



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181819

**PERKUATAN STRUKTUR JEMBATAN TAAP SUMOROTO
KABUPATEN PONOROGO DENGAN MENGGUNAKAN
BRACING BAJA**

Disusun Oleh:
NUR HUDA
NRP. 10111815000038

Dosen Pembimbing 1 :
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

Dosen Pembimbing 2 :
IR. CHOMAEDHI, CES GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181819

**PERKUATAN STRUKTUR JEMBATAN TAAP SUMOROTO
KABUPATEN PONOROGO DENGAN MENGGUNAKAN
BRACING BAJA**

Disusun Oleh:
NUR HUDA
NRP. 10111815000038

Dosen Pembimbing 1 :
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

Dosen Pembimbing 2 :
IR. CHOMAEDHI, CES GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

PROGRAM SARJANA TERAPAN
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - VC 181819

STRENGTHENING THE STRUCTURE OF SUMOROTO TAAP BRIDGE PONOROGO DISTRICT USING STEEL BRACING

NUR HUDA
NRP. 10111815000038

FINAL PROJECT SUPERVISOR 1 :
IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.
NIP. 19600105 198603 1 003

FINAL PROJECT SUPERVISOR 2 :
IR. CHOMAEDHI, CES GEO
NIP. 19550319 198403 1 001

BACHELOR OF APPLIED PROGRAM
CIVIL INFRASTRUKTUR ENGINEERING DEPARTEMENT
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2019

LEMBAR PENGESAHAN
PERKUATAN STRUKTUR JEMBATAN TAAP SUMOROTO
KABUPATEN PONOROGO DENGAN MENGGUNAKAN
BRACING BAJA

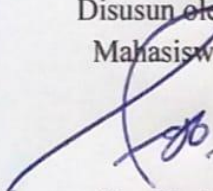
Tugas Akhir

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana
Terapan Teknik

Pada
Program Studi Sarjana Terapan Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Surabaya, 10 Juli 2019

Disusun oleh:
Mahasiswa



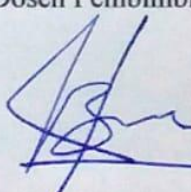
Nur Huda

NRP. 10111815000038

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

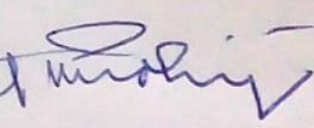
Surabaya, 10 Juli 2019

Dosen Pembimbing 1



Dosen Pembimbing 2

26 JUL 2019



26 2019
09



Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.

NIP. 19600105 198603 1 003

Ir. Chomaedhi, Ces Geo

NIP. 19550319 198403 1 001



BERITA ACARA

TUGAS AKHIR TERAPAN

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN LANJUT JENJANG

TEKNIK SIPIL

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
44852/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2019

Tanggal : 10 Juli 2019

Judul Tugas Akhir Terapan	Perkuatan Struktur Jembatan Taap Sumoroto kabupaten Ponorogo Dengan Menggunakan Bracing Baja		
Nama Mahasiswa	Nur Huda	NRP	10111815000038
Dosen Pembimbing 1	Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19600105 198603 1 003	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Ir. Chomaedhi, Ces Geo NIP 19550319 198403 1 001	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
1. Cek kembali gambar g-10 (dileporan & PP)	
	Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003
* Saran : - Penanganan searung walaupun tidak dibahas, perlu di sarankan. * Penjelasan Hg asumsi sambungan menggunakan konsep apa?	
	R. Buyung Anugraha A, ST. MT NIP 19740203 200212 1 002
	NIP -
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Prof. Ir. M. Sigit D, M.EngSc. PhD NIP 19630726 198903 1 003	R. Buyung Anugraha A, ST. MT NIP 19740203 200212 1 002	- NIP -	- NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS NIP 19600105 198603 1 003	Ir. Chomaedhi, Ces Geo NIP 19550319 198403 1 001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 NUR HUDA 2
NRP : 1011815000038 2
Judul Tugas Akhir : "Pertuatan Struktur Jembatan Tuap Sumoroto Kab. Ponorogo Dengan Menggunakan Bracing Baja"
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Ibnu Puji Rahardjo M.S.
 2. Ir. Chomaedhi, CES Geo.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1.	4 Maret 2019	- Latar belakang dijelaskan kenapa terjadi permasalahan tersebut - Hasil Survey langsung di lokasi jembatan serta mengukur dimensi** di bagian Jembatan.		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	18 Maret 2019	- Mencari informasi tentang kecepatan arus - Metodeologi harus dibedakan : proses, input, output, analisa, dan hasil) - Permodelan jembatan di tisaah : atas & bawah		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	1 April 2019	- Spring tidak dumatukkan pada area Scour hole - di area Scour hole juga terkena beban arus - Kontrol pengaruh kecepatan arus : 1 ^m /s, 2 ^m /s, 3 ^m /s - Tumbuhan kayu dicet dulu di lapangan		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	15 April 2019	- Deformasi pilar yang di jembatan sebesar 1% dari ketinggian - Permodelan diafragma terlalu kaku. - Tebal pilar baja max dipasang 12mm		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	29 April 2019	- kontrol kapasitas Rasio pilar baja - Permodelan pier head pakai frame, Samba ngan frame ke pilar pakai lint Support - bawah tang pilar harus dirol - kontrol bergoyangan ASD		B	C	K
				<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		- Kontrol kapasitas Rasio LFRD				

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
 FAKULTAS VOKASI

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1. NUR HUDA 2
NRP : 1011015000038 2
Judul Tugas Akhir : "Perkuatan Struktur Jembatan Taap Sumaroto Kab. Ponorogo Dengan Menggunakan Bracing Baja."
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Ibnu Puji Pahardjo Ms.
 2. Ir. Chomaedhi, Ces. Eto.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan
6.	13 Mei 2019	Perhitungan mematahkan: kawat, Gempa, untuk mengetahui kedalaman pilar hitung dulu daya dukung Tanahnya.		B C K
		- kontrol tekan, cabut at: kawat, arus gempa.		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
7.	20 Mei 2019	- Perkuatan dicoba pakai baja Tul. - Perkuatan dicoba Profi PSB dan Cakar ^m untuk mendesign tempainya yg optimal.		B C K
		- Batang Bracing harus dinis semua		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
8.	3 Juni 2019	- Sambungan mematahkan clamp baja - Rencana design jumlah baut mematahkan gaya aksial yang terjadi.		B C K
		- Gambar DED harus ada lotas, ket		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
9.	24 Juli 2019	dimensi, elevasi, ketepatan foto detail** - Clamp diganti menjadi 2 sisi - Dilatar belakang harus dicantumkan Foto** lotas.		B C K
				<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
10.	1 Juli 2019	- Analas Harga satuan terlalu murah pada pekerjaan penulangan baja, cek lagi - Ditambah gambar alat** ketja - ket. deformasi dimasukkan juga di kesimpulan - dimasukkan di saran untuk mengamati		B C K
				<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

lebih lanjut tentang pola geseran pada scour hole

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

**PERKUATAN STRUKTUR JEMBATAN TAAP
SUMOROTO KABUPATEN PONOROGO DENGAN
MENGUNAKAN *BRACING* BAJA**

Nama Mahasiswa : Nur Huda
NRP : 10111815000038
Departemen : Teknik Infrastruktur Sipil
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
2. Ir. Chomaedhi, Ces Geo

ABSTRAK

Jembatan Taap adalah jembatan yang berada di jalan Sumoroto Kecamatan Kauman Kabupaten Ponorogo. Jembatan ini berfungsi untuk jalur transportasi utama menghubungkan empat kecamatan yaitu kecamatan: Kauman, Balong, Jambon, dan Slahung. Desain existing Jembatan Taap memiliki Panjang total 38 meter dengan jarak abutment ke pilar 19 meter dengan lebar jembatan 7 meter. Struktur jembatan menggunakan *girder* baja dengan sisi tengah jembatan memakai pilar baja, pada bagian bawah pilar baja terdapat *scour hole* dengan kedalaman ± 5 meter. Seiring berjalanya waktu intensitas hujan di kabupaten Ponorogo mengalami peningkatan yang menyebabkan debit air pada aliran sungai menjadi meningkat setiap tahunnya. Kondisi tersebut menyebabkan dorongan arus air pada jembatan semakin besar dan menyebabkan jembatan Taap menjadi bergoyang hingga melebihi batas yang telah diijinkan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dilakukan perkuatan struktur menggunakan *bracing* baja pada struktur jembatan. Lokasi optimal untuk penempatan perkuatan *bracing* baja berada di tengah pilar baja jembatan, sehingga dapat mengurangi freestanding pilar.

Perhitungan struktur mengacu pada peraturan yang paling baru SNI 2833-2016. AISC 360-16. Sedangkan perhitungan pembebanan mengacu pada SNI 1725:2016. Proses perhitungan struktur meliputi analisis pembebanan, permodelan struktur dengan SAP 2000, analisis gaya dalam.

Berdasarkan hasil analisa perhitungan, sistem *bracing* dipasang di arah horizontal dan diagonal searah memanjang pilar jembatan. Profil *bracing* yang digunakan adalah PSB Ø 216.3 mm untuk batang diagonal dan PSB Ø 190.7 untuk batang horizontal. Setelah dilakukan perkuatan maka dilakukan cek kembali terhadap deformasi yang terjadi dan menghasilkan nilai deformasi 6.84 cm, dimana batas deformasi yang dizinkan adalah sebesar 11 cm, sehingga perkuatan yang dilakukan dapat dikatakan berhasil atau OK.

Kata kunci : Perkuatan Struktur, *Bracing*, Deformasi, PSB, Scour Hole.

STRENGTHENING THE STRUCTURE OF SUMOROTO TAAP BRIDGE PONOROGO DISTRICT USING STEEL BRACING

Student Name : Nur Huda
NRP : 10111815000038
Departement : Bachelor of Applied Program
Infrastructure Civil Engineering
Supervisor : 1. Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS.
2. Ir. Chomaedhi, Ces Geo

ABSTRACT

The Taap Bridge is a bridge that is on the road to the Sumoroto District of Kauman Ponorogo Regency. This bridge functions for the main transportation lines that connect four sub-districts, namely sub-districts: Kauman, Balong, Jambon, and Slahung. The existing Taap Bridge design has a total length of 38 meters with a buffer distance to a 19 meter pillar with a bridge width of 7 meters. The bridge structure uses a steel girder with the middle side of the bridge using steel pillars, at the bottom of the steel pillar there is a scour hole with a depth of ± 5 meters. As time went on, the rainfall intensity in Ponorogo Regency increased which caused the flow of water in the river flow to increase every year. This condition causes the impulse of the water flow on the bridge to become larger and causes the Taap bridge to sway beyond the allowable limit. To overcome this problem a structural reinforcement is needed using steel bracing on the bridge structure. The optimal location for the placement of steel bracing reinforcement is in the middle of the steel pillar bridge, so that it can reduce free-standing pillars.

Structure calculations refer to the latest SNI 2833-2016 regulations. AISC 360-16. While the loading calculation refers to SNI 1725: 2016. The structure calculation process includes loading analysis, structural modeling with SAP 2000, internal force analysis.

Based on the results of the calculation analysis, the bracing system is installed in the horizontal and diagonal direction towards the bridge pillar. The bracing profile used is PSB Ø 216.3 mm for diagonal rods and Ø PSB 190.7 for horizontal rods. After the reinforcement is carried out, it is re-examined for deformation that occurs and produces a deformation value of 6.84 cm, where the allowable deformation limit is 11 cm, so that the reinforcement carried out can be said to be successful or OK.

