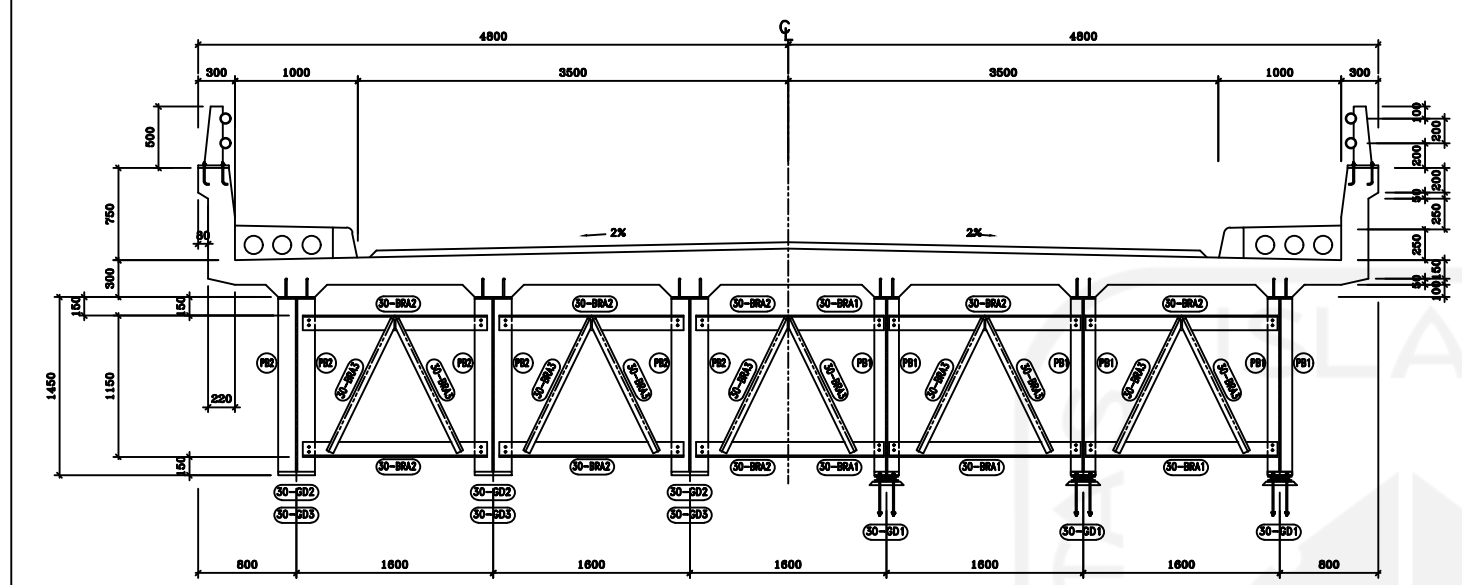


REAKSI HORIZONTAL

GEMPA	76.5 KN
ANGIN	15.66 KN
REM	21.17 KN

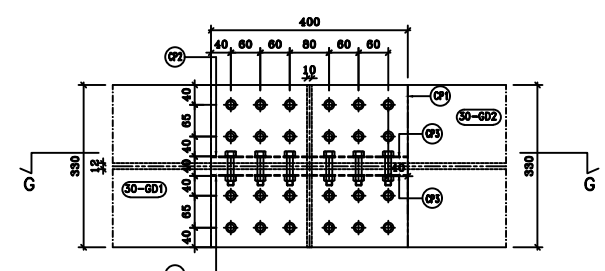
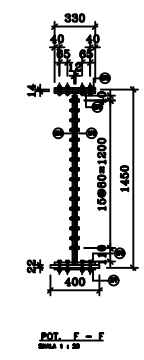
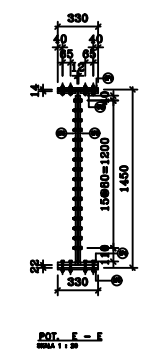
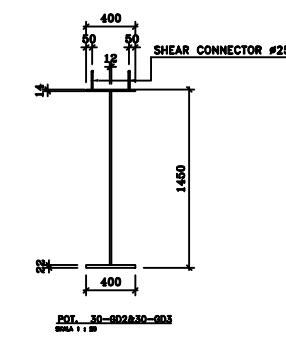
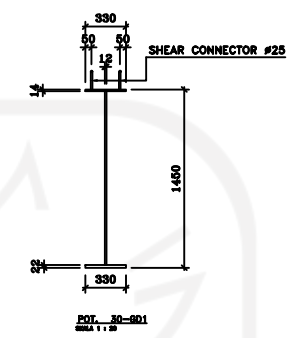
REAKSI VERTIKAL

BAJA	33.68 KN
BETON	150 KN
ASPAL	25.87 KN
BEBAN HIDUP	321.44 KN

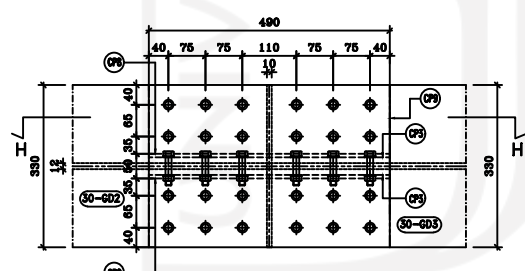


POTONGAN 2 - 2
 SKALA 1 : 20

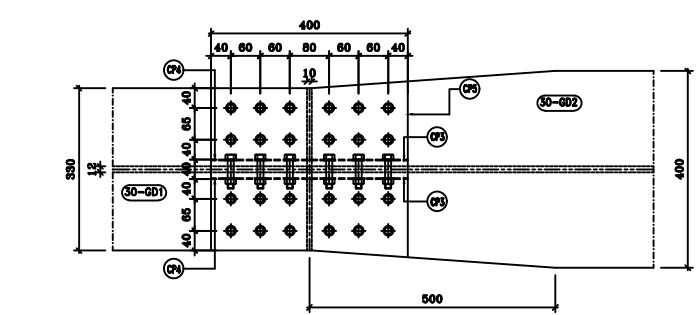
POTONGAN 1 - 1
 SKALA 1 : 20



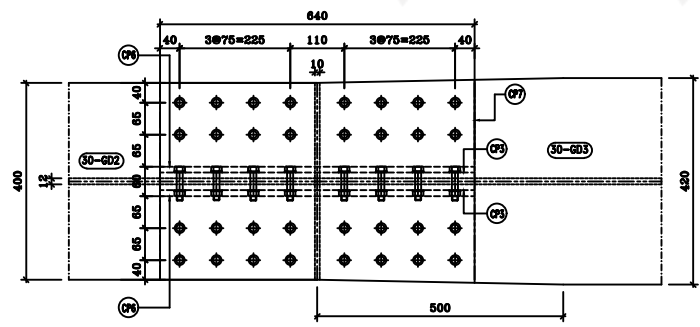
POTONGAN A - A
 SKALA 1 : 5



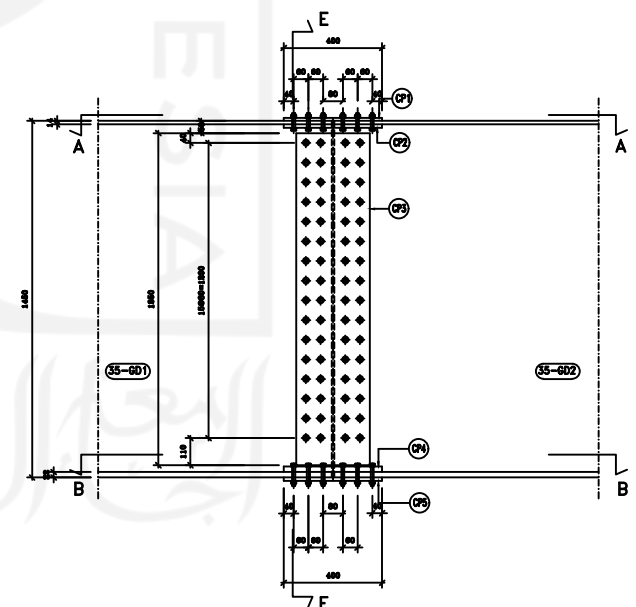
POTONGAN C - C
 SKALA 1 : 5



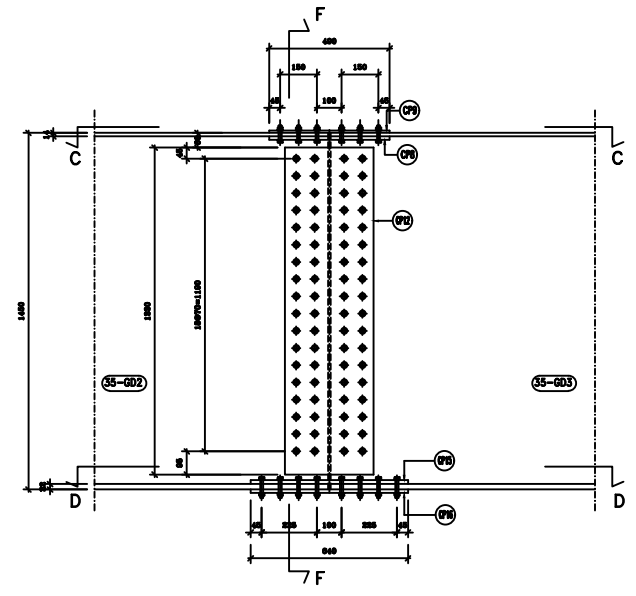
POTONGAN B - B
 SKALA 1 : 5



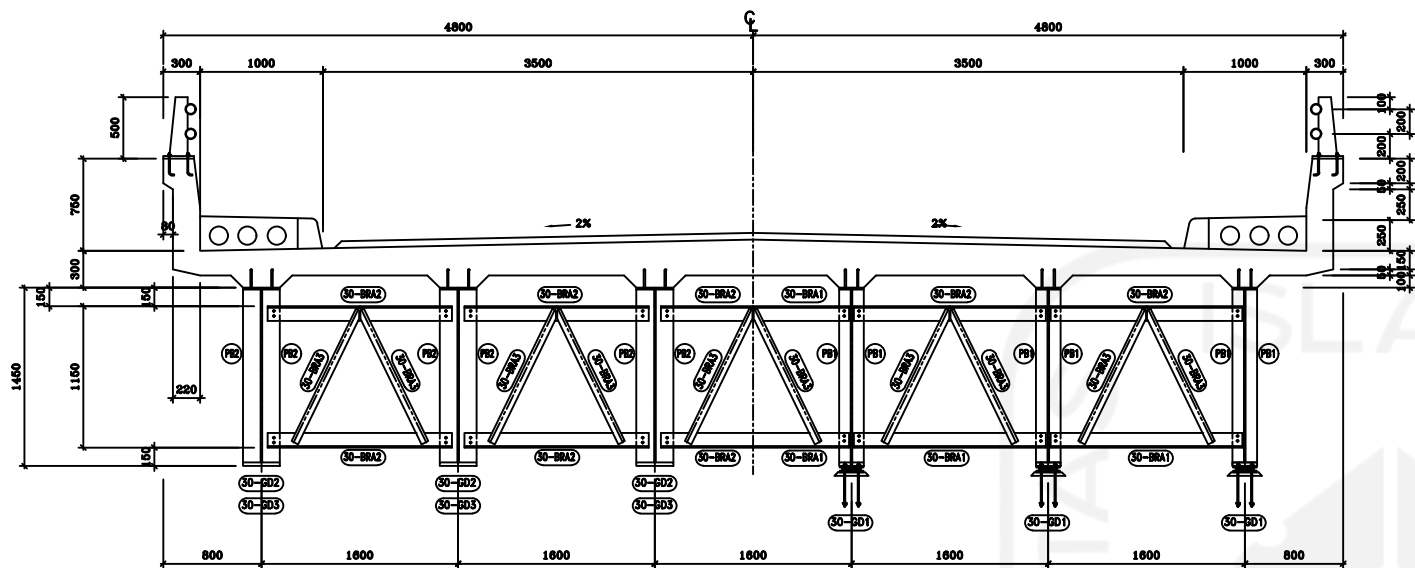
POTONGAN D - D
 SKALA 1 : 5



POTONGAN G - G
 SKALA 1 : 10

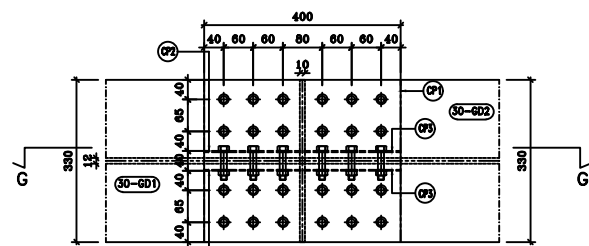
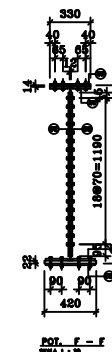
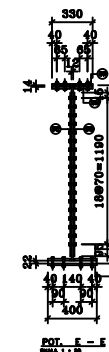
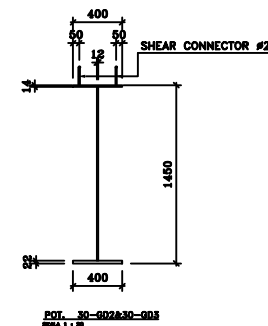
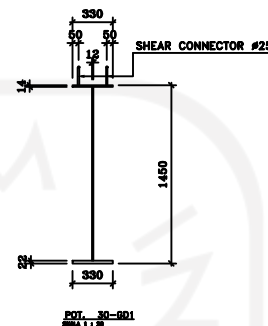