Keywords: Structural Strengthening, Bracing, Deformation, PSB, Scour Hole.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah - Nya sehingga kami dapat menyelesaikan **Tugas Akhir Terapan** dengan judul **“Perkuatan Struktur Jembatan Taap Sumoroto Kabupaten Ponorogo Dengan Menggunakan *Bracing* Baja”**dengan baik dan dapat terselesaikan dengan tepat waktu.

Keberhasilan penyusunan tugas akhir terapan ini merupakan kerja keras yang tentunya tidak lepas dari pengarahan beberapa pihak sehingga penulis dapat menyelesaikannya. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua, saudara-saudara tercinta, sebagai penyemangat dan banyak memberikan dukungan moral maupun materiil serta doanya.
2. Bapak Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS. dan Ir. Chomaedhi, Ces Geo selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, ilmu dan motivasi sehingga laporan tugas akhir ini bisa terselesaikan dengan baik.
3. Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama perkuliahan.
4. Teman-teman mahasiswa Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS yang telah memberikan semangat dan motivasi bagi penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan, untuk itu segala bentuk saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Dan penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membaca. Aamiin.

Surabaya,10 Juli 2019

Penyusun

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam kesempatan ini, Nur Huda mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan hidayah dan karunia Nya, sehingga tugas akhir terapan ini dapat diselesaikan meskipun hambatan dan rintangan selalu menghampiri.
2. Kedua orang tua, Bapak Subandi dan Ibu Kuntianah. Serta Mas Agung eko prasetyo yang terus menerus memberikan doa dan dukungan moril maupun materiil selama perjalanan saya selama menempuh Sarjana Terapan Teknik di Departement Teknik Infrastruktur Sipil, sampai saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini dengan tepat waktu.
3. Bapak Ir. Ibnu Pudji Rahardjo, MS. dan Ir. Chomaedhi, Ces Geo selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, ilmu dan motivasi sehingga laporan tugas akhir ini bisa terselesaikan dengan baik.
4. Bapak Dr. Machsus, ST., MT dan Mohamad Khoiri, ST., MT., Ph.D. selaku kepala department dan sekretaris department Teknik Infrastruktur Sipil ITS, yang selalu memberikan motivasi selama kuliah.
5. Mas Adam, Mansyur, Difa, dan Mbak Yudnina selaku teman yang sudah memberikan banyak ilmu tentang Teknik sipil.
6. Tim Super CT-36 yang beranggotakan: Yutup, Rosy, dan Kacong selaku teman seperjuangan yang telah memberikan dukungannya sehingga laporan tugas akhir ini bisa terselesaikan dengan baik.
7. Teman-teman kelas P, kelas BT, Kelas Z, kelas A, kelas B, kelas BG, dan kelas BA selaku teman seperjuangan yang telah telah memberikan dukungannya.
8. Anggota UKM Merpati Putih, anggota Bola Volly ITS Manyar, anggota BEM ITS, anggota Teknokrat muda ITS, anggota HMDS ITS, anggota FORDA Ponorogo dan masih banyak lagi yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terimakasih atas doa dan dukungannya.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	iii
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vii
UCAPAN TERIMAKASIH	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan.....	5
1.5 Manfaat Perencanaan.....	5
1.6 Foto Kondisi Existing Jembatan Taap.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1. Peraturan Yang Digunakan.....	11
2.2 Pembebanan.....	11
2.2.1 Beban Permanen	11
2.2.2 Beban Lalu Lintas.....	13
2.2.3 Beban Aksi Lingkungan	18
2.2.4 Pengaruh Gempa.....	23
2.2.5 Kombinasi Pembebanan	27

2.3	Dasar-Dasar Perhitungan Pondasi Tiang	30
2.3.1	Konstanta Pegas (<i>Spring Constant</i>)	30
2.3.2	Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang	31
2.3.3	Kontrol Deformasi	33
2.4	Dasar Perencanaan Komponen Pendukung.....	33
2.5	Perencanaan Perkuatan <i>Bracing</i>	34
2.4.1	Penampang breising menerima tarik.....	34
2.4.2	Penampang breising menerima tekan	35
2.4.3	Sambungan.....	39
BAB III METODOLOGI		45
3.1.	Pengumpulan Data.....	45
3.2	Survei Lapangan	45
3.3	Perumusan Masalah.....	45
3.4	Perhitungan Pembebanan.....	46
3.5	Analisa Struktur	46
3.6	Evaluasi Kekuatan Elemen Struktur	47
3.7	Solusi	47
3.8	Perhitungan Perkuatan Struktur	47
3.9	Gambar Rencana Perkuatan.....	47
3.10	Metode Pelaksanaan	47
3.11	Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>) Metodologi	49
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		51
4.1.	Data Existing jembatan.....	51
4.2	Perhitungan Pembebanan Struktur	51
4.2.1	Beban Mati(MS)	51

4.2.2	Beban Hidup	52
4.2.3	Beban Lalu Lintas.....	52
4.2.4	Beban Aksi Lingkungan	54
4.2.5	Pembebanan Gempa	56
4.3	Analisa Pondasi	61
4.3.1	Konstanta Pegas (<i>Spring Constant</i>).....	61
4.3.2	Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tunggal	62
4.4	Input Beban	66
4.4.1	Input Beban Mati Tambahan Dan Hidup.....	66
4.4.2	Input Beban Lalu Lintas	67
4.4.3	Input Spring Lateral.....	70
4.4.4	Input Beban Angin.....	71
4.4.5	Input Beban Arus Banjir.....	71
4.4.6	Input Beban Gempa	72
4.5	Kombinasi Pembebanan	73
4.6	Kontrol Pergoyangan Lateral.....	73
4.7	Perencanaan Permodelan Perkuatan.....	80
4.6.1	Permodelan Bracing dari Baja Tulangan.....	80
4.6.2	Permodelan Bracing dari Profil Baja Menggunakan Sambungan Plat Buhul pada Clamp Pile.....	82
4.6.3	Perkuatan Cor Beton pada <i>Scour hole</i>	89
4.8	Perhitungan Perkuatan <i>Bracing</i>	90
4.8.1	Perhitungan Breising Horizontal	91
4.8.2	Perhitungan <i>Bracing</i> Diagonal	108
4.8.3	Perhitungan Sambungan Clamp	125

4.9 Kontrol Pondasi Tiang Pancang dan Pergoyangan Lateral Setelah Diberi Perkuatan.....	145
BAB V TAHAPAN PELAKSANAAN	151
5.1 Alat-Alat Yang Digunakan.....	151
5.2 Pabrikasi Baja.....	154
5.3 Tahapan Pelaksanaan Di Lapangan.....	155
BAB VI PERHITUNGAN RAB PERKUATAN <i>BRACING</i>	161
6.1 Analisa Harga Satuan Pekerjaan	161
6.2 Rencana Anggaran Biaya	164
BAB VII PENUTUP	165
7.1 Kesimpulan.....	165
7.2 Saran.....	166
DAFTAR PUSTAKA.....	167
Lampiran 1: Data Uji Tanah.....	169
Lampiran 2 : Brosur Baja	171
BIODATA PENULIS.....	173

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Lokasi Kabupaten Ponorogo.....	2
Gambar 1. 2 Jembatan Taap Existing.....	2
Gambar 1. 3 Penutupan Jembatan Taap	3
Gambar 1. 4 Scour hole.....	3
Gambar 1. 5 Rencana Perkuatan Bracing.....	4
Gambar 1. 6 Scour Hole.....	6
Gambar 1. 7 Kodisi Existing Tidak Ada Aliran Air.....	7
Gambar 1. 8 Kodisi Existing Terdapat Aliran Air	7
Gambar 1. 9 Tampak Samping Jembatan Existing	8
Gambar 1. 10 Profil Girder WF Jembatan Existing	8
Gambar 1. 11 Perletakan Bearing Pad.....	9
Gambar 1. 12 Kondisi Pilar Jembatan Terbawa Arus	9
Gambar 1. 13 Kondisi Sungai Musim Kemarau	10
Gambar 2. 1 Beban Lajur "D"	14
Gambar 2. 2 Penempatan Beban "D" dalam Arah Memanjang ..	14
Gambar 2. 3 Penempatan Beban "D" dalam Arah Memanjang ..	15
Gambar 2. 4 Pembebanan Truk "T" (500 kN)	16
Gambar 2. 5 Faktor Beban Dinamis untuk Beban T untuk Pembebanan Lajur "D"	17
Gambar 2. 6 Luas proyeksi pilar untuk gaya akibat aliran air.....	20
Gambar 2. 7 Bentuk Tipikal Respons Spektra di Permukaan Tanah.....	26
Gambar 2. 8 Diagram Perhitungan dari Intensitas Daya Dukung Ultimate Tanah Pondasi pada Ujung Tiang.....	32
Gambar 2. 9 End Tee Bolted Connection dan Slotted HSS/Gusset Bolted Connection.....	40
Gambar 2. 10 Tipe-Tipe Sambungan Las.....	40
Gambar 3. 1 Gambar Existing Jembatan.....	46
Gambar 3. 2 Flowchart metode pelaksanaan perkuatan.....	48
Gambar 3. 3 Diagram Alir (Flow Chart) Metodologi	50
Gambar 4. 1 Pembebanan Truk.....	53
Gambar 4. 2 Lokasi Jembatan Taap	57

Gambar 4. 3 Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar (PGA) untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun	58
Gambar 4. 1 Pembebanan Truk	53
Gambar 4. 2 Lokasi Jembatan Taap	57
Gambar 4. 3 Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar (PGA) untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun	58
Gambar 4. 4 Peta Respons Spectra Percepatan 0,2 Detik di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun	58
Gambar 4. 5 Peta Respons Spectra Percepatan 1 Detik di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun	59
Gambar 4. 6 Grafik 6.7 Kazuto Nakazawa.....	63
Gambar 4. 7 Input Pembebanan Aspal	66
Gambar 4. 8 Input Beban Trotoar.....	66
Gambar 4. 9 Input Beban Air Hujan.....	67
Gambar 4. 10 Input Beban BTR 1	67
Gambar 4. 11 Input Beban BTR 2.....	68
Gambar 4. 12 Input Beban BTR 3.....	68
Gambar 4. 13 Input Beban BGT 1.....	68
Gambar 4. 14 Input Beban BGT 2.....	69
Gambar 4. 15 Input Beban BGT 3.....	69
Gambar 4. 16 Input Beban Truk.....	69
Gambar 4. 17 Input Beban Rem	70
Gambar 4. 18 Input Spring lateral	70
Gambar 4. 19 Input Beban Angin.....	71
Gambar 4. 20 Input Beban Arus.....	71
Gambar 4. 21 Input Beban Tumbukan Kayu.....	72
Gambar 4. 22 Input Beban Gempa Respon Spectra	72
Gambar 4. 23 Pergoyangan Kombinasi 1D+1EQY+0.3EQX	74
Gambar 4. 24 Pergoyangan Kombinasi 1D+1EQy+0.3EQx	75
Gambar 4. 25 Pergoyangan Akibat Banjir Kombinasi 1D+1L+1EU	76
Gambar 4. 26 Pergoyangan Kombinasi 1D+1EQY+0.3EQX	77
Gambar 4. 27 Pergoyangan Kombinasi 1D+1EQy+0.3EQx	78