POTONGAN H - H
 SKALA 1 : 20

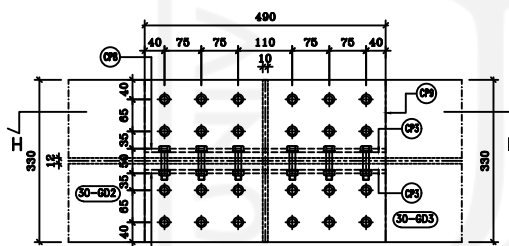


POTONGAN 2 - 2
 SKALA 1 : 20

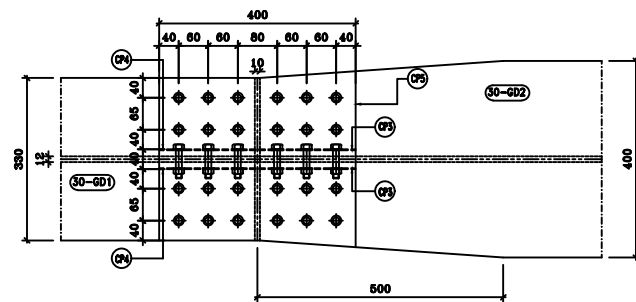
POTONGAN 1 - 1
 SKALA 1 : 20



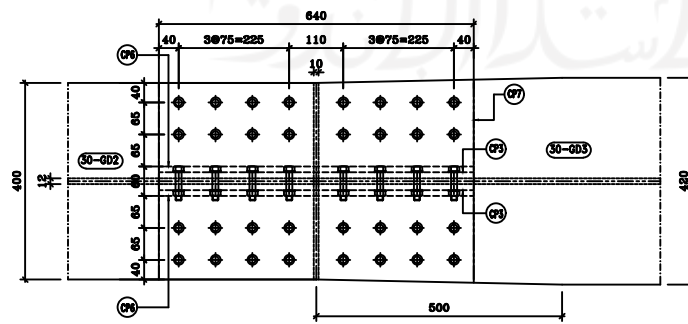
POTONGAN A - A
 SKALA 1 : 5



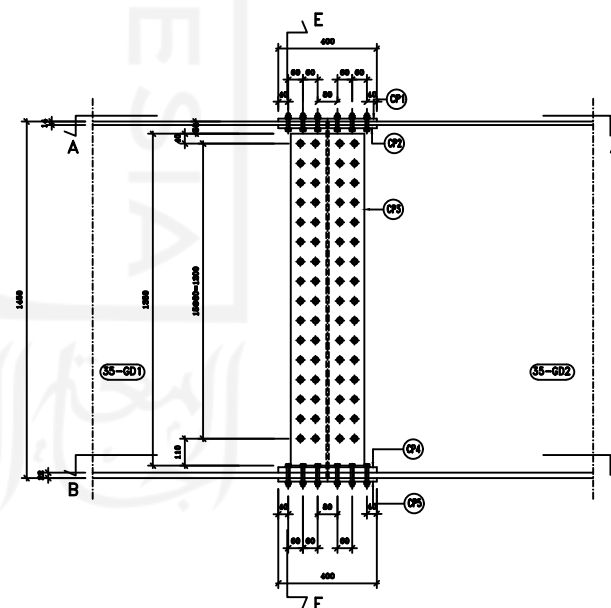
POTONGAN C - C
 SKALA 1 : 5



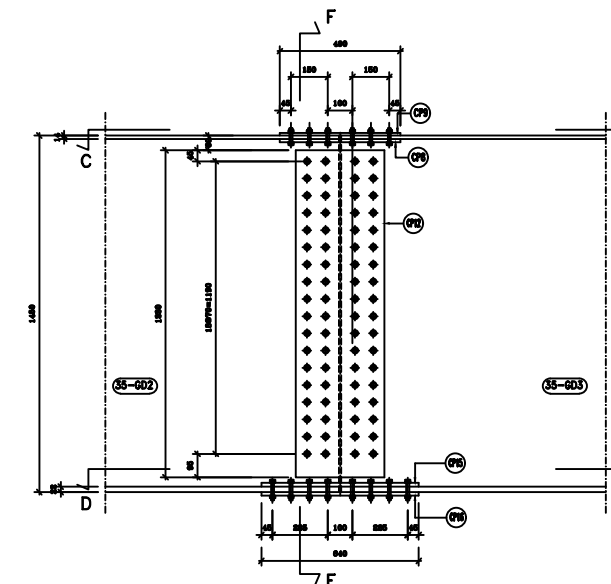
POTONGAN B - B
 SKALA 1 : 5



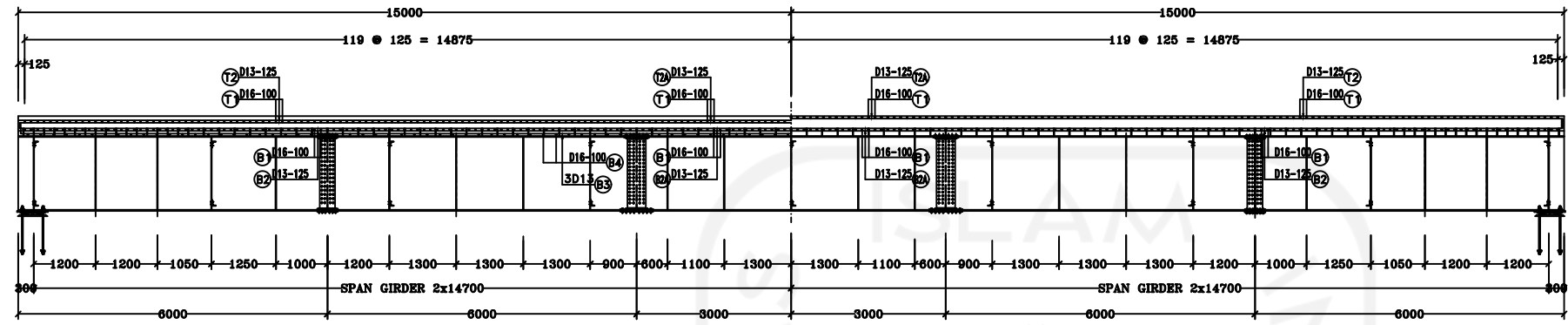
POTONGAN D - D
 SKALA 1 : 5



POTONGAN G - G
 SKALA 1 : 10



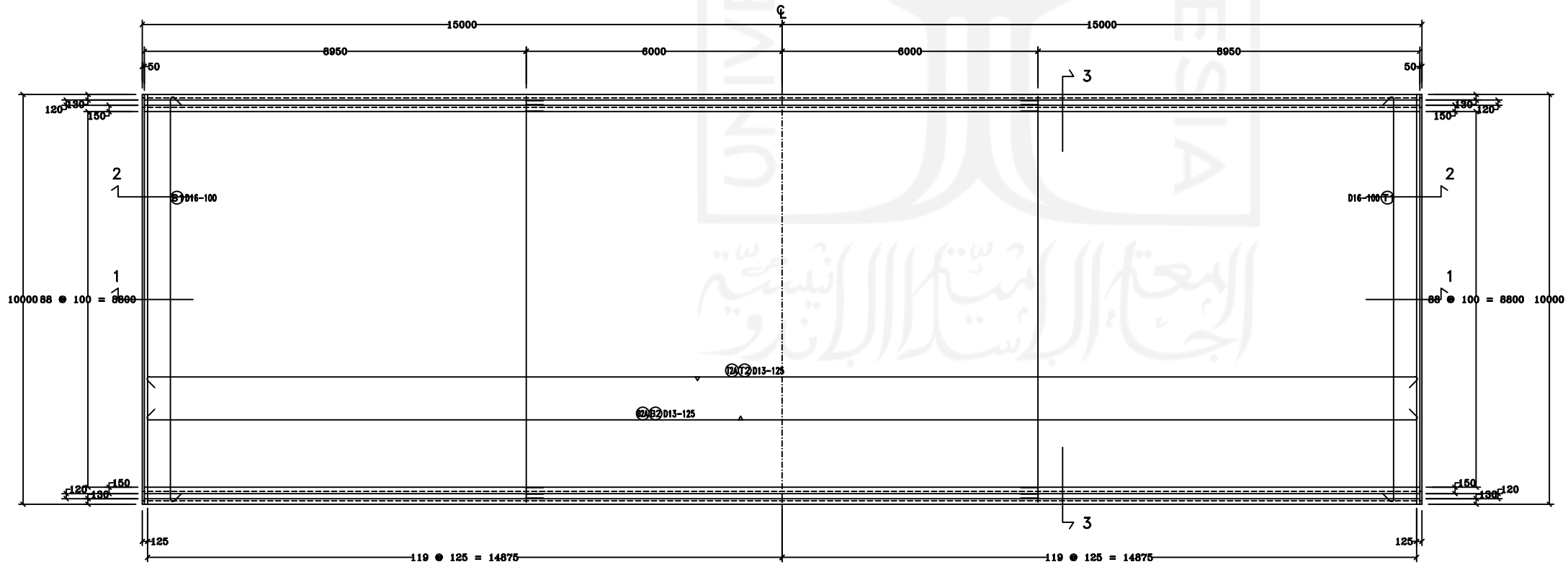
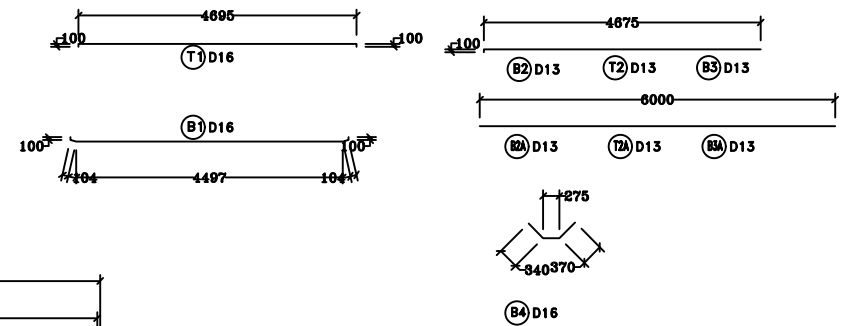
POTONGAN H - H
 SKALA 1 : 20