Gambar 4. 28 Pergoyangan Akibat Banjir Kombinasi 1D+1L+1EU.....	79
Gambar 4. 29 Permodelan Bracing dari Baja Tulangan.....	81
Gambar 4. 30 Kontrol stress rasio	81
Gambar 4. 31 Kontrol Pergoyangan Terbesar.....	82
Gambar 4. 32 Permodelan 1	83
Gambar 4. 33 Kontrol stress rasio	83
Gambar 4. 34 Kontrol Pergoyangan Terbesar.....	84
Gambar 4. 35 Permodelan 2.....	84
Gambar 4. 36 Kontrol stress rasio	85
Gambar 4. 37 Kontrol Pergoyangan Terbesar.....	85
Gambar 4. 38 Permodelan 3.....	86
Gambar 4. 39 Kontrol stress rasio	86
Gambar 4. 40 Kontrol Pergoyangan Terbesar.....	87
Gambar 4. 41 Permodelan 4.....	87
Gambar 4. 42 Kontrol stress rasio	88
Gambar 4. 43 Kontrol Pergoyangan Terbesar.....	88
Gambar 4. 44 Perkuatan Cor Beton pada Scour hole.....	89
Gambar 4. 45 Kontrol Pergoyangan Terbesar.....	89
Gambar 4. 46 Permodelan Bracing Baja	90
Gambar 4. 47 Bracing yang Ditinjau.....	91
Gambar 4. 48 Analisa Gaya Dalam Bracing Output dari SAP....	92
Gambar 4. 49 Sketsa Sambungan Bracing	98
Gambar 4. 50 Konfigurasi Letak Baut pada Pelat Sambung.....	104
Gambar 4. 51 Penyebaran Beban dari Gaya Terpusat melalui Kepala Pelat.....	107
Gambar 4. 52 Bracing yang Ditinjau.....	108
Gambar 4. 53 Analisa Gaya Dalam Bracing Output dari SAP 2000.....	109
Gambar 4. 54 Sketsa Sambungan Bracing	115
Gambar 4. 55 Konfigurasi Letak Baut pada Pelat Sambung.....	122
Gambar 4. 56 Penyebaran Beban dari Gaya Terpusat melalui Kepala Pelat.....	124
Gambar 4. 57 Sketsa Sambungan Clamp	125
Gambar 4. 58 Gaya Dalam Pada Clamp.....	126

Gambar 4. 59 Konfigurasi Letak Baut pada Pelat Sambung	130
Gambar 4. 60 Gaya Dalam Clamp 2.....	132
Gambar 4. 61 Konfigurasi Letak Baut pada Pelat Sambung	137
Gambar 4. 62 Gaya Dalam Clamp 3.....	138
Gambar 4. 63 Konfigurasi Letak Baut pada Pelat Sambung	143
Gambar 4. 64 Pergoyangan Akibat Kombinasi 1D+1EQX+0.3EQY	145
Gambar 4. 65 Pergoyangan Akibat Kombinasi 1D+1EQY+0.3EQX	146
Gambar 4. 66 Pergoyangan Akibat Arus Kombinasi (1D+1L+1EU)	147
Gambar 4. 67 Kapasitas Rasio Bracing	148
Gambar 5. 1 Scaffolding.....	151
Gambar 5. 2 Chain block.....	151
Gambar 5. 3 Tiang chain block	152
Gambar 5. 4 Cangkul.....	152
Gambar 5. 5 Truk	152
Gambar 5. 6 Gerobak Sorong	153
Gambar 5. 7 Mesin Stemper	153
Gambar 5. 8 Bur Baut.....	153
Gambar 5. 9 Alat-alat las dan pabriksi	153
Gambar 5. 10 Pabriksi Baja	154
Gambar 5. 11 Pengecatan Anti Korosi	154
Gambar 5. 12 Pembersihan Lapangan.....	155
Gambar 5. 13 Pengurugan dan pemadatan tanah untuk area kerja	155
Gambar 5. 14 Pemasangan alat-alat kerja	156
Gambar 5. 15 Pengangkatan profil bracing.....	156
Gambar 5. 16 Pemasangan klem baja ke dua sisi.....	157
Gambar 5. 17 Pemasangan batang horizontal	157
Gambar 5. 18 Pemasangan batang diagonal.....	158
Gambar 5. 19 Pembongkaran alat-alat kerja	158
Gambar 5. 20 Finishing	159

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Berat Isi untuk Beban Mati	12
Tabel 2. 2 Faktor Beban untuk Berat Sendiri	12
Tabel 2. 3 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambah	13
Tabel 2. 4 Faktor Beban untuk Beban Lajur “D”	13
Tabel 2. 5 Faktor Beban untuk Beban “T”	16
Tabel 2. 6 Koefisien seret (CD) dan angkat (CL)	19
Tabel 2. 7 Faktor beban akibat aliran air, benda hanyutan dan tumbukan dengan batang kayu	20
Tabel 2. 8 Periode ulang banjir untuk kecepatan rencana air	21
Tabel 2. 9 Lendutan equivalen untuk tumbukan batang kayu	22
Tabel 2. 10 Kelas Situs Tanah	24
Tabel 2. 11 Faktor Amplifikasi untuk PGA dan 0,2 Detik (FPGA/Fa)	25
Tabel 2. 12 Koefisien Situs, Fv	25
Tabel 2. 13 Kombinasi Beban dan Faktor Beban	27
Tabel 2. 14 Simpangan Antar Lantai Ijin	33
Tabel 2. 15 Sifat Mekanis Baja Struktural	34
Tabel 2. 16 Batas Rasio Kelangsingan Penampang	36
Tabel 4. 1 Nilai koefisien seret dan angkat	55
Tabel 4. 2 Lendutan equivalen untuk tumbukan batang kayu	56
Tabel 4. 3 Klasifikasi tanah	57
Tabel 4. 4 Nilai amplifikasi Fa	59
Tabel 4. 5 Nilai amplifikasi Fv	60
Tabel 4. 6 Zona Gempa	60
Tabel 4. 7 Faktor Kepentingan	61
Tabel 4. 8 Perhitungan Konstanta Pegas	62
Tabel 4. 9 Perhitungan Daya Dukung Tanah	64
Tabel 4. 10 Diameter baut	101
Tabel 4. 11 Diameter baut	118
Tabel 4. 12 Diameter baut	127
Tabel 4. 13 Diameter baut	134
Tabel 4. 14 Diameter baut	140

Tabel 4. 15 Kapasitas Rasio Bracing	149
Tabel 6. 1 Analisa Harga Satuan Pekerjaan	161
Tabel 6. 2 Rencana Anggaran Biaya	164

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jembatan merupakan salah satu unsur pokok atau komponen yang penting dalam dunia transportasi, dimana jembatan berperan untuk melintasi kendaraan melewati sungai, danau, lembah, jurang, jalan dan lain-lain tanpa menutupnya. Oleh karena itu jembatan merupakan unsur pokok yang sangat vital dalam bidang transportasi, kekacauan akan terjadi dimana-mana, disegala aspek kehidupan jikalau dalam jalur transportasi tidak dilengkapi dengan jembatan karena dinamika transportasi yang sedang berjalan tiba-tiba menjadi berhenti karena tidak adanya jembatan sehingga efeknya akan merambat di segala aspek kehidupan.

Jembatan Taap adalah jembatan yang berada dijalur Sumoroto Ngumpul tepatnya pada jalan Sumoroto melintasi sungai Taap berlokasi di desa Sumoroto Kecamatan Kauman Kabupaten Ponorogo sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.1. Jembatan ini berfungsi untuk jalur transportasi utama menghubungkan empat kecamatan yaitu kecamatan: Kauman, Balong, Jambon, dan Slahung. Desain awal (kondisi existing) Jembatan Taap memiliki panjang total 38 meter dengan jarak abutment ke pilar 19 meter 2 lajur 2 arah dengan lebar jembatan 7 meter. Struktur jembatan menggunakan *girder* baja dengan sisi tengah jembatan memakai pilar baja yang berfungsi sebagai penopang bangunan atasnya. Dibagian bawah pilar baja terdapat *scour hole* dengan kedalaman ± 5 meter bisa dilihat pada Gambar 1.4. *scour hole* tersebut dahulu bekas pilar jembatan yang putus dikarenakan hanyut terbawa arus, dan sampai sekarang membekas pada tanah bagian bawah pilar jembatan.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Kabupaten Ponorogo



Gambar 1. 2 Jembatan Taap Existing

Pada hari selasa 28 Nopember 2017 hujan dengan intensitas tinggi terjadi di kabupaten Ponorogo. Akibatnya debit air di aliran sungai di Ponorogo juga ikut naik. Termasuk, debit air di bawah jembatan Taap, karena itu

jembatan Taap menjadi bergoyang. Berdasarkan informasi dari beritajatim.com warga dan kepolisian setempat melakukan penutupan jembatan bagi warga yang ingin melintasi, baik kendaraan roda empat maupun roda dua, karena ditakutkan membahayakan sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.3. Guna mengantisipasi kemungkinan yang terjadi, arus lalu lintas dialihkan melalui jalur alternatif dengan jarak tempuh lebih jauh 7- 10 km.



Gambar 1. 3 Penutupan Jembatan Taap



Gambar 1. 4 Scour hole

Dalam tugas akhir ini, Jembatan Taap akan dianalisa deformasinya pada saat kondisi existing akibat derasnya arus. Perkuatan pilar yang dapat mengurangi deformasi sampai batas yang ijin diantaranya: mengurug *scour hole* dengan beton dan *bracing* pada pilar baja, dengan perkuatan tersebut dapat mengurangi *freestanding* pada tinggi pilar.

Pada tugas akhir ini, perkuatan struktur jembatan direncanakan menggunakan *Bracing* baja, dapat dilihat pada Gambar 1.5, *Bracing* baja dipilih sebagai perkuatan struktur karena salah satu perkuatan yang berfungsi untuk meningkatkan kekuatan atau memberikan peningkatan kapasitas struktur akibat gaya horizontal dari derasnya arus sungai Taap. Tugas akhir ini disusun dengan harapan dapat memberikan sumbangan pemikiran untuk mengatasi permasalahan over deformasi yang terjadi pada Jembatan Taap.



Gambar 1. 5 Rencana Perkuatan *Bracing*

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan diatas, maka rumusan masalah yang ingin diangkat adalah bagaimana merencanakan perkuatan struktur jembatan Taap, sehingga dapat meminimalisir deformasi akibat beban arus banjir dan beban-beban lainnya sampai batas deformasi yang diijinkan.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari penyimpangan pembahasan dari masalah yang telah diuraikan diatas serta keterbatasan waktu penyusunan tugas akhir, maka perlu adanya Batasan masalah. Dalam tugas akhir ini permasalahan akan dibatasi sampai batasan-batasan antara lain:

1. Perhitungan stuktur hanya menghitung pilar tengah jembatan namun permodelan dilakukan pada bangunan atas dan bawah.
2. Tidak menghitung struktur bangunan atas jembatan.
3. Tidak menghitung abutment jembatan.
4. Metode pelaksanaan hanya difokuskan pada perkuatan.
5. Anggaran biaya yang dihiitung hanya anggaran biaya perkuatan.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah mampu merencanakan struktur perkuatan, sehingga dapat meminimalisir deformasi yang terjadi akibat beban arus banjir sampai batas yang diijinkan, agar jembatan dapat berfungsi kembali walaupun dengan kondisi banjir.

1.5 Manfaat Perencanaan

Dalam penyusuna tugas akhir ini, mahasiswa diharapkan mampu dan kreatif dalam menyusun laporan tugas akhir. Penyusunan tugas akhir ini sangat bermanfaat bagi mahasiswa, institusi, dan instansi terkait. Dikarenakan tugas

akhir ini diharapkan mampu menyajikan karya yang orisinal dalam merencanakan perkuatan jembatan Taap sehingga akses jembatan dapat berfungsi kembali walaupun dengan kondisi banjir.

Manfaat yang dapat diambil dari perencanaan perkuatan jembatan Taap pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Sebagai proses pembelajaran bagi mahasiswa dan suatu aplikasi teknologi dari keseluruhan ilmu yang telah dipelajari selama proses kuliah.
2. Dapat mengetahui proses perencanaan perkuatan yang terjadi dalam suatu proyek jembatan.