POTONGAN 2 - 2
 SKALA 1 : 50

POTONGAN 1 - 1
 SKALA 1 : 50

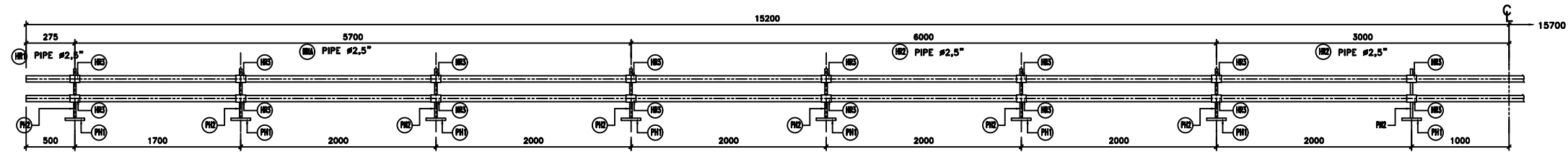
POTONGAN 3 - 3
 SKALA 1 : 50



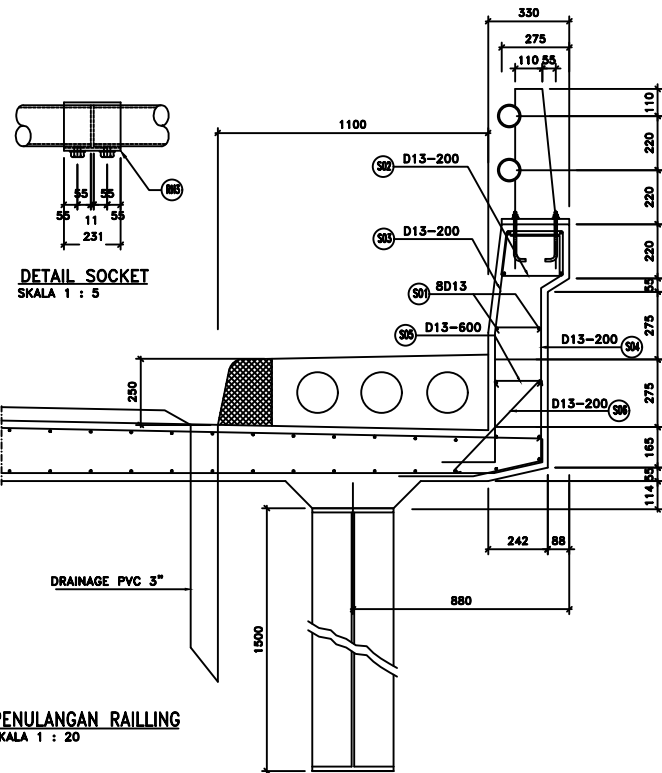
DENAH PENULANGAN PLAT 30M KLAS A
 SKALA 1 : 50

TABEL BESI PLAT

NO	NO BESI	DIAMETER BESI (mm)	PANJANG BESI (mm)	BERAT (Kg) BESI PER/M	JUMLAH BESI	TOTAL BERAT
01	B1	16	9610	1.85	180	2726.09
02	B2	13	6950	1.04	188	1359.36
03	B2A	13	12000	1.04	96	1198.51
04	B3	13	6950	1.04	36	520.60
05	B3A	13	12000	1.04	36	449.44
06	B4	16	985	1.85	960	1676.50
07	T1	16	9590	1.85	180	2720.41
08	T2	13	6950	1.04	188	1359.36
09	T2A	13	12000	1.04	96	1198.51
TOTAL BERAT (Kg)						13208.78
VOLUME BETON f _c 30 Mpa (M3)						81.953



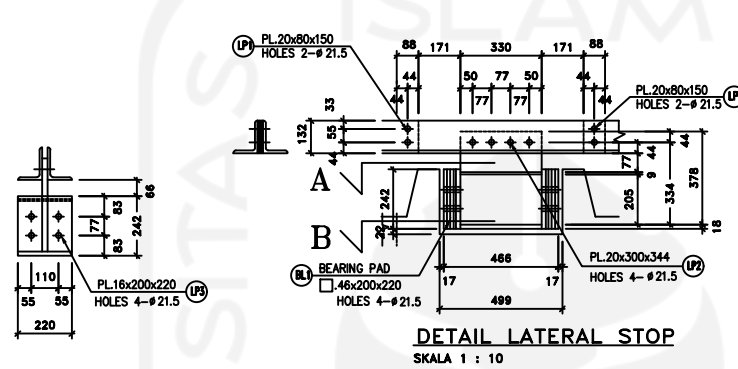
DETAIL HANDRAIL
 SKALA 1 : 50



DETAIL SOCKET
 SKALA 1 : 5

PENULANGAN RAILLING
 SKALA 1 : 20

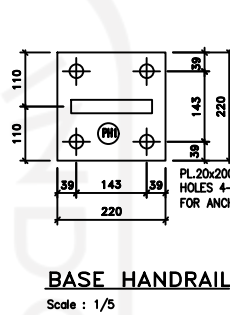
DETAIL OF HANDRAIL POST
 SKALA 1 : 10



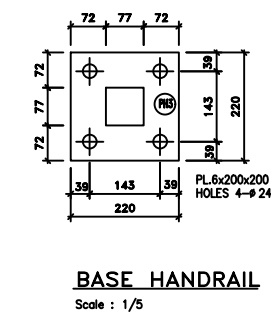
DETAIL LATERAL STOP
 SKALA 1 : 10

POTONGAN A
 SKALA 1 : 10

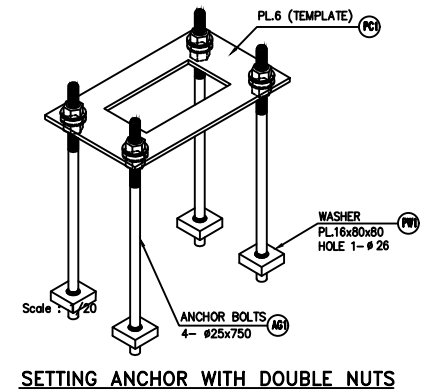
POTONGAN B
 SKALA 1 : 10



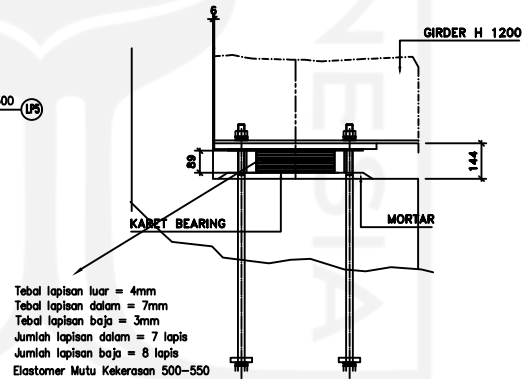
BASE HANDRAIL
 Scale : 1/5



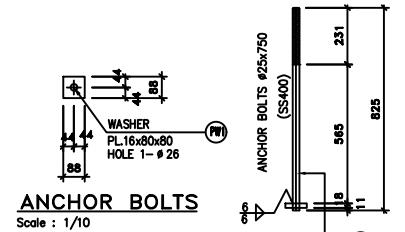
BASE HANDRAIL
 Scale : 1/5



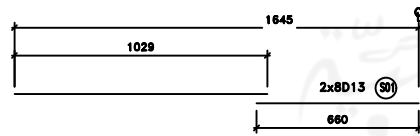
SETTING ANCHOR WITH DOUBLE NUTS
 Scale : 1/20



BASE PLATE
 Scale : 1/10

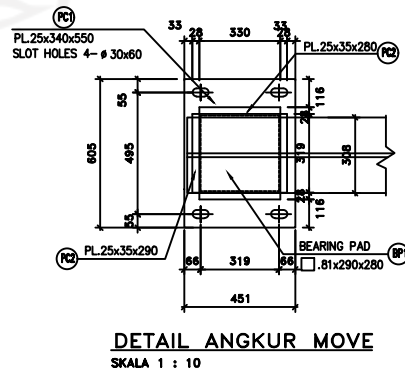


ANCHOR BOLTS
 Scale : 1/10

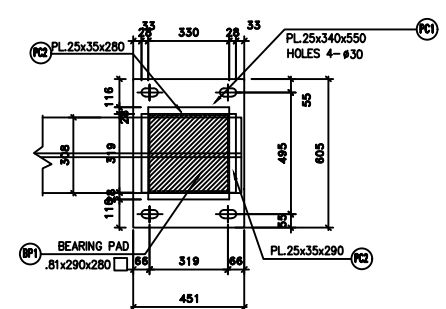


TABEL PENULANGAN RAILLING L=30M

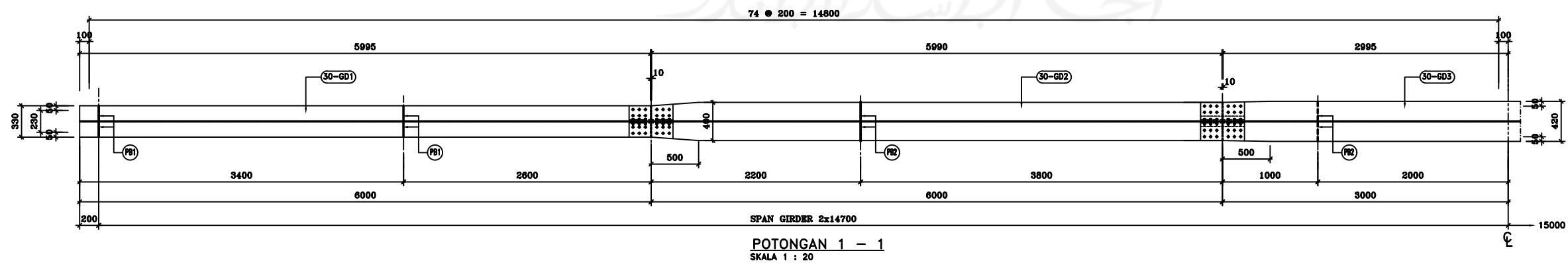
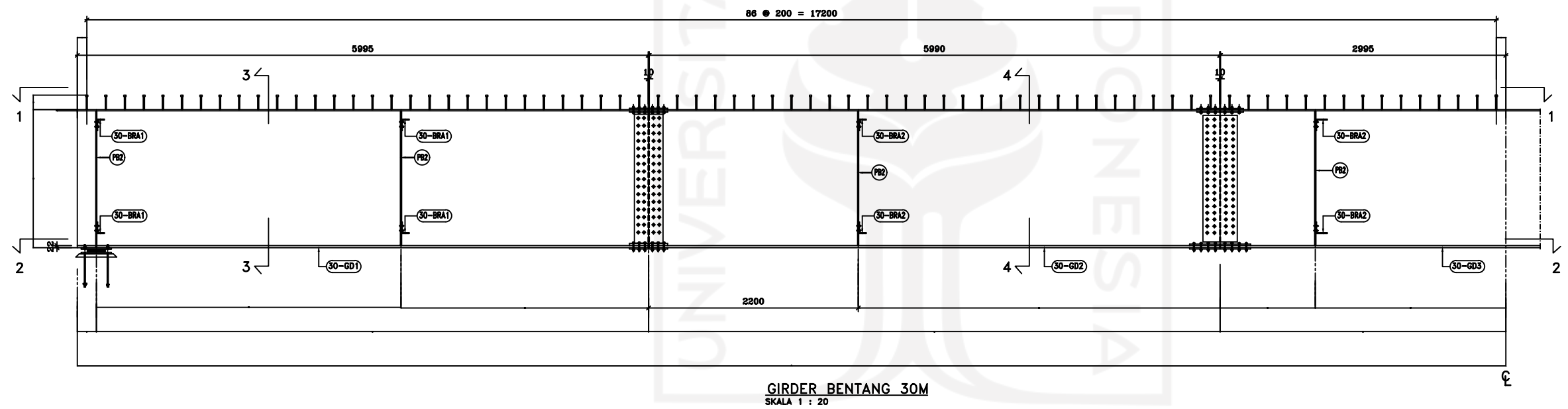
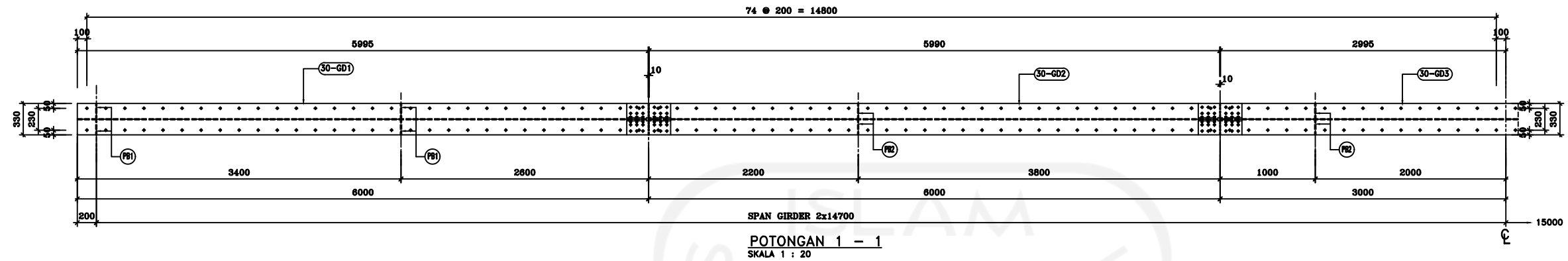
NO	NO BESI	DIAMETER BESI (mm)	JUMLAH BESI	PANJANG BESI (mm)	BERAT (Kg) BESI PER/M	TOTAL BERAT (g)
01	S01	13	16	29900	0.995	476.008
02	S02	13	302	860	0.995	258.421
03	S03	13	302	1200	0.995	360.588
04	S04	13	302	1430	0.995	429.701
05	S05	13	208	265	0.995	548.44
06	S06	13	302	560	0.995	168.274
TOTAL BERAT TULANGAN RAILLING KIRI DAN KANAN						1747.836



DETAIL ANGKUR MOVE
 SKALA 1 : 10



DETAIL ANGKUR FIX
 SKALA 1 : 10



NO	NO. PROFIL	PROFIL	JML. PROFIL	SUM. BENT	TOTAL BENT
GIRDER					
01	30-GD1	145x330x330x14x1222	12	1354.64	16225.28
02	30-GD2	145x330x400x14x1222	12	1474.97	17699.64
03	30-GD3	145x400x200x14x1222	6	1354.64	8127.84
TOTAL					42774.71

PLAT GIRDER					
03	CP1	PL . 400x330x12	12	12.434	149.208
04	CP2	PL . 400x145x14	48	6.374	305.952
05	CP3	PL . 1350x300x12	48	38.151	1813.248
06	CP4	PL . 400x145x22	24	10.017	240.398
07	CP5	PL . 400x330x14	12	14.507	174.082
08	CP6	PL . 400x145x22	12	10.017	120.129
09	CP7	PL . 400x330x14	6	14.507	87.041
10	CP8	PL . 400x145x14	12	6.374	76.490
11	CP9	PL . 400x330x12	6	12.434	74.606
12	CP10	PL . 490x330x10	12	12.693	152.321
13	CP11	PL . 490x140x14	48	7.539	361.878
14	CP12	PL . 1330x360x10	48	37.586	1804.118
15	CP13	PL . 640x170x16	24	13.665	327.967
16	CP14	PL . 640x400x14	12	25.134	337.613
17	CP15	PL . 640x170x16	12	13.665	163.983
18	CP16	PL . 640x400x14	6	28.134	168.806
19	CP17	PL . 490x140x14	12	7.539	90.469
20	CP18	PL . 490x330x10	6	12.693	76.161
21	PB1	PL . 1414x159x12	48	21.178	1016.573
22	PB2	PL . 1414x159x12	48	21.178	1016.573
TOTAL					8557.631

BEARING PAD					
23	PC1	PL.50x32x16	12	20.096	241.152
24	PC2	PL.25x35x240	24	1.649	39.564
25	BP1	BEARING PAD 60x220x230	12	23.833	285.991
26	PW1	PL.16x80x80	48	0.81	38.585
27	AG	ANGKUR GIRDER #25-750	48	2.890	138.720
TOTAL					744.012

RALLING POST					
28	PH1	PL.20x200x200	32	6.28	200.96
29	PH2	PL.25x150x400	32	14.13	452.16
30	AH1	ANGKUR POST #7/8"-250	128	5.8	742.4
31	PH3	PL.6x200x200	32	18.84	602.88
32	HR1	PIPE #2.5"	60	3.85	231
33	HR2	PIPE #2.5"	60	3.85	231
34	SOCKET	PIPE #3.0"	64	0.38	24.42
TOTAL					2484.62

DIAPRAGMA					
35	30-BRA1	L.120x80x6	90	19.103	1719.54
36	30-BRA2	L.60x60x6	90	7.05	634.5
TOTAL					2353.84

LATERAL STOP					
37	LP1	PL.20x80x150	4	1.884	7.536
38	LP2	PL.20x300x34	8	16.202	129.62
39	LP3	PL.16x200x220	8	5.526	44.211
40	LP4	PL.8x90x30	4	16.956	67.824
32	LP5	PL.16x200x30	8	0.7538	6.03
33	BL1	PL.4x200x200	4	14.444	57.776
TOTAL					312.997

BAUT DAN SHEAR CONNECTOR					
34	BAUT	M20	2084	0.35	729.4
35	SC1	BESI #25mm	1176	0.85	764.4
TOTAL					1493.8



KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA
 BALAI BESAR PELAKSANAAN JALAN NASIONAL X
 SATKER PERENCANAAN DAN PENGAWASAN JALAN NASIONAL
 PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN WILAYAH I

PERENCANAAN TEKNIS JEMBATAN
 WILAYAH JAYAPURA I
 PROVINSI PAPUA

No. Paket	Provinsi	Ruas Jalan
	PAPUA	NIMBOTONG - SARMI
Lokasi	JEMBATAN S. KWERITOR KM 226+200	

Konsultan Perencana
PT.ARCENDE

Digambar Oleh :

 Dr. Ir. ASWANDY MT
 Bridge Engineer

Direncanakan :

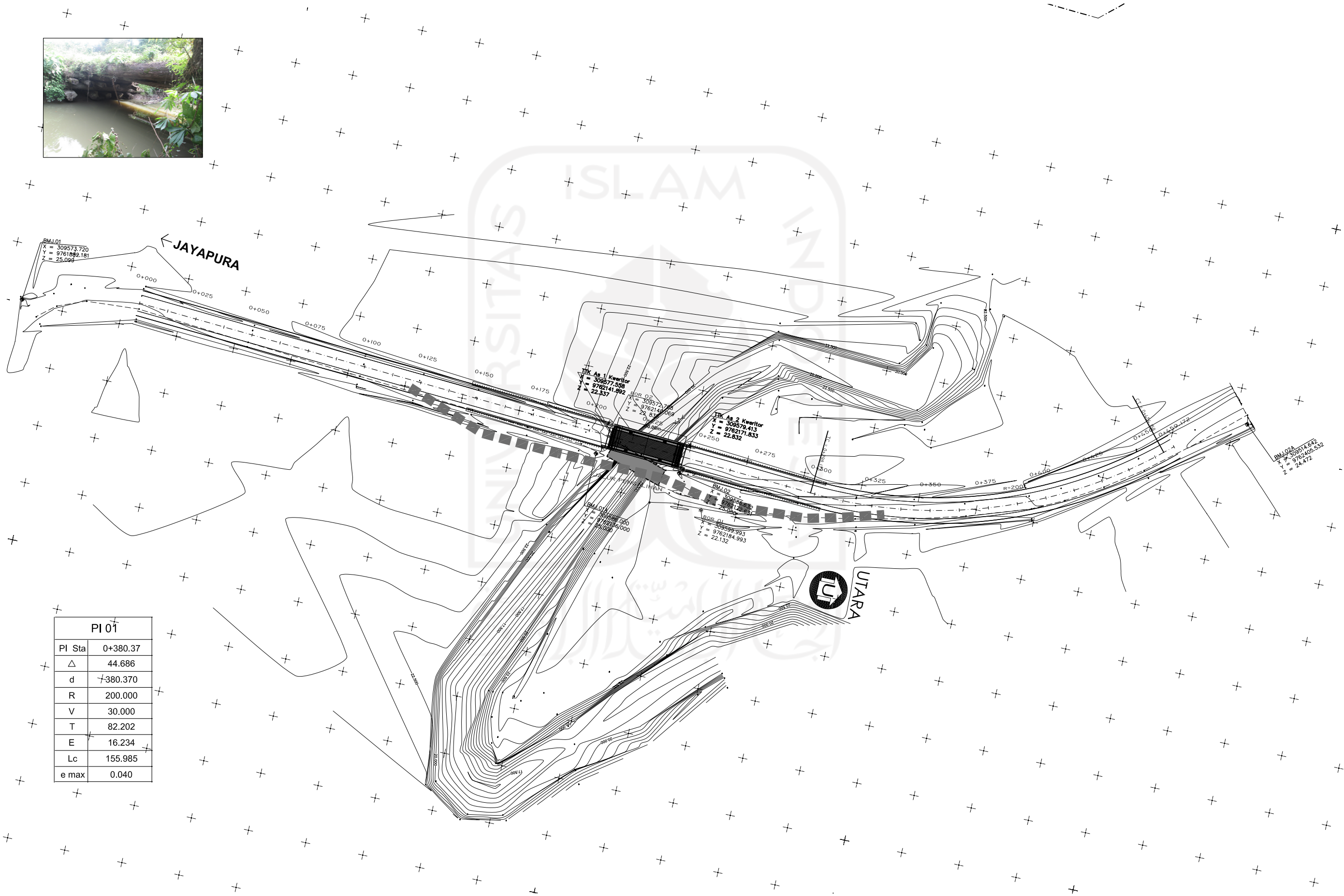
 Dr. Ir. ASWANDY MT
 Bridge Engineer

Diketahui :

 Ir. DICK BATUNA
 Team Leader

Judul Gambar :
SITUASI

Gambar No. : 01
 Skala 1 : 1500



PI 01	
PI Sta	0+380.37
Δ	44.686
d	+380.370
R	200.000
V	30.000
T	82.202
E	16.234
Lc	155.985
e max	0.040

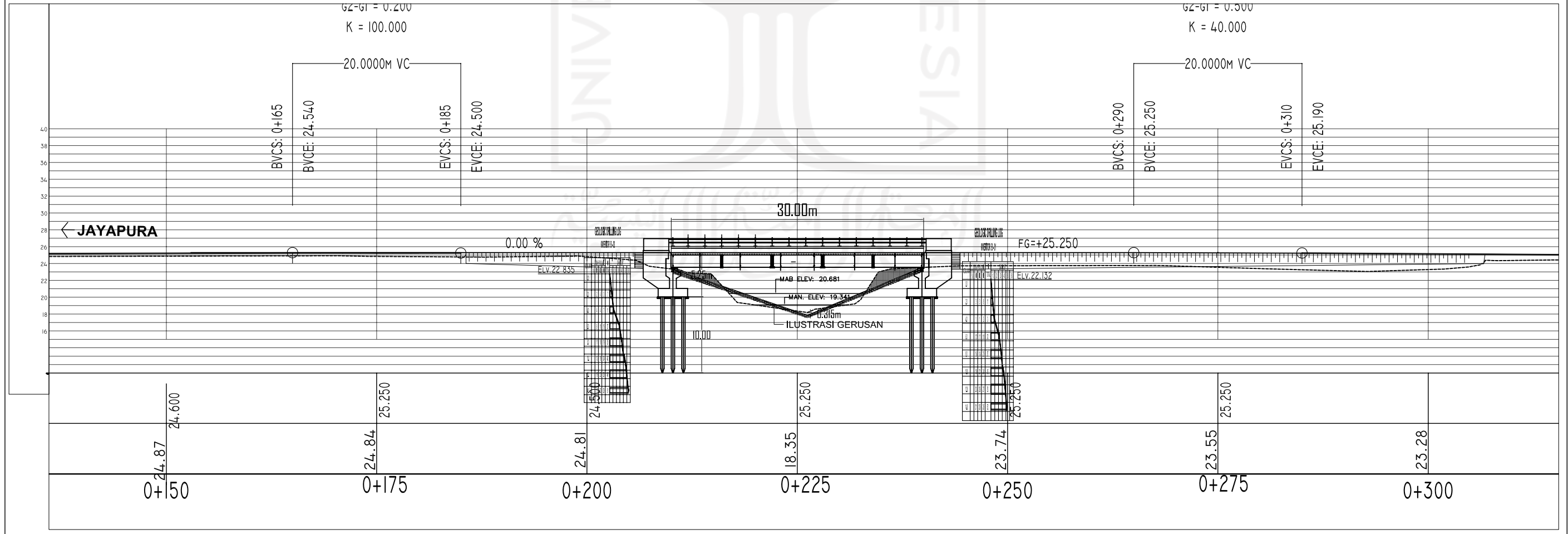
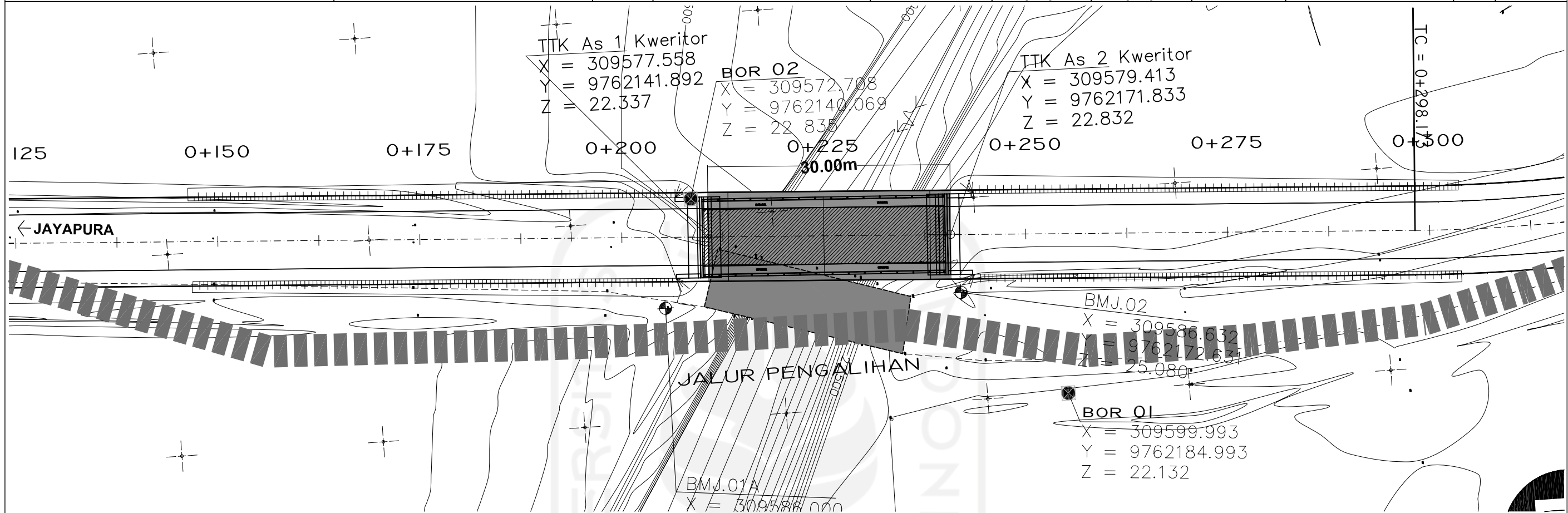