1.6 Foto Kondisi Existing Jembatan Taap



Gambar 1. 6 *Scour Hole*



Gambar 1. 7 Kondisi Existing Tidak Ada Aliran Air



Gambar 1. 8 Kondisi Existing Terdapat Aliran Air



Gambar 1. 9 Tampak Samping Jembatan Existing



Gambar 1. 10 Profil *Girder* WF Jembatan Existing



Gambar 1. 11 Perletakan *Bearing Pad*



Gambar 1. 12 Kondisi Pilar Jembatan Terbawa Arus



Gambar 1. 13 Kondisi Sungai Musim Kemarau

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Peraturan Yang Digunakan

Perhitungan struktur Jembatan ini menggunakan acuan standart sebagai berikut:

1. Peraturan Perencanaan Jembatan RSNI T-03-2005.
2. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)
3. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 1729-2015)
4. Peraturan Pembebanan untuk Jembatan (SNI 1725:2016)
5. Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa (SNI 2833-2016)
6. Braja M Das.(Principles of Foundation Engineering”, United State of America).
7. AISC 360-16, 2016. (*Spesification for Structural Steel Buildings*)
8. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi (Suyono Sasrodarsono, Kazuto Nakazawa)

2.2 Pembebanan

Berdasarkan peraturan-peraturan di atas, struktur jembatan harus direncanakan kekuatannya terhadap beban-beban berikut:

2.2.1 Beban Permanen

Beban permanen diatur dalam **SNI 1725-2016 pasal 7**. Beban mati jembatan terdiri dari berat masing-masing bagian struktural dan elemen-elemen non struktural. Besarnya kerapatan massa dan berat isi untuk berbaga macam bahan diberikan dalam table dibawah ini:

Tabel 2. 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	Timbunan 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
6	Beton ringan (<i>low density</i>)	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton $f_c < 35$ MPa	22,0-25,0	2320
	$35 < f_c < 105$ MPa	$22 + 0,022 f_c$	$2240 + 2,29 f_c$
8	Baja (<i>steel</i>)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras (<i>hard wood</i>)	11,0	1125

a. Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri dari bagian bangunan adalah berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya. Termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non-struktural yang dianggap tetap. Adapun faktor beban yang digunakan untuk berat tambahan dapat dilihat pada table dibawah ini:

Tabel 2. 2 Faktor Beban untuk Berat Sendiri

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

b. Berat Mati Tambahan (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non struktural dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan.

Adapun faktor beban yang digunakan untuk berat tambaha dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2. 3 Faktor Beban untuk Beban Mati Tambah

Tipe beban	Faktor beban (γ_{MA})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{MA}^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{MA}^U)	
	Keadaan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Umum	1,00 ⁽¹⁾	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,00	1,40	0,80
Catatan ⁽¹⁾ : Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas				

2.2.2 Beban Lalu Lintas

Pada perencanaan perhitungan beban lalu lintas telah diatur dalam **SNI 1725-2016 pasal 8**, beban lalu lintas terdiri dari : beban lajur (TD), beban truk (TT), gaya rem (TB).

a. Beban Lajur “D” (TD)

Beban lajur “D” bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT). Adapun faktor bebannya adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 4 Faktor Beban untuk Beban Lajur “D”

Tipe beban	Jembatan	Faktor beban (γ_{TD})	
		Keadaan Batas Layan (γ_{TD}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{TD}^U)
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

1. Intensitas beban “D” (SNI 1725-2016 pasal 8.3.1)

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total:

$$L \leq 30 \text{ m} \quad : \quad q = 9.0 \text{ kPa} \quad (1)$$

$$L > 30 \text{ m} \quad : \quad q = 9.0 (0.5 + 15/L) \text{ kPa} \quad (2)$$

Panjang yang dibebani L adalah panjang total BTR yang bekerja pada jembatan.

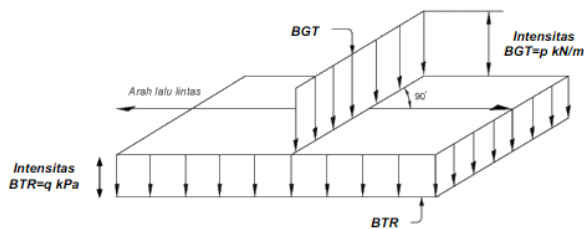
Keterangan:

q : intensitas BTR dalam arah memanjang jembatan (kPa)

L : panjang jembatan yang dibebani (meter)

Beban garis: satu BGT dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus dari arah lalu-lintas pada jembatan.

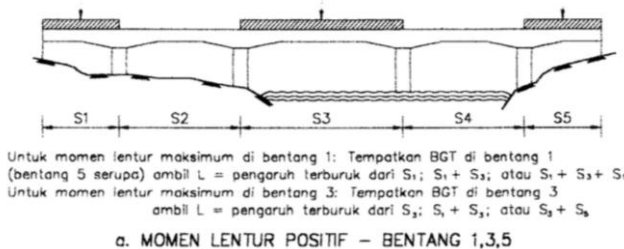
Besarnya intensitas p adalah 49.0 kN/m (SNI 1725-2016 pasal 8.3.1)



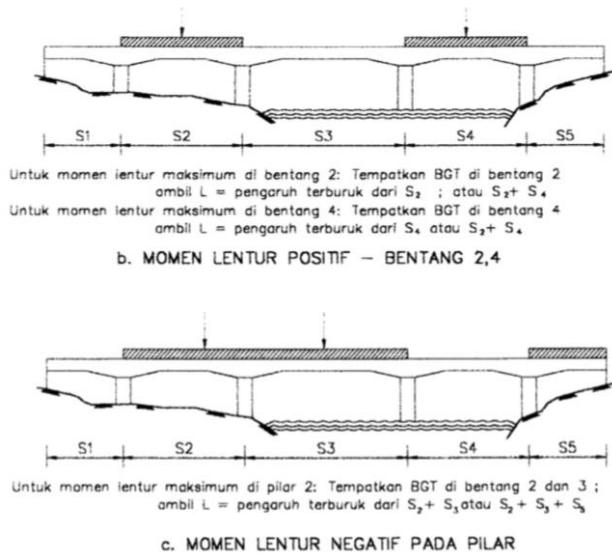
Gambar 2. 1 Beban Lajur "D"

2. Distribusi beban "D"

Beban "D" harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum, yang dapat dilihat pada gambar dibawah ini (SNI 1725-2016 gambar 25):



Gambar 2. 2 Penempatan Beban "D" dalam Arah Memanjang



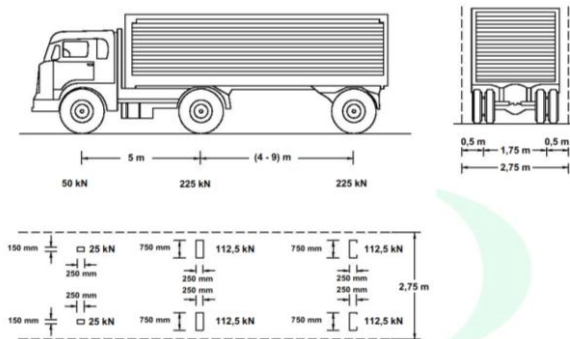
Gambar 2.3 Penempatan Beban “D” dalam Arah Memanjang

Beban Truk “T” (TT)

Beban truck “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 as yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu-lintas rencana. pembebanan truck “T” terdiri dari kendaraan truck semi trailer yang mempunyai susunan dan berat as. Berat dari masing-masing as disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut antara 4.0 m sampai 9.0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. Adapun faktor beban “T” seperti terlihat pada table berikut ini:

Tabel 2. 5 Faktor Beban untuk Beban “T”

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

**Gambar 2. 4** Pembebanan Truk “T” (500 kN)

b. Faktor Beban Dinamis (FBD)

FBD diatur dalam **SNI 1725-2016 pasal 8.6** besarnya BGT dari pembebanan lajur “D” dan beban roda dari pembebanan truk “T” harus cukup untuk memberikan terjadinya interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan dengan dikali FBD. Besarnya nilai tambah dinyatakan dalam fraksi dari beban statis. FBD ini diterapkan pada keadaan batas daya layan dan batas ultimit. BTR dari pembebanan lajur “D” tidak dikali dengan FBD. Untuk pembebanan “D”: FBD merupakan fungsi panjang bentang ekivalen seperti tercantum dalam **SNI 1725-2016 Gambar 28**. Untuk bentang tunggal panjang bentang ekivalen diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus panjang bentang ekivalen LE diberikan dengan rumus:

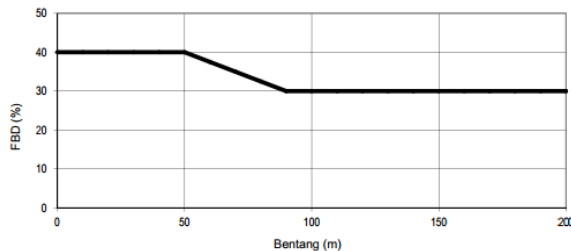
$$L_E = \sqrt{L_{av}L_{max}} \quad (3)$$

Keterangan:

L_{av} : panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus

L_{max} : panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambungkan secara menerus

Untuk pembebanan truk “T”, FBD diambil 30%. Nilai FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada di atas permukaan tanah. Untuk bagian bangunan bawah dan fondasi yang berada dibawah garis permukaan, nilai FBD harus diambil sebagai peralihan linier dari nilai pada garis permukaan tanah sampai nol pada kedalaman 2 m. Untuk bangunan yang terkubur, seperti halnya gorong-gorong dan struktur baja tanah, nilai FBD jangan diambil kurang dari 40% untuk kedalaman nol dan jarang kurang dari 10% untuk kedalaman 2 m. Untuk kedalaman antara bisa diinterpolasi linier. Nilai FBD yang digunakan untuk kedalaman yang dipilih harus diterapkan untuk bangunan seutuhnya.



Gambar 2. 5 Faktor Beban Dinamis untuk Beban T untuk Pembebanan Lajur “D”

c. Gaya Rem (TB)

Gaya rem diatur dalam **SNI 1725-2016 pasal 8.7**, gaya rem harus diambil yang terbesar dari:

1. 25% dari berat gandar truk desain atau,

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

Gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm diatas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan. Untuk jembatan yang di masa depan akan berubah menjadi satu arah, maka semua lajur rencana harus dibebani secara simultan pada saat menghitung besarnya gaya rem. Faktor kepadatan lajur yang ditentukan pada **SNI 1725-2016 pasal 8.4.3** berlaku untuk menghitung gaya rem.

2.2.3 Beban Aksi Lingkungan

Aksi lingkungan diatur dalam **SNI 1725-2016 pasal 9**. Aksi lingkungan memasukkan pengaruh temperature, angin, banjir, gempa dan penyebab-penyebab alamiah lainnya. Besarnya beban rencana yang diberikan dalam standart ini dihitung berdasarkan analisis statistic dari kejadian-kejadian umum yang tercatat tanpa memperhitungkan hal khusus yang mungkin akan memperbesar pengaruh setempat. Perencana mempunyai tanggung jawab untuk mengidentifikasi kejadian-kejadian khusus setempat dan harus memperhitungkannya dalam perencanaan.

a. Beban Angin

1. Tekanan Angin Horizontal

Tekanan angin yang dtentukan untuk angina horizontal diasumsikan disebabkan oleh angina rencana dengan kecepatan dasar (V_b) sebesar 90 hingga 126 km/jam. Gaya total beban angina tidak boleh diambil kurang dari 4,4 kN/mm pada bidang tekan dan 2,2 kN/mm pada bidang hisap pada struktur rangka dan pelengkung, serta tidak kurang dari 4,4 kN/mm.