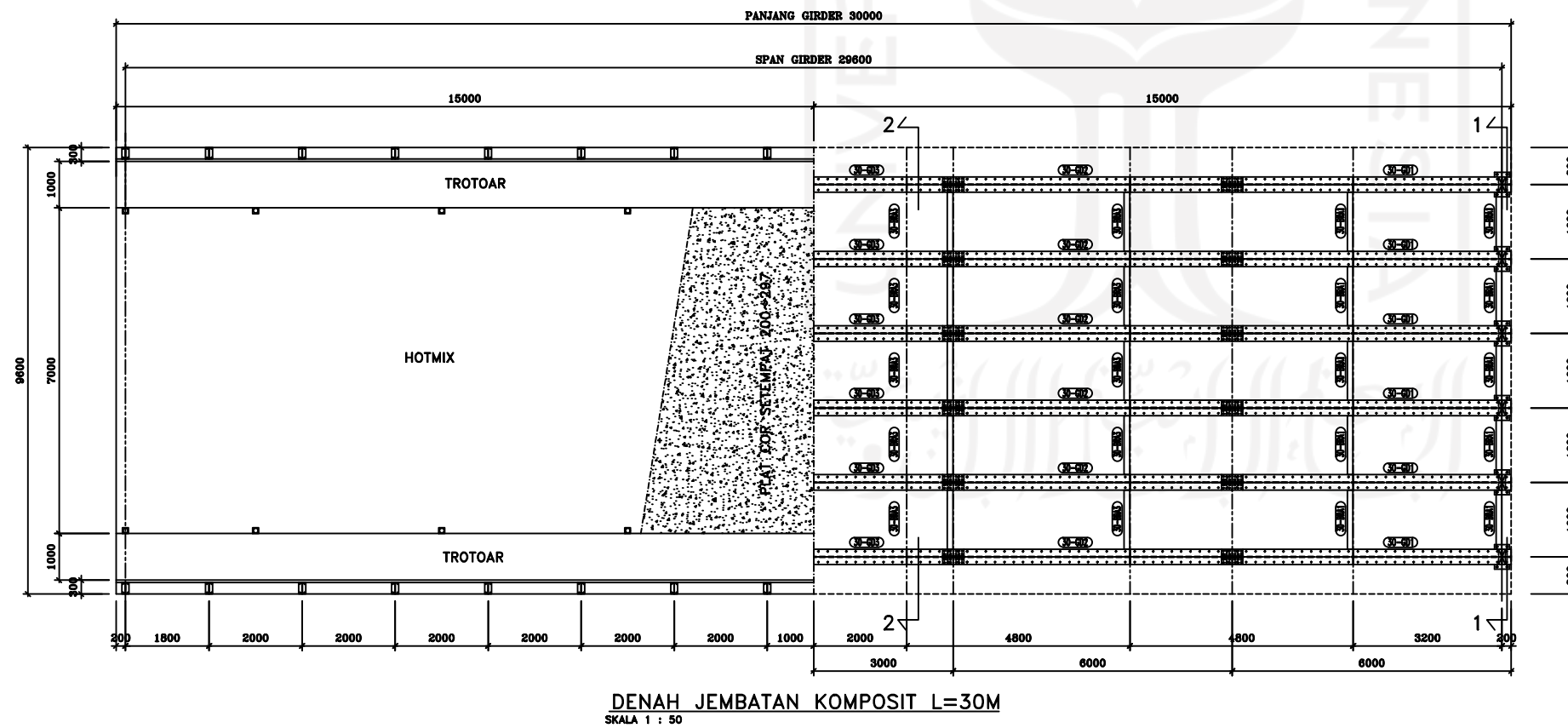
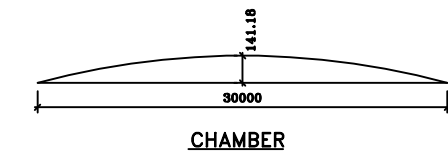
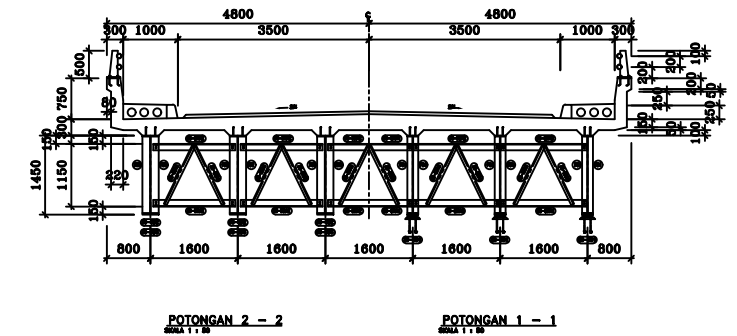
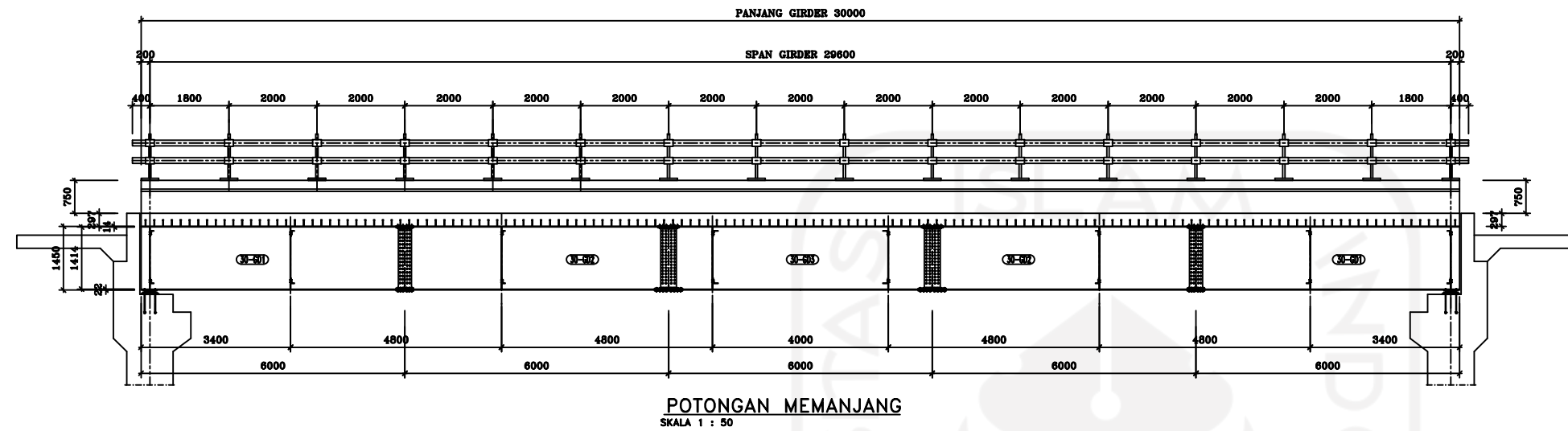


KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
 DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA
 BALAI BESAR PELAKSANAAN JALAN NASIONAL X
 SATKER PERENCANAAN DAN PENGAWASAN JALAN NASIONAL
 PEJABAT PEMBUAT KOMITMEN WILAYAH I

PERENCANAAN TEKNIS JEMBATAN
 WILAYAH JAYAPURA I
 PROVINSI PAPUA

No. Paket	Provinsi	Ruas Jalan	Konsultansi Perencana	Digambar Oleh :	Direncanakan :	Diketahui :	Judul Gambar :	Gambar No. : 02
	PAPUA	NIMBOTONG - SARMI	PT.ARCENDE	<i>Aswandy</i>	<i>Aswandy</i>	<i>Dick Batuna</i>	DENAH DAN POTONGAN	Skala
Lokasi	JEMBATAN S. KWERITOR KM 226+200			Dr. Ir. ASWANDY MT Bridge Engineer	Dr. Ir. ASWANDY MT Bridge Engineer	Ir. DICK BATUNA Team Leader		H = 1 : 650 V = 1 : 650



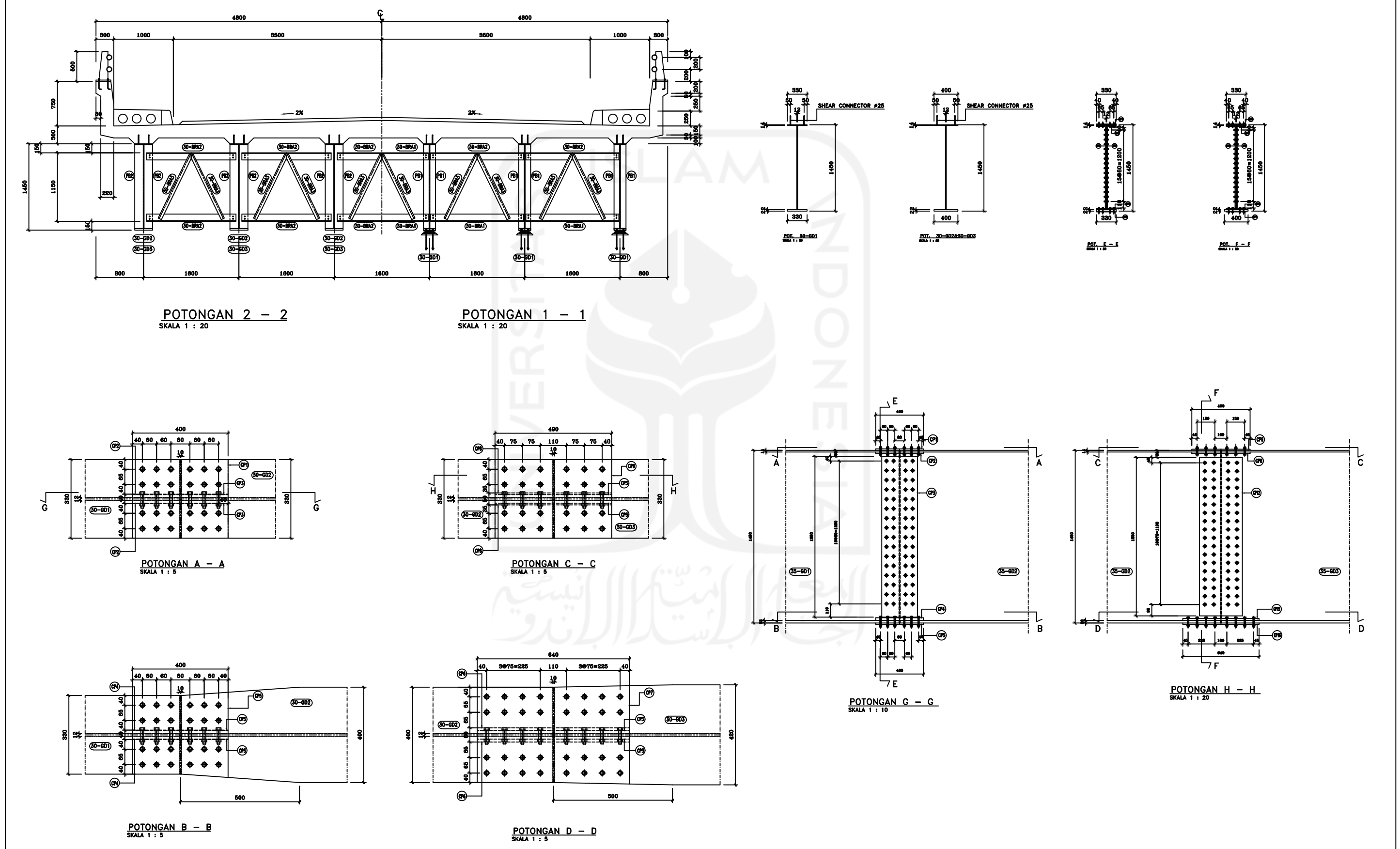


REAKSI HORIZONTAL

GEMPA	76.5 KN
ANGIN	15.66 KN
REM	21.17 KN

REAKSI VERTIKAL

BAJA	33.68 KN
BETON	150 KN
ASPAL	25.87 KN
BEBAN HIDUP	321.44 KN



POTONGAN 2 - 2
 SKALA 1 : 20

POTONGAN 1 - 1
 SKALA 1 : 20

POTONGAN A - A
 SKALA 1 : 5

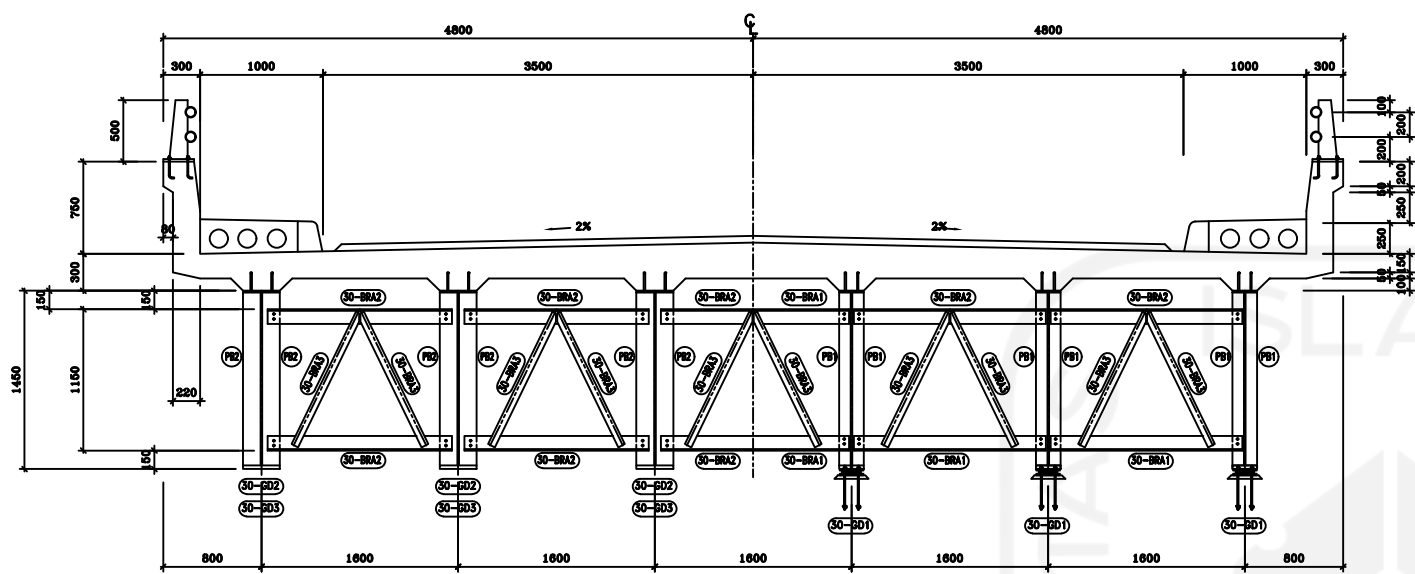
POTONGAN C - C
 SKALA 1 : 5

POTONGAN B - B
 SKALA 1 : 5

POTONGAN D - D
 SKALA 1 : 5

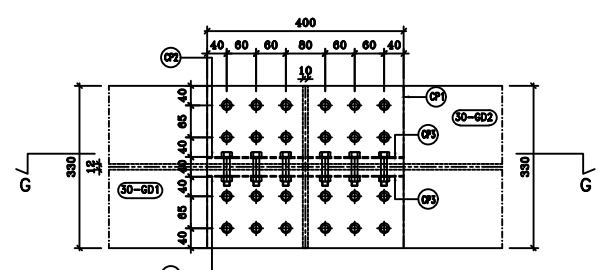
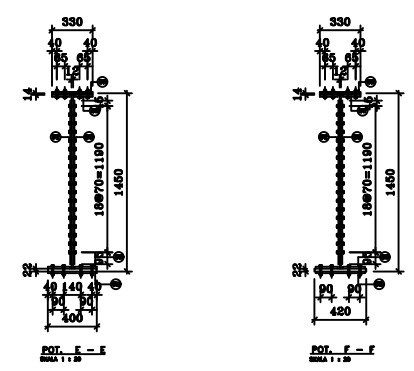
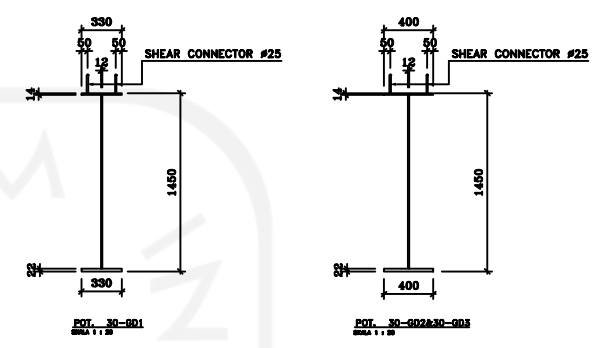
POTONGAN G - G
 SKALA 1 : 10