2. Tekanan Angin Vertikal

Jembatan harus mampu memikul beban garis memanjang jembatan yang merepresentasikan gaya angina vertical ke atas

sebesar $9,6 \times 10^{-4}$ MPa dikalikan lebar jembatan, termasuk parapet dan trotoar.

b. Beban Banjir (Aliran air, benda hanyutan, tumbukan batang kayu)

Gaya seret nominal ultimit dan layan pada pilar akibat aliran air tergantung pada kecepatan air rata-rata sesuai dengan Persamaan 34. Faktor beban untuk perhitungan gaya akibat aliran air dapat digunakan sesuai dengan tabel 24.

$$T_{EF} = 0,5C_D V_S^2 A_d \quad (4)$$

Keterangan:

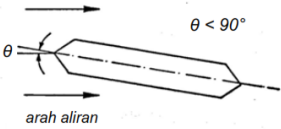


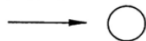
T_{EF} : adalah gaya seret (KN)

V_S : adalah kecepatan air rata-rata berdasarkan pengukuran dilapangan (m/s)

C_D : adalah koefisien seret (lihat tabel 23)

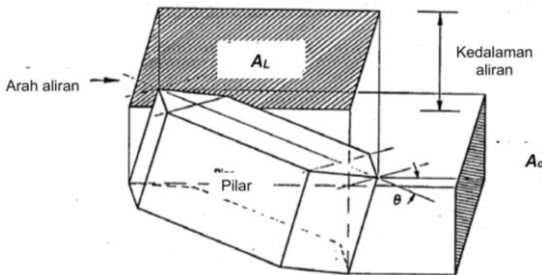
A_d : adalah luas proyeksi pilar tegak lurus arah aliran dengan tinggi sama dengan kedalaman aliran (lihat Gambar 30) (m)²

Tabel 2. 6 Koefisien seret (CD) dan angkat (CL)

Bentuk pilar	Koefisien seret (C _D)	Koefisien angkat (C _L)												
 <p>$\theta < 90^\circ$</p>	0,8	<table border="1"> <tr> <td>θ</td> <td>C_L</td> </tr> <tr> <td>0°</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5°</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>10°</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>20°</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>≥ 30°</td> <td>1.0</td> </tr> </table>	θ	C _L	0°	0	5°	0.5	10°	0.9	20°	0.9	≥ 30°	1.0
θ	C _L													
0°	0													
5°	0.5													
10°	0.9													
20°	0.9													
≥ 30°	1.0													
	1,4													
	0,7 0,7													
	0,7	Tidak dapat digunakan												
		Tidak bisa dipakai												

Tabel 2. 7 Faktor beban akibat aliran air, benda hanyutan dan tumbukan dengan batang kayu

Tipe beban	Faktor beban (γ_{EF})	
	Keadaan Batas Layan (γ_{EF}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{EF}^U)
Transien	1,0	Lihat Tabel 25



Gambar 2. 6 Luas proyeksi pilar untuk gaya akibat aliran air

Bila pilar tipe dinding membuat sudut dengan arah aliran, gaya angkat melintang akan semakin meningkat. Nilai nominal dari gaya angkat dalam arah tegak lurus gaya seret, adalah:

$$T_{EF} = 0,5C_L V_S^2 A_L \quad (5)$$

Keterangan:

V_S : adalah kecepatan air (m/s)

C_L : adalah koefisien angkat (lihat tabel 23)

A_L : adalah luas proyeksi pilar sejajar arah aliran dengan tinggi sama dengan kedalaman aliran (lihat Gambar 30) (m^2)

Tabel 2. 8 Periode ulang banjir untuk kecepatan rencana air

Kondisi	Periode ulang banjir	Faktor beban
Daya layan - untuk semua jembatan	20 tahun	1.0
Ultimit:		
Jembatan besar dan penting ⁽¹⁾	100 tahun	2,0
Jembatan permanen	50 tahun	1,5
Gorong-gorong ⁽²⁾	50 tahun	1,0
Jembatan sementara	20 tahun	1,0
Catatan ⁽¹⁾ : Jembatan besar dan penting harus ditentukan oleh Instansi yang berwenang		
Catatan ⁽²⁾ : Gorong-gorong tidak mencakup bangunan drainase		

Apabila bangunan diatas jembatan terendam, koefisien seret(C_D) yang bekerja di sekeliling bangunan atas, yang diproyeksikan tegak lurus arah aliran bisa diambil sebesar 2,2 kecuali apabila data yang lebih tepat tersedia, untuk jembatan yang terendam, gaya angkat akan meningkat dengan cara yang sama seperti pada pilar tipe dinding. Perhitungan untuk gaya-gaya angkat tersebut adalah sama, kecuali bila besarnya A_L diambil sebagai luas dari daerah lantai jembatan.

Gaya akibat benda hanyutan dihitung menggunakan Persamaan 36 dengan :

$$C_D = 1,04 \quad (6)$$

Jika tidak ada data yang lebih tepat , luas proyeksi benda hanyutan bisa dihitung seperti berikut:

- a. Untuk jembatan yang permukaan airnya terletak di bawah bangunan atas , luas benda hanyutan yang bekerja pada pilar dihitung dengan menganggap bahwa kedalaman minimum dari benda hanyutan 1,2 m dibawah muka air banjir. Panjang hamparan dari benda hanyutan diambil setengahnya dari jumlah benteng yang berdekatan atau 20 m, diambil yang terkecil dari nilai ini.
- b. Untuk jembatan dimana bangunan atas terendam, kedalaman benda hanyutan diambil sama dengan kedalama

bangunan atas termasuk sandaran atau penghalang lalu lintas ditambah minimal 1,2 m. Kedalaman maksimum benda hanyutan boleh diambil 3 m kecuali apabila menurut pengalaman setempat menunjukkan bahwa hamparan dari benda hanyutan dapat terakumulasi. Panjang hamparan benda hanyutan yang bekerja pada pilar diambil setengah dari jumlah bentang yang berdekatan.

Gaya akibat tumbukan dengan batang kayu dihitung dengan menganggap bahwa batang dengan massa minimum sebesar 2 ton hanyut pada kecepatan aliran rencana harus bisa ditahan gaya maksimum berdasarkan lendutan elastic equivalen dari pilar dengan rumus sebagai berikut :

$$T_{EF} = \frac{M (V_a)^2}{d} \quad (7)$$

Keterangan:

M : adalah massa batang kayu sebesar ± 2 ton

V_a : adalah kecepatan air permukaan (m/dt) pada keadaan batas yang ditinjau. Dalam hal tidak adanya penyelidikan yang terperinci mengenai bentuk diagram kecepatan di lokasi jembatan, V_a bisa diambil 1,4 kali kecepatan rata-rata V_s

d_{ev} : adalah lendutan elastis ekuivalen (m) (lihat Tabel 26)

Tabel 2. 9 Lendutan equivalen untuk tumbukan batang kayu

Tipe pilar	d_{ev} (m)
Pilar beton massif	0,075
Tiang beton perancah	0,150
Tiang kayu perancah	0,300

Gaya akibat tumbukan kayu dan benda hanyutan lainnya jangan diambil secara bersamaan. Tumbukan batang kayu harus ditinjau secara bersamaan dengan gaya angkat dan gaya seret. Untuk kombinasi pembebanan, tumbukan batang kayu harus ditinjau sebagai aksi transien.

2.2.4 Pengaruh Gempa

1. Gaya Gempa Horizontal Statis

Jembatan harus direncanakan agar memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh namun dapat mengalami kerusakan yang signifikan dan gangguan terhadap pelayanan akibat gempa. Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respons elastik (C_{sm}) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respons (R_d) dengan formulasi sebagai berikut (SNI 1725-2016 pasal 9.7):

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t \quad (8)$$

Keterangan:

E_Q : gaya gempa horizontal statis (kN)

C_{sm} : koefisien respons gempa elastis

R_d : faktor modifikasi respons

W_t : berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)

2. Spektrum Respons Gempa (SNI 2833:2016)

Untuk struktur pilet slab ini beban gempa direncanakan dengan SNI 2833:2016 “Perencanaan Jembatan terhadap Beban Gempa” dengan metode analisa gempa respon spektrum.

Kelas Situs Tanah

Klasifikasi situs pada pasal ini ditentukan untuk lapisan setebal 30 m sesuai dengan yang didasarkan pada korelasi dengan hasil penyelidikan tanah lapangan dan laboratorium (**SNI 2833:2016 pasal 5.3**)

Dengan nilai N:

$$N = \left(\frac{\sum di}{\sum Ni} \right) \quad (9)$$

Dimana:

di : kedalaman (m)
Ni : Nilai N-SPT

Dari nilai N diatas, dapat ditentukan nilai kelas situs tanah, dengan tabel dibawah ini (**SNI 2833:2016 tabel 2**)

Tabel 2. 10 Kelas Situs Tanah

Kelas Situs	\bar{v}_s (m/s)	\bar{N}	$\bar{\sigma}_u$ (kPa)
A. Batuan Keras	$\bar{v}_s \geq 1500$	N/A	N/A
B. Batuan	$750 < \bar{v}_s \leq 1500$	N/A	N/A
C. Tanah Sangat Padat dan Batuan Lunak	$350 < \bar{v}_s \leq 750$	$\bar{N} > 50$	$\bar{\sigma}_u \geq 100$
D. Tanah Sedang	$175 < \bar{v}_s \leq 350$	$15 \leq \bar{N} \leq 50$	$50 \leq \bar{\sigma}_u \leq 100$
E. Tanah Lunak	$\bar{v}_s < 175$	$\bar{N} < 15$	$\bar{\sigma}_u < 50$
	Atau setiap profil lapisan tanah dengan ketebalan lebih dari 3 m dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air (w) $\geq 40\%$, dan 3. Kuat geser tak terdrainase $\bar{\sigma}_u < 25$ kPa		
F. Lokasi yang membutuhkan penyelidikan geoteknik dan analisis respon dinamik spesifik	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik seperti : - Rentan dan berpotensi gagal terhadap beban gempa seperti likuifaksi, tanah lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung organik tinggi dan/atau gambut (dengan ketebalan > 3 m) - Plastisitas tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan $PI > 75$) - Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m		

Catatan : N/A = tidak dapat digunakan

Menentukan faktor Situs

Untuk menentukan respons spektra di permukaan tanah, diperlukan suatu faktor amplifikasi pada periode nol detik, periode pendek ($T = 0,2$ detik) dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi faktor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran

periode nol detik (FPGA), faktor amplifikasi periode pendek (Fa) dan faktor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik (Fv). Diatur dalam SNI 2833:2016 pasal 5.3.2 tabel 3 dan table 4.

Tabel 2. 11 Faktor Amplifikasi untuk PGA dan 0,2 Detik (FPGA/Fa)

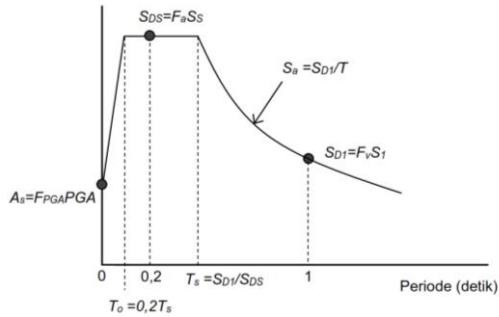
Kelas Situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0,25$	$PGA=0,2$ $S_s = 0,5$	$PGA=0,3$ $S_s = 0,75$	$PGA=0,4$ $S_s = 1,0$	$PGA >0,5$ $S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	SS				

Tabel 2. 12 Koefisien Situs, Fv

Kelas Situs	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	SS				

Perhitungan Nilai Spektrum Rencana

Nilai spektrum rencana diatur dalam SNI 2833:2016 pasal 5.4.1 dan 5.3.2 dalam respons spektra adalah nilai yang menggambarkan respons maksimum dari sistem berderajat-kebebasan-tunggal pada berbagai frekuensi alami (periode alami) teredam akibat suatu goyangan tanah. Untuk kebutuhan praktis, maka respons spektra dibuat dalam bentuk respons spektra yang sudah disederhanakan.



Gambar 2. 7 Bentuk Tipikal Respons Spektra di Permukaan Tanah

$$A_s = F_{PGA} \times PGA \quad (10)$$

$$S_{DS} = F_a \times S_s \quad (11)$$

$$S_{D1} = F_v \times S_1 \quad (12)$$

Keterangan:

S_{DS} : nilai spektra permukaan pada periode pendek ($T = 0,2$ detik)

S_{D1} : nilai spektra permukaan tanah pada periode 1,0 detik

Koefisien Respon Gempa Elastik

Untuk periode lebih kecil dari T_0 , koefisien gempa elastic (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut (SNI 2833:2016 persamaan 11):

$$C_{sm} = (S_{DS} - A_s) \frac{T}{T_0} + A_s \quad (13)$$

Untuk periode lebih besar atau sama dengan T_0 , dan lebih kecil atau sama dengan T_s , respons spectra percepatan, C_{sm} adalah sama dengan S_{DS} .

Untuk periode lebih besar dari T_s , koefisien respons gempa elastic (C_{sm}) didapatkan dari persamaan berikut (SNI 2833:2016 persamaan 12):

$$C_{sm} = \frac{S_{D1}}{T} \quad (14)$$

Dimana:

$$T_0 = 0,2 \times \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (13)$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \quad (15)$$

Dari perencanaan perhitungan di atas akan didapatkan nilai spectrum respons y

ang nantinya akan diinput melalui program bantu SAP 2000 v.14 untuk perencanaan beban gempa.

2.2.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan diatur dalam SNI 1725-2016.

Tabel 2. 13 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 _s	TG	ES	Gunakan salah satu		
										EQ	TC	TV
Kuat I	γ_p	1,8	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat II	γ_p	1,4	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Kuat III	γ_p	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TC}	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_{TC}	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 Javan I	1,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Daya Javan II	1,00	1,30	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	-	-	-	-	-
Daya Javan III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,20	γ_{TC}	γ_{ES}	-	-	-
Daya Javan IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,20	-	1,00	-	-	-
Fatig (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Catatan: γ_p dapat berupa γ_{DE} , γ_{DE} , γ_{DI} , γ_{DR} , γ_{DI} , γ_{DR} , γ_{DI} , γ_{DR} tergantung beban yang ditinjau
 γ_{EQ} adalah faktor beban hidup kondisi gempa

Dimana:

Kuat I : Kombinasi pembebanan yang memperhitungkan gaya-gaya yang timbul pada jembatan dalam keadaan normal tanpa memperhitungkan beban angin. Pada

- keadaan batas ini, semua gaya nominal yang terjadi dikalikan dengan factor beban yang sesuai.
- Kuat II : Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan penggunaan jembatan untuk memikul beban kendaraan khusus yang ditentukan pemilik tanpa memperhitungkan beban angin.
- Kuat III : Kombinasi pembebanan dengan jembatan dikenai beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.
- Kuat IV : Kombinasi pembebanan untuk memperhitungkan kemungkinan adanya rasio beban mati dengan beban hidup yang besar.
- Kuat V : Kombinasi pembebanan berkaitan dengan operasional normal jembatan dengan memperhitungkan beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.
- Ekstrem I : Kombinasi pembebanan gempa. Faktor beban hidup EQ yang mempertimbangkan bekerjanya beban hidup pada saat gempa berlangsung harus ditentukan berdasarkan kepentingan jembatan.
- EkstremII : Kombinasi pembebanan yang meninjau kombinasi antara beban hidup terkurangi dengan beban yang timbul akibat tumbukan kapal, tumbukan kendaraan, banjir atau beban hidrolika lainnya, kecuali untuk kasus pembebanan akibat tumbukan kendaraan (TC). Kasus pembebanan akibat banjir tidak boleh dikombinasikan dengan beban akibat tumbukan kendaraan dan tumbukan kapal

- Layan I : Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan operasional jembatan dengan semua beban mempunyai nilai nominal serta memperhitungkan adanya beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam. Kombinasi ini juga digunakan untuk mengontrol lendutan pada goronggorong baja, pelat pelapis terowongan, pipa termoplastik serta untuk mengontrol lebar retak struktur beton 39 bertulang; dan juga untuk analisis tegangan Tarik pada penampang melintang jembatan beton segmental. Kombinasi pembebanan ini juga harus digunakan untuk investigasi stabilitas lereng.
- Layan II : Kombinasi pembebanan yang ditujukan untuk mencegah terjadinya pelelehan pada struktur baja dan selip pada sambungan akibat beban kendaraan.
- Layan III : Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada arah memanjang jembatan beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak dan tegangan utama tarik pada bagian badan dari jembatan beton segmental.
- Layan IV : Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada kolom beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak.

Gaya gempa elastis yang bekerja pada struktur jembatan harus dikombinasi sehingga memiliki 2 tinjauan pembebanan sebagai berikut :

- 100% gaya gempa pada arah x dikombinasikan dengan 30% gaya gempa pada arah y .

- 100% gaya gempa pada arah y dikombinasikan dengan 30% gaya gempa pada arah x.

Sehingga apabila diaplikasikan dengan memperhitungkan variasi arah maka kombinasi gaya gempa menjadi sebagai berikut :

1. $DL + Y_{EQ}LL \pm EQ_x \pm 0,3 EQ_y$
2. $DL + Y_{EQ}LL \pm EQ_y \pm 0,3 EQ_x$

Dimana,

DL	adalah beban mati yang bekerja (kN)
Y_{EQ}	adalah faktor beban hidup kondisi gempa
Y_{EQ}	= 0,5 (jembatan sangat penting)
Y_{EQ}	= 0,3 (jembatan penting)
Y_{EQ}	= 0 (jembatan lainnya)
LL	adalah beban hidup yang bekerja (kN)
EQ_x	adalah beban gempa yang bekerja pada arah x
EQ_y	adalah beban gempa yang bekerja pada arah y
EU	adalah beban beban arus dan hanyutan

2.3 Dasar-Dasar Perhitungan Pondasi Tiang

Perencanaan struktur pondasi menggunakan pondasi Pancang. Data tanah yang digunakan adalah data hasil uji SPT. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam merencanakan pondasi dalam adalah sebagai berikut:

2.3.1 Konstanta Pegas (*Spring Constant*)

Nilai spring konstan pada arah mendatar atau lateral yang diinput pada SAP2000 untuk permodelan pondasi diperhitungkan berdasarkan data borlog N-SPT dan korelasi hasil uji sondir.

Rumus spring konstan lateral

Nilai spring konstan dalam satuan t/m³

$$k = k_0 \cdot y^{-1/2} \quad (16)$$

nilai k dengan pergeseran 1 cm

$$k = 0.2 \times E_o \times D^{-0.75} \times y^{-0.5} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} E0 &= 28 \text{ N-spt} \\ D &= \text{diameter tiang} \end{aligned} \quad (18)$$

Nilai spring konstan dalam satuan t/m pada input permodelan

$$\begin{aligned} kx &= ky = k.D.dz \\ dz &= \text{pembagian spring konstan pada permodelan pondasi} \end{aligned} \quad (19)$$

2.3.2 Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Pancang

A. Gaya Geser Maksimum Dinding Tiang Pancang (R_f)

$$R_f = U_p \times \sum (l_i \times f_i) \quad (20)$$

(Kazuto Nakazawa - Suyono Sosrodarsono (Mekanika Teknik & Teknik Pondasi hal 100 persamaan 6.6 - 1990, judul asli : Soil Mechanics And Foundation Engineering)

Dimana:

U_p = Keliling tiang (m)

l_i = Tebal lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang

f_i = besarnya gaya geser maksimum dari lapisan tanah dengan memperhitungkan geseran dinding tiang (ton/m^2)

B. Daya Dukung pada Ujung Tiang Pancang

$$R_t = q_d \times A \quad (21)$$

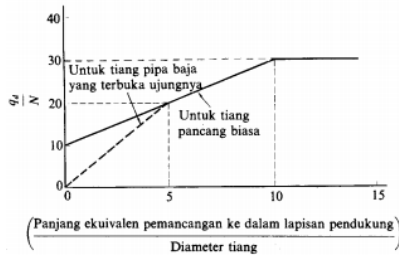
(Kazuto Nakazawa - Suyono Sosrodarsono (Mekanika Teknik & Teknik Pondasi hal 100 persamaan 6.6 - 1990, judul asli : Soil Mechanics And Foundation Engineering)

Dimana:

q_d = daya dukung terpusat tiang (ton)

A = Luas ujung tiang (m^2)

Perkiraan satuan (*unit*) daya dukung terpusat q_d diperoleh dari hubungan Antara L/D dan q_d/N pada gambar berikut:



Gambar 2. 8 Diagram Perhitungan dari Intensitas Daya Dukung Ultimate Tanah Pondasi pada Ujung Tiang

L adalah panjang ekuivalen penetrasi pada lapisan pendukung, N adalah harga rata-rata N pada ujung tiang.

$$N = (N_1 + N_2)/2 \quad (22)$$

Dimana:

N_1 = Harga N pada ujung tiang

N_2 = Harga rata-rata N pada jarak $4D$ pada ujung tiang

C. Daya Dukung Ultimate Tiang (R_u)

$$R_u = R_f + R_t \quad (23)$$

(Kazuto Nakazawa - Suyono Sosrodarsono (Mekanika Teknik & Teknik Pondasi hal 100 persamaan 6.6 - 1990, judul asli : Soil Mechanics And Foundation Engineering)

D. Daya Dukung Ijin Tiang (R_a)

$$R_a = 1/SF \times (R_u - W_p) \quad (24)$$

(Kazuto Nakazawa - Suyono Sosrodarsono (Mekanika Teknik & Teknik Pondasi hal 100 persamaan 6.5- 1990, judul asli : Soil Mechanics And Foundation Engineering)

Dimana:

SF = faktor keamanan, 3 untuk tiang pendukung (standar jembatan di Jepang)

W_p = Berat per titik tiang (ton/tiang)

$$Ra(s) = Ra \times 150\%$$

Keterangan:

Karena tanah keras, maka dinaikkan 50% (**PPIUG 1983 pasal 1.2(2) Tabel 1.1**)

2.3.3 Kontrol Deformasi

Deformasi ijin pergoyangan pondasi tiang pancang di tinjau dari deformasi pada permukaan tanah dan deformasi diatas permukaan tanah.

- ❖ Deformasi Ijin pada Permukaan Tanah
Deformasi ijin pada permukaan tanah adalah sebesar 1 inc atau sama dengan 2,54 cm (sanglerat 1972)
- ❖ Deformasi Ijin diatas Permukaan Tanah
Deformasi ijin diatas permukaan tanah mengacu pada SNI 1726:2012 pasal 7.12.1. Dimana struktur piled slab ini termasuk semua struktur lainnya kategori IV sesuai tabel berikut:

Tabel 2. 14 Simpangan Antar Lantai Ijin

Struktur	Kategori risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar lantai tingkat.	0,025 h_{xx} ^c	0,020 h_{xx}	0,015 h_{xx}
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	0,010 h_{xx}	0,010 h_{xx}	0,010 h_{xx}
Struktur dinding geser batu bata lainnya	0,007 h_{xx}	0,007 h_{xx}	0,007 h_{xx}
Semua struktur lainnya	0,020 h_{xx}	0,015 h_{xx}	0,010 h_{xx}

^a h_{xx} adalah tinggi tingkat di bawah tingkat x .