POTONGAN H - H
 SKALA 1 : 20

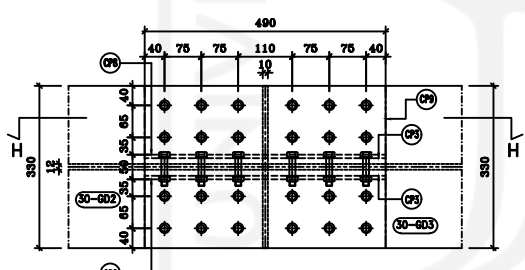


POTONGAN 2 - 2
 SKALA 1 : 20

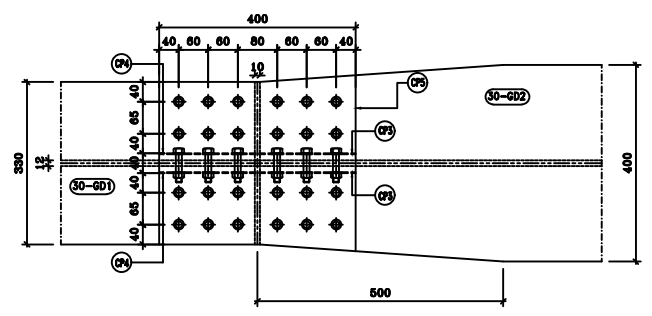
POTONGAN 1 - 1
 SKALA 1 : 20



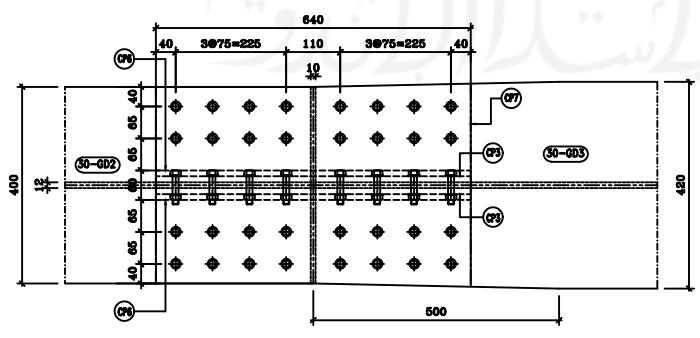
POTONGAN A - A
 SKALA 1 : 5



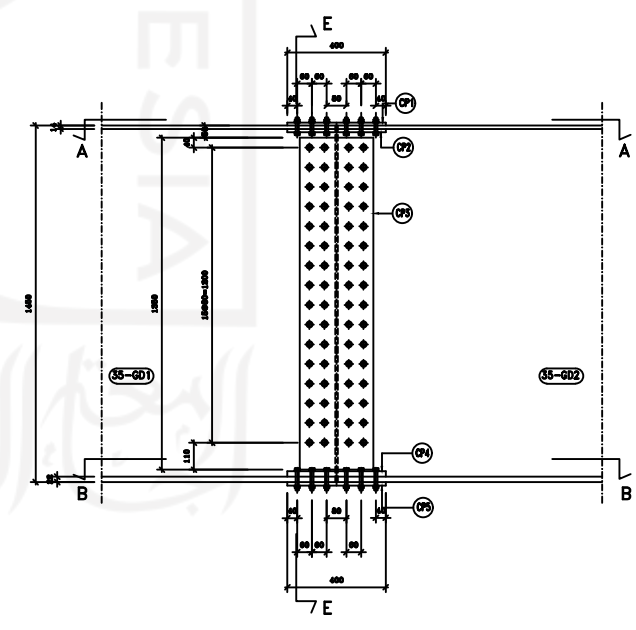
POTONGAN C - C
 SKALA 1 : 5



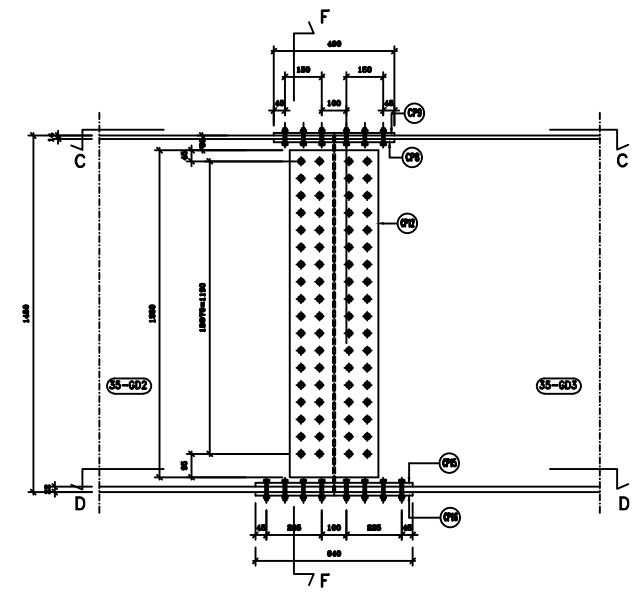
POTONGAN B - B
 SKALA 1 : 5



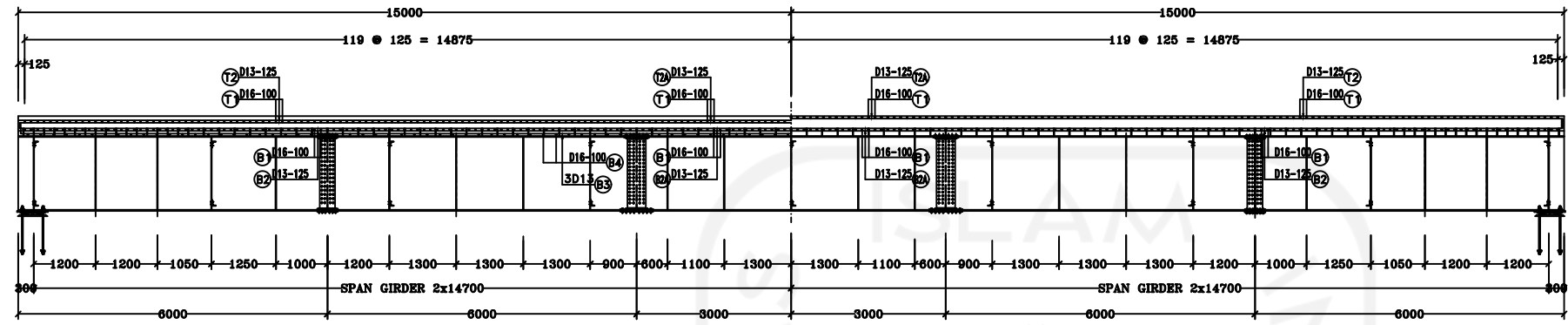
POTONGAN D - D
 SKALA 1 : 5



POTONGAN G - G
 SKALA 1 : 10



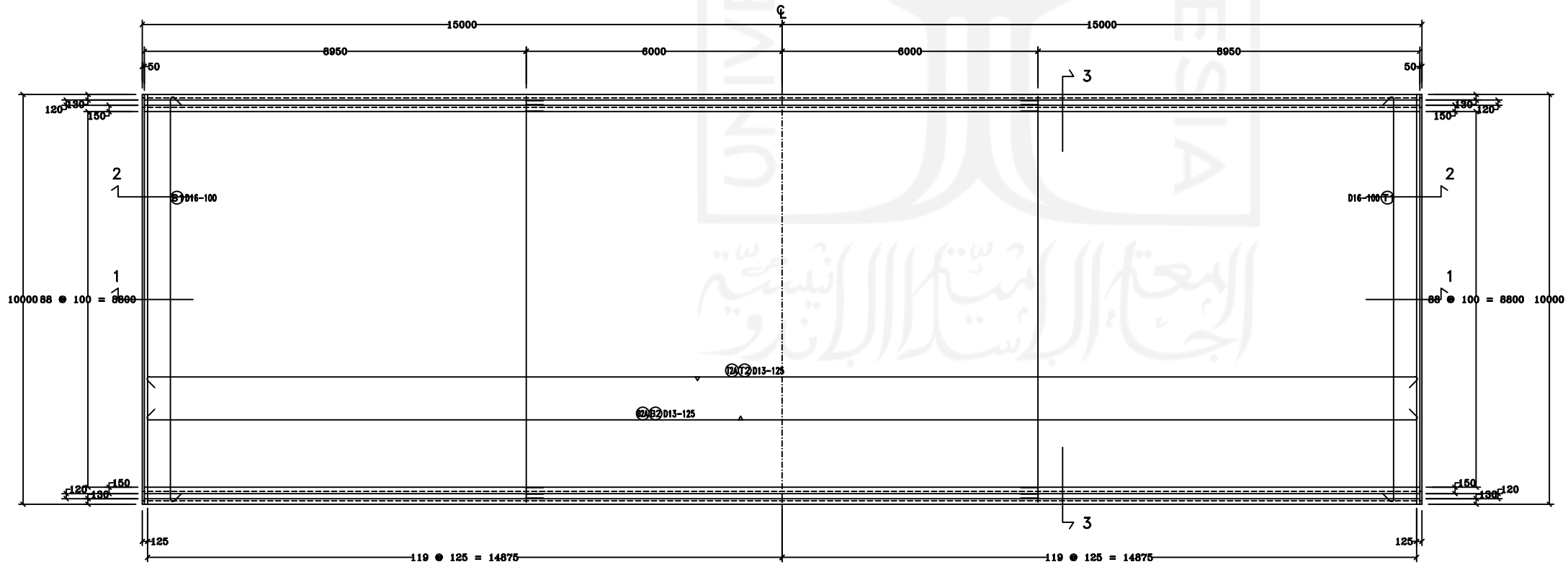
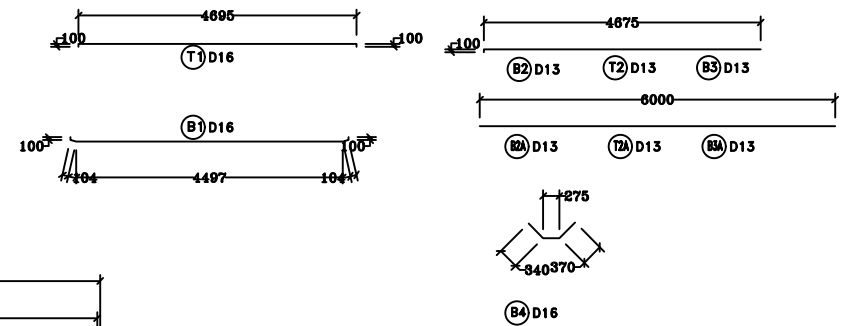
POTONGAN H - H
 SKALA 1 : 20



POTONGAN 2 - 2
 SKALA 1 : 50

POTONGAN 1 - 1
 SKALA 1 : 50

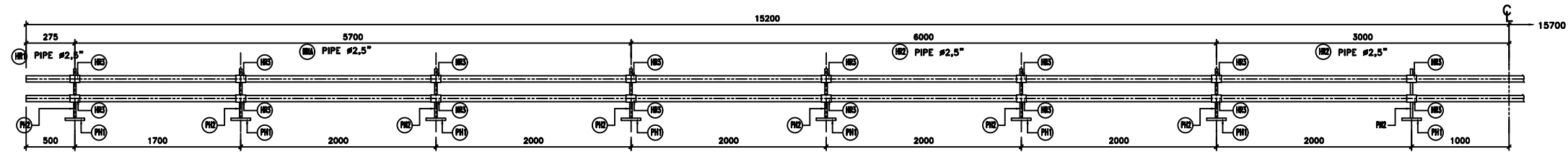
POTONGAN 3 - 3
 SKALA 1 : 50



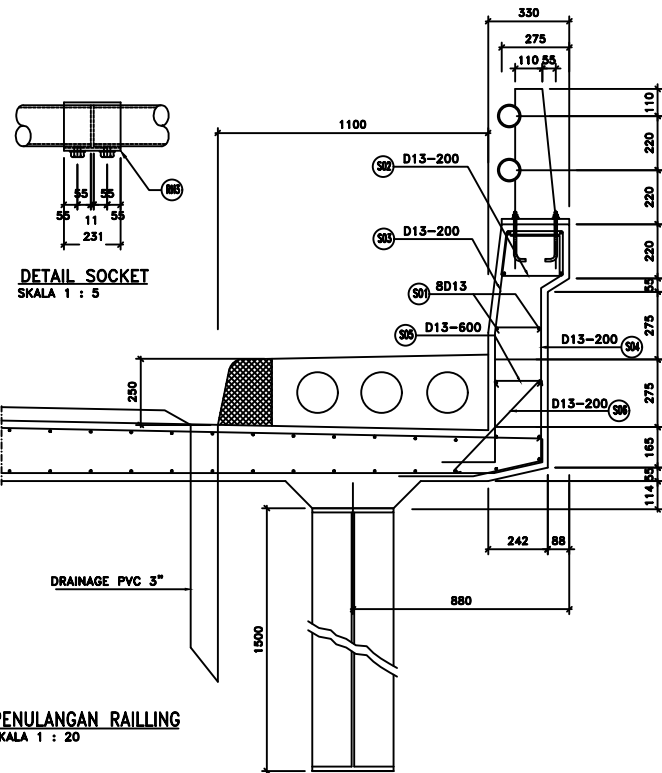
DENAH PENULANGAN PLAT 30M KLAS A
 SKALA 1 : 50

TABEL BESI PLAT

NO	NO BESI	DIAMETER BESI (mm)	PANJANG BESI (mm)	BERAT (Kg) BESI PER/M	JUMLAH BESI	TOTAL BERAT
01	B1	16	9610	1.85	180	2726.09
02	B2	13	6950	1.04	188	1359.36
03	B2A	13	12000	1.04	96	1198.51
04	B3	13	6950	1.04	36	520.60
05	B3A	13	12000	1.04	36	449.44
06	B4	16	985	1.85	960	1676.50
07	T1	16	9590	1.85	180	2720.41
08	T2	13	6950	1.04	188	1359.36
09	T2A	13	12000	1.04	96	1198.51
TOTAL BERAT (Kg)						13208.78
VOLUME BETON f _c 30 Mpa (M3)						81.953

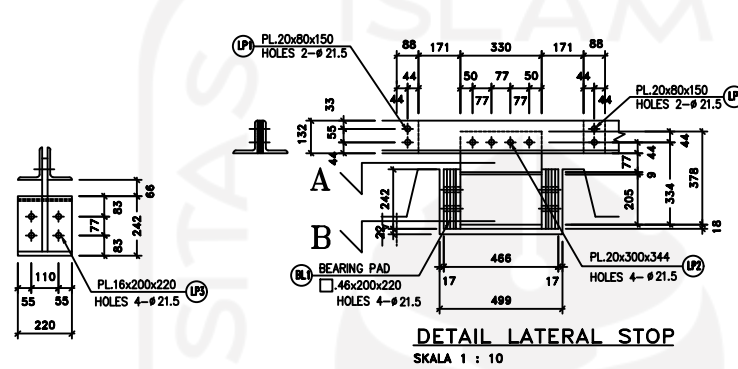


DETAIL HANDRAIL
 SKALA 1 : 50

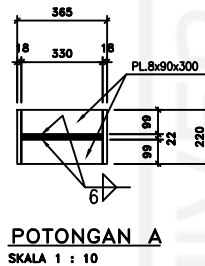


DETAIL SOCKET
 SKALA 1 : 5

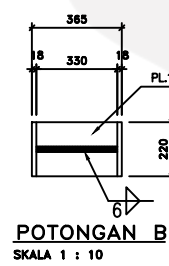
PENULANGAN RAILLING
 SKALA 1 : 20



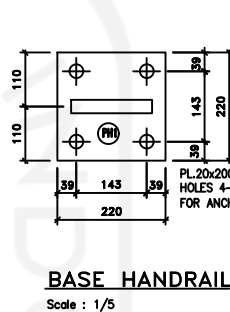
DETAIL LATERAL STOP
 SKALA 1 : 10



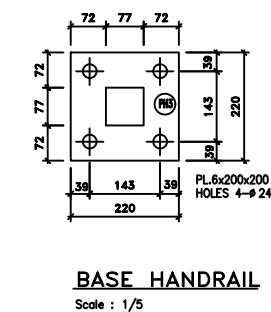
POTONGAN A
 SKALA 1 : 10



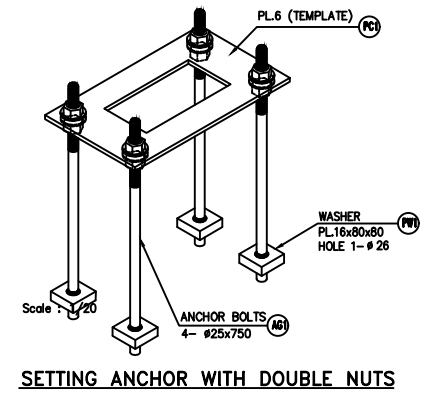
POTONGAN B
 SKALA 1 : 10



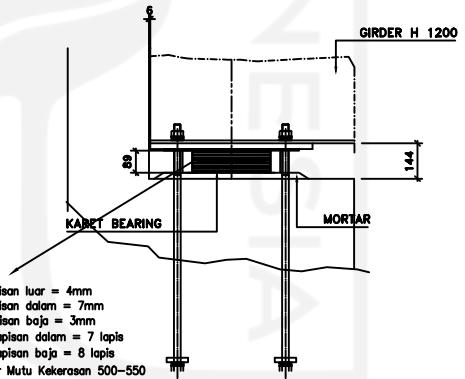
BASE HANDRAIL
 Scale : 1/5



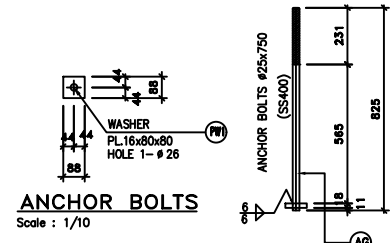
BASE HANDRAIL
 Scale : 1/5



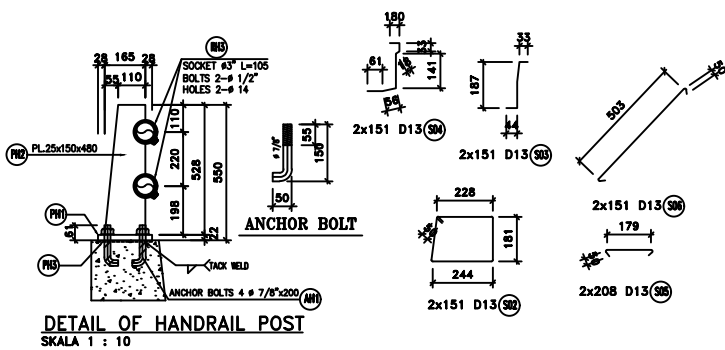
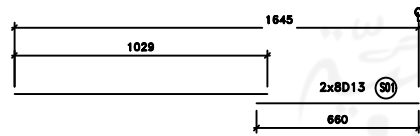
SETTING ANCHOR WITH DOUBLE NUTS
 Scale : 1/20