2.4 Dasar Perencanaan Komponen Pendukung

Komponen struktur pendukung yang digunakan pada desain struktur piled slab ini adalah bresing material baja yang di klem pada tiang pancang. Sifat mekanis baja struktural yang digunakan dalam perencanaan harus memenuhi persyaratan minimum yang diberikan pada tabel berikut:

Tabel 2. 15 Sifat Mekanis Baja Struktural

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, f_u (MPa)	Tegangan leleh minimum, f_y (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

Sifat-sifat mekanis lainnya baja structural untuk maksud perencanaan ditetapkan sebagai berikut:

Modulus elastisitas	: E	= 200.000 MPa
Modulus geser	: G	= 80.000 MPa
Angka poisson	: μ	= 0,3

2.5 Perencanaan Perkuatan *Bracing*

Elemen breising adalah baja dengan profil WF, HSS atau BRB (*buckling restrained brace*) adalah elemen yang mengalami gaya aksial saja akibat gaya lateral yang dialami oleh struktur tersebut.

Pemilihan elemen breising menggunakan profil baja PSB (Profil Struktur Berongga) atau HSS (*Hollow Steel Structure*) karena profil PSB memiliki kelebihan sebagai berikut:

- Penampang lebih stabil karena bentuknya lebih simetris daripada profil WF.
- Lebih kuat terhadap tekan.
- Momen inersia lebih kecil dari pada profil WF mampu menahan gaya aksial yang sama besarnya.
- Elemen lebih ringan daripada profil WF.

2.4.1 Penampang breising menerima tarik

a. Cek kelangsingan penampang

Tidak ada batas kelangsingan maksimum untuk komponen struktur dalam tarik. Tetapi untuk komponen struktur yang

dirancang berdasarkan tarik, rasio kelangsingan L/r lebih baik tidak melebihi 300. Saran ini tidak berlaku pada *rebar* atau ikatan angin penggantung dalam gaya tarik.

b. Kuat Tarik Nominal

Kekuatan tarik desain, $\phi_t P_n$, dari komponen struktur tarik, harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang neto.

- Untuk penampang utuh:

$$P_n = A_g \times f_y \quad (25)$$

- Untuk penampang bersih:

$$P_n = A_e \times f_u \quad (26)$$

Dimana:

A_g = luas penampang utuh (mm²)

A_e = luas penampang bersih (mm²)

f_y = tegangan leleh minimum yang disyaratkan (MPa)

f_u = kekuatan tarik minimum yang disyaratkan (MPa)

2.4.2 Penampang breising menerima tekan

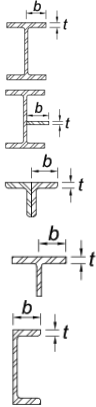
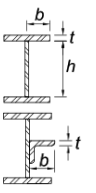
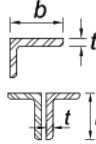
a. Cek kelangsingan penampang

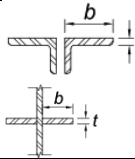
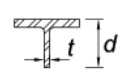
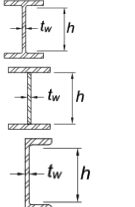
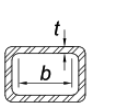
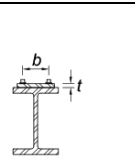
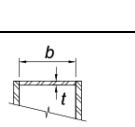
Penampang baja jika menerima tekan aksial akan mengalami tekuk. Tekuk pada baja ada 2 jenis yaitu tekuk lokal dan tekuk global.


Agar perencanaan batang tekan baja optimal, maka risiko terhadap tekuk lokal harus dihindari. Untuk itu dibuatkan klasifikasi untuk memisahkan penampang tidak langsing dan langsing. Dilakukan dengan mengevaluasi rasio lebar dan tebal tiap-tiap elemen suatu penampang.

Untuk mengecek tidak langsing dan langsing, ditinjau masing-masing penampang rasio lebar dan tebal tidak melebihi batas kelangsingan pada AISC 360-16 tabel B4.1a

Tabel 2. 16 Batas Rasio Kelangsingan Penampang

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio tebal terhadap lebar	Batasan rasio tebal terhadap lebar	Contoh
Elemen tanpa pengaku	1	Sayap dari Profil I canai panas, pelat yang diproyeksikan dari profil I canai panas; kaki berdiri bebas dari sepasang siku disambung dengan kontak menerus, sayap dari kanal, dan sayap dari T.	$\frac{b}{t}$	$0.56 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
	2	Sayap dari profil I tersusun dan pelat atau kaki siku yang diproyeksikan dari profil I tersusun.	$\frac{b}{t}$	$0.64 \sqrt{\frac{k_c E}{f_y}}$	
	3	Kaki dari siku tunggal, kaki dari siku ganda dengan pemisah, dan semua elemen takdiperkaku lainnya.	$\frac{b}{t}$	$0.45 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio tebal terhadap lebar	Batasan rasio tebal terhadap lebar	Contoh
					
	4	Stem dari T.	$\frac{b}{t}$	$0.75 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
Elemen diperkaku	1	Badan dari profil I simetris ganda dan kanal.	$\frac{b}{t}$	$1.49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
	6	Dinding PSB persegi dan boks dari ketebalan merata.	$\frac{b}{t}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
	7	Pelat penutup sayap dan pelat diafragma antara deretan sarana penyambung atau las.	$\frac{b}{t}$	$1.40 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	
	8	Semua elemen diperkaku lainnya.	$\frac{b}{t}$	$1.49 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	

	Kasus	Deskripsi elemen	Rasio tebal terhadap lebar	Batasan rasio tebal terhadap lebar	Contoh
	9	PSB bulat.	$\frac{D}{t}$	$0.11 \sqrt{\frac{E}{f_y}}$	

b. Kuat Tekan Nominal

Untuk merencanakan kuat tekan nominal penampang *bracing*, maka yang perlu diperhatikan adalah tiga perilaku tekuk pada kolom yang terjadi: tekuk torsi, tekuk lentur, dan tekuk lentur-torsi. Tekuk lokal akan terjadi apabila klasifikasi penampang yang disyaratkan AISC 360-16 tidak memenuhi batasan rasio lebar-tebal atau langsing. Apabila penampang tidak langsing, maka tidak terjadi tekuk lokal.

$$P_n = A_g \times F_{cr} \quad (27)$$

Dimana:

A_g = luas penampang utuh

F_{cr} = tegangan kritis akibat beban kritis yang menyebabkan kolom tertekuk lentur

Adapun F_{cr} dibagi dalam dua kondisi: kondisi tekuk inelastis dan kondisi tekuk elastis. Tekuk inelastis merupakan perilaku tekuk pada kolom pendek dan tekuk elastis adalah perilaku tekuk pada kolom panjang. Nilai F_{cr} dapat dihitung berdasarkan syarat sebagai berikut :

- Tekuk inelastis

$$KL/r \leq 4.71 \sqrt{E/f_y} \quad (28)$$

atau $f_y/f_e \leq 2.25$

Maka rumus F_{cr} menggunakan:

$$F_{cr} = (0.658 \frac{f_y}{f_e}) f_y \quad (29)$$

- Tekuk elastis

Maka rumus F_{cr} menggunakan:

$$KL/r > 4.71 \sqrt{E/f_y} \text{ atau } f_y/f_e > 2.25 \quad (30)$$

Dimana:

$$f_e = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2}$$

E = Modulus elastisitas baja (200000 Mpa).

K = Faktor konversi panjang efektif batang tekan.

L = Panjang *as to as* kolom

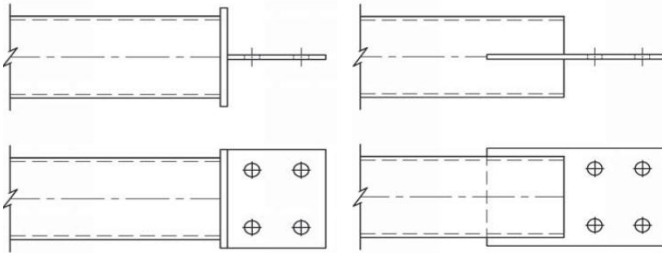
r = radius girasi penampang ($\sqrt{\frac{I}{A}}$)

f_y = Kuat leleh minimum, tergantung mutu baja (Mpa)

2.4.3 Sambungan

Untuk menghubungkan satu elemen ke elemen lain diperlukan suatu perencanaan sambungan. Pada desain *bracing*, *breising* sering direncanakan menggunakan PSB (profil struktur berongga) agar mampu menahan gaya aksial tarik maupun tekan. Maka elemen PSB harus disambungkan ke elemen struktur pilar baja.

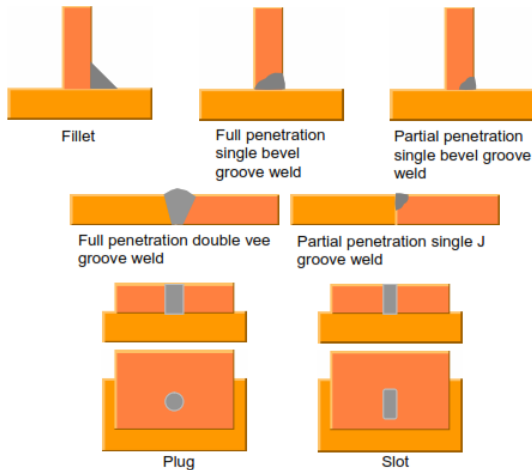
Sambungan direncanakan menggunakan konsep gaya aksial menjadi acuan untuk merencanakan jumlah baut, sehingga ketika ada gaya besar yang tidak terduga, maka elemen sambunganlah yang rusak pertama kali.



Gambar 2. 9 *End Tee Bolted Connection dan Slotted HSS/Gusset Bolted Connection*

1. Sambungan Las

Sambungan las merupakan sambungan yang bisa dikatakan sambungan relatif sempurna karena dengan pengerjaan yang benar, sambungan ini dapat menjadi satu kesatuan dengan elemen yang disambung. Sambungan las ada 3 tipe, yaitu tipe las sudut (*fillet weld*), tipe las tumpul (*groove weld*) dan tipe las baji dan pasak (*slot and plug weld*), seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2. 10 Tipe-Tipe Sambungan Las

Kuat nominal untuk sambungan las menurut AISC 360-16 pasal J2 dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

Untuk logam dasar

$$R_n = F_{nBM} \times A_{BM} \quad (31)$$

Untuk logam las

$$R_n = F_{nw} \times A_{we} \quad (32)$$

Dimana:

F_{nw} = Tegangan nominal dari logam las $0.6 F_{EXX}$ (MPa)

F_{nBM} = Tegangan nominal dari logam dasar (MPa)

F_{EXX} = Kuat tarik kawat las (MPa)

A_{we} = $t_e \cdot L$ (mm²)

A_{BM} = Luas penampang logam dasar (mm²)

L = Panjang pengelasan (mm)

2. Sambungan Baut

a. Persyaratan Spasi Baut

Persyaratan jarak baut diatur di AISC 360-16 bab J3. AISC mensyaratkan bahwa spasi (s) yang direkomendasikan untuk semua tipe baut adalah $s \cong 3d$, dimana d = diameter baut nominal. Untuk penempatan lubang baut sebaiknya dibuat simetris letaknya maupun diameternya agar mudah dalam fabrikasi dan pengerjaannya.

b. Persyaratan Lubang Baut

Untuk menghindari banyaknya variasi lubang baut, dibuat standarisasi oleh AISC (2016). Ukuran dan bentuk lubang dibagi 4 kelompok, yaitu; standar; kebesaran (oversized); slot-pendek; slot-panjang, bentuk dan ukuran lubang baut sangat penting dan menentukan kinerja sambungan tipe geser.

c. Kuat Tumpu Baut

Kuat tumpu baut memperhitungkan deformasi yang terjadi. Jika besar deformasi yang terjadi mempengaruhi struktur, maka kekuatannya dihitung dengan rumus:

$$R_n = 1.2l_c t f_u \leq 2.4dt f_u \quad (33)$$

Apabila besar deformasi yang terjadi tidak mempengaruhi struktur, maka kekuatannya dihitung dengan rumus:

$$R_n = 1.5l_c t f_u \leq 3dt f_u \quad (34)$$

Dimana:

l_c = Jarak bersih (mm) searah gaya, dihitung dari tepi lubang ke tepi pelat terluar (untuk baut pinggir) atau jarak bersih antar tepi lubang (untuk baut dalam).

t = Tebal pelat tumpu (mm)

f_u = Kuat tarik minimum pelat baja pelat yang ditinjau (MPa)

d = Diameter baut (mm)

d. Kuat Geser Baut

Jika pelat mengalami tumpu dan geser, maka pada baut juga demikian. Tetapi karena baut sudah tertentu maka kerusakan yang terjadi terlebih dahulu adalah geser baut. Apabila terjadi kerusakan geser satu baut saja, maka seluruh sambungan akan rusak. Perilaku kerusakan ini sifatnya tiba-tiba, mendadak, dan non-daktail. Untuk itu harus di evaluasi bahwa kuat geser baut lebih besar dari mekanisme yang lain.

Rumus kuat geser baut per satu bidang geser dapat dihitung dengan rumus:

$$R_n = F_{nv} \times A_b \quad (35)$$

Dimana:

F_{nv} = Tegangan geser nominal baut sesuai tabel J3.2 AISC 360-16 (MPa)

A_b = Luas penampang baut (mm²)

e. Kuat Geser Blok

Mekanisme keruntuhan yang terakhir pada baut adalah geser blok. Geser blok terjadi karena kumpulan-kumpulan baut yang menyumbangkan kekuatan menyebabkan terjadi keruntuhan blok dalam satu kesatuan. Pada potongan blok terlihat ada bagian potongan yang tertarik (tegangan tarik) dan ada bagian potongan yang tergeser (tegangan geser).

$$n = 0.6f_u A_{nv} + U_{bs} f_u A_{nt} \leq 0.6f_y A_{gv} + U_{bs} f_u A_{nt} \quad (36)$$

Dimana:

f_u = Kuat tarik minimum pelat baja pelat yang ditinjau (MPa)

f_y = Kuat leleh minimum, tergantung mutu baja (MPa)

A_{nv} = Luas netto penampang yang mengalami gaya geser (mm^2)

A_{gv} = Luas utuh penampang yang mengalami gaya geser (mm^2)

A_{nt} = Luas netto penampang yang mengalami gaya tarik (mm^2)

U_{bs} = Untuk tegangan tarik merata, nilai $U_{bs} = 1$. Untuk tegangan tarik tidak merata, nilai $U_{bs} = 0.5$

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

3.1. Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Data-data umum
 - a. Nama Jembatan : Jembatan TAAP Sumoroto
 - b. Lokasi Jembatan : Kec. Sumoroto, Kab. Ponorogo
 - c. Panjang Jembatan : 38m
 - d. Lebar Jembatan : 7 m
 - e. Jumlah Lajur : 2 Lajur
 - f. Jenis Stuktur : Baja Komposit
 - g. Jumlah Girder : 5 Buah
 - h. Dimensi Girder : WF900x200x10x10
 - i. Jumlah Pancang : 10 Buah
 - j. Diameter Tiang : Ø 60
2. Data Foto-foto Jembatan
3. Data Tanah

3.2 Survei Lapangan

Untuk menunjang data-data yang ada survei lapangan sangat diperlukan untuk melihat kondisi existing dari jembatan secara visual.

3.3 Perumusan Masalah

Setelah survei lapangan dan mencari informasi kepada dinas pekerjaan umum Bina Marga kabupaten Ponorogo tentang penyebab bergetarnya jembatan tersebut ditemukanlah indikasi adalah :

- ❖ Dengan struktur pilar baja dengan freestanding tinggi, kemudian ada beban horizontal dari arus banjir dan membawa benda hanyutan yang menghantam permukaan pilar maka jembatan mengalami pergoyangan.



Gambar 3. 1 Gambar Existing Jembatan

3.4 Perhitungan Pembebanan

- Beban mati
- Beban hidup
- Aksi lingkungan
- Beban tambahan

3.5 Analisa Struktur

Dalam analisis struktur untuk mengetahui kelakuan atau keamanan struktur secara keseluruhan pada jembatan menggunakan peraturan dan tahapan sebagai berikut:

- a. Permodelan struktur sesuai gambar Jembatan
- b. Bangunan Atas dan Bawah domodelkan terpisah dengan program bantu (SAP 2000).
 - Pile
 - Pier Head
 - Balok Girder
 - Plat Lantai
- c. Pembebbanan mengacu pada peraturan SNI 1725 2016 tentang pembebanan pada jembatan.
- d. Menganalisa gaya dalam.

3.6 Evaluasi Kekuatan Elemen Struktur

Kontrol elemen struktur akibat beban dilakukan dengan program SAP 2000. Kontrol syarat pergoyangan lateral tiang pancang baik dipermukaan tanah atau diatas permukaan tanah. Jika pergoyangan lateral tiang pancang baik dipermukaan tanah atau diatas permukaan tanah lebih kecil dengan deformasi yang diijinkan maka elemen struktur dikatakan aman, sedangkan jika pergoyangan lateral tiang pancang dipermukaan tanah dan diatas permukaan tanah lebih besar dengan deformasi yang diijinkan maka elemen struktur dikatakan tidak aman. Elemen struktur yang dikatan tidak aman perlu dilakukan perkuatan agar bangunan dapat berfungsi dengan aman.

3.7 Solusi

Setelah mengetahui evaluasi struktur dan penyebab kerusakan membuat solusi perbaikan dan perkuatan yang tepat. Solusi penanganan agar jembatan secara struktural masih bisa berfungsi dan bisa menambah umur bangunan. Solusi yang direncanakan adalah dengan perkuatan *bracing* baja pada pilar baja.

3.8 Perhitungan Perkuatan Struktur

Setelah mengetahui perkuatan struktur yang akan dilaksanakan maka dilakukan perhitungan perkuatan struktur yang akan dilaksanakan.

3.9 Gambar Rencana Perkuatan

- a. Gambar penempatan *bracing* pada pilar baja
- b. Gambar detail *bracing*

3.10 Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan dari solusi yang ditawarkan perkuatan dapat dilaksanakan di lapangan sebagai berikut:

1. Pabrikasi *bracing* baja sesuai dengan gambar kerja
2. Finishing cat anti korosi pada *bracing*
3. Pengurugan tanah untuk area kerja
4. Pemasangan *Scaffolding*

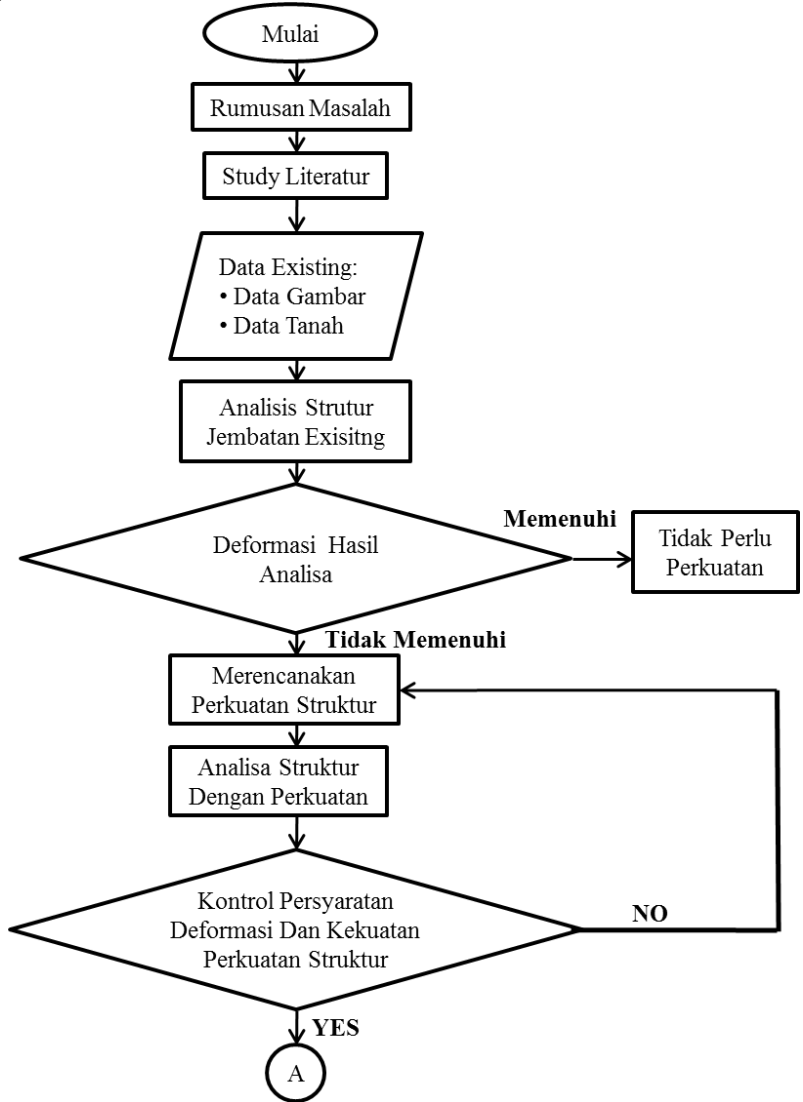
5. Pemasangan klem baja ke dua sisi
6. Pemasangan batang horizontal
7. Pemasangan batang diagonal

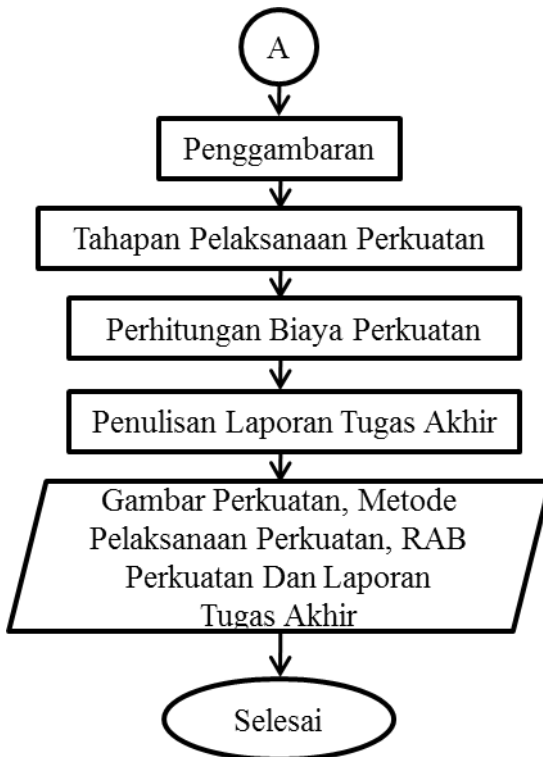


Gambar 3. 2 Flowchart metode pelaksanaan perkuatan

3.11 Diagram Alir (Flow Chart) Metodologi

Adapun diagram alir (flow chart) Metodologi adalah sebagai berikut:





Gambar 3. 3 Diagram Alir (Flow Chart) Metodologi

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Existing jembatan

Sebagai dasar dalam perkuatan struktur ini diperlukan data jembatan existing. Dari data jembatan tersebut kemudian dilakukan perhitungan-perhitungan. data jembatan existing sebagai berikut:

- a. Nama Jembatan : Jembatan TAAP Sumoroto
- b. Lokasi Jembatan : Kabupaten Ponorogo
- c. Panjang Jembatan : 38m
- d. Lebar Jembatan : 7 m
- e. Jumlah Lajur : 2 Lajur
- f. Jenis Stuktur : Baja Komposit