BASE PLATE
 Scale : 1/10



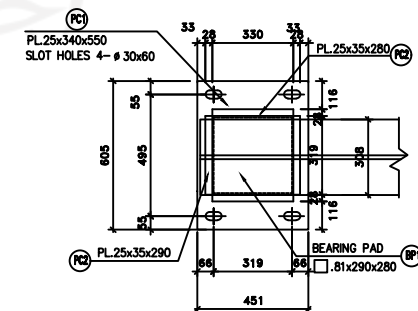
ANCHOR BOLTS
 Scale : 1/10



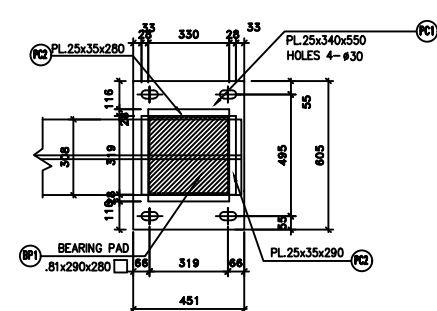
DETAIL OF HANDRAIL POST
 SKALA 1 : 10

TABEL PENULANGAN RAILLING L=30M

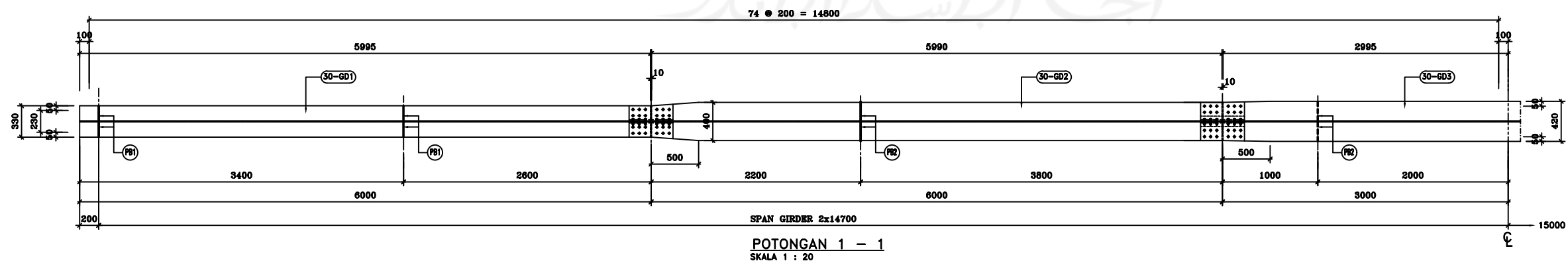
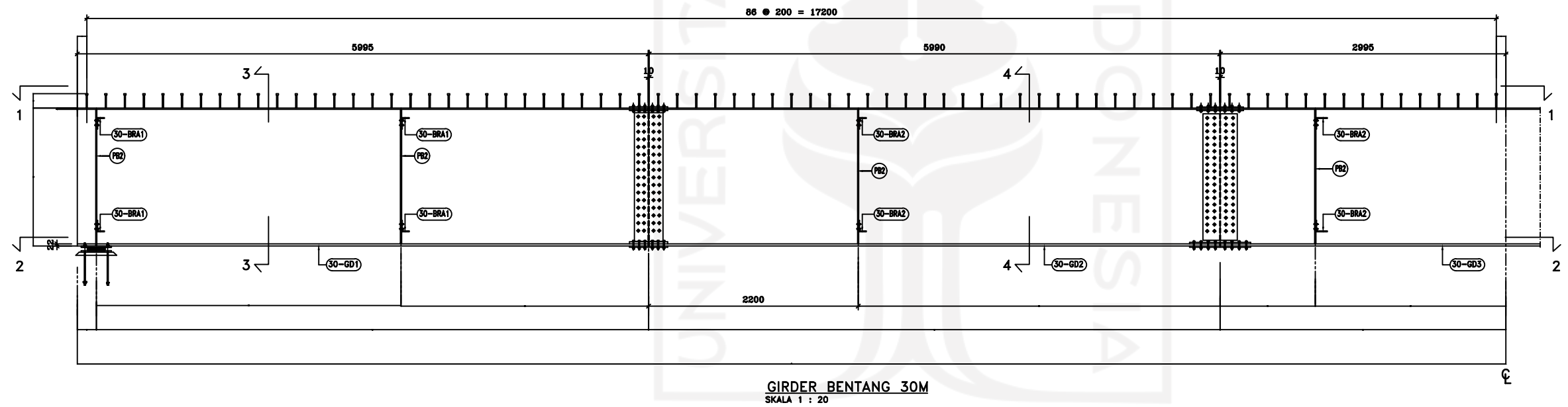
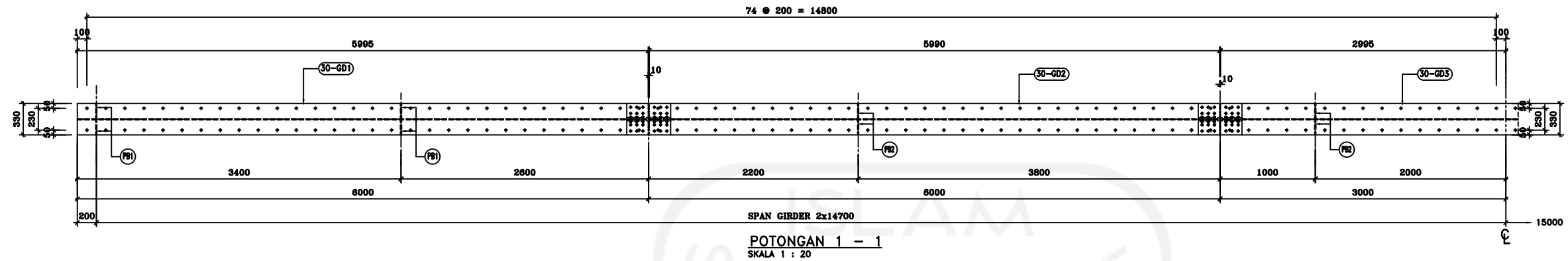
NO	NO BESI	DIAMETER BESI (mm)	JUMLAH BESI	PANJANG BESI (mm)	BERAT (Kg) BESI PER/M	TOTAL BERAT (g)
01	S01	13	16	29900	0.995	476.008
02	S02	13	302	860	0.995	258.421
03	S03	13	302	1200	0.995	360.588
04	S04	13	302	1430	0.995	429.701
05	S05	13	208	265	0.995	548.44
06	S06	13	302	560	0.995	168.274
TOTAL BERAT TULANGAN RAILLING KIRI DAN KANAN						1747.836



DETAIL ANGKUR MOVE
 SKALA 1 : 10



DETAIL ANGKUR FIX
 SKALA 1 : 10



TABEL MATERIAL KOMPOSIT 30M					
NO	NO.PROFIL	PROFIL	JML.PROFIL	SUMM BENT	TOTAL BENT
GIRDER					
01	30-GD1	145x330x330x14x12x22	12	1354.64	16225.28
02	30-GD2	145x330x400x14x12x22	12	1474.97	17699.84
03	30-GD3	145x400x200x14x12x22	6	1354.64	8127.84
				TOTAL	42774.71

PLAT GIRDER					
NO	NO. PROFIL	PROFIL	JML. PROFIL	SUMM BENT	TOTAL BENT
03	CP1	PL . 400x330x12	12	12.434	149.208
04	CP2	PL . 400x145x14	48	6.374	305.952
05	CP3	PL . 1350x300x12	48	38.151	813.248
06	CP4	PL . 400x145x22	24	10.017	240.398
07	CP5	PL . 400x330x14	12	14.507	174.082
08	CP6	PL . 400x145x22	12	10.017	120.129
09	CP7	PL . 400x330x14	6	14.507	87.041
10	CP8	PL . 400x145x14	12	6.374	76.490
11	CP9	PL . 400x330x12	6	12.434	74.606
12	CP10	PL . 490x330x10	12	12.693	152.321
13	CP11	PL . 490x140x14	48	7.539	361.878
14	CP12	PL . 1330x360x10	48	37.586	1804.118
15	CP13	PL . 640x170x16	24	13.665	327.967
16	CP14	PL . 640x400x14	12	25.134	337.613
17	CP15	PL . 640x170x16	12	13.665	163.983
18	CP16	PL . 640x400x14	6	28.134	168.806
19	CP17	PL . 490x140x14	12	7.539	90.469
20	CP18	PL . 490x330x10	6	12.693	76.161
21	PB1	PL . 1414x159x12	48	21.178	1016.573
22	PB2	PL . 1414x159x12	48	21.178	1016.573
				TOTAL	8557.631

BEARING PAD					
NO	NO. PROFIL	PROFIL	JML. PROFIL	SUMM BENT	TOTAL BENT
23	PC1	PL.50x32x16	12	20.096	241.152
24	PC2	PL.25x35x240	24	1.649	39.564
25	BP1	BEARING PAD 60x220x230	12	23.833	285.991
26	PW1	PL.16x80x80	48	0.81	38.585
27	AG	ANGKUR GIRDER #25-750	48	2.890	138.720
				TOTAL	744.012

RALLING POST					
NO	NO. PROFIL	PROFIL	JML. PROFIL	SUMM BENT	TOTAL BENT
28	PH1	PL.20x20x200	32	6.28	200.96
29	PH2	PL.25x150x80	32	14.13	452.16
30	AH1	ANGKUR POST #7/8"-250	128	5.8	742.4
31	PH3	PL.6x200x200	32	18.84	602.88
32	HR1	PIPE #2.5"	60	3.85	231
33	HR2	PIPE #2.5"	60	3.85	231
34	SOCKET	PIPE #3.0"	64	0.38	24.42
				TOTAL	2484.62

DIAPRAGMA					
NO	NO. PROFIL	PROFIL	JML. PROFIL	SUMM BENT	TOTAL BENT
35	30-BRA1	L.120x80x6	90	19.103	1719.54
36	30-BRA2	L.60x60x6	90	7.05	634.5
				TOTAL	2353.84

LATERAL STOP					
NO	NO. PROFIL	PROFIL	JML. PROFIL	SUMM BENT	TOTAL BENT
37	LP1	PL.20x80x150	4	1.884	7.536
38	LP2	PL.20x300x34	8	16.202	129.62
39	LP3	PL.16x200x220	8	5.526	44.211
40	LP4	PL.8x90x30	4	16.956	67.824
32	LP5	PL.16x200x30	8	0.7538	6.03
33	BL1	PL.4x200x200	4	14.444	57.776
				TOTAL	312.997

BAUT DAN SHEAR CONNECTOR					
NO	BAUT	M20	JML. PROFIL	SUMM BENT	TOTAL BENT
34	BAUT	M20	2084	0.35	729.4
35	SC1	BESI #25mm	1176	0.85	764.4
				TOTAL	1493.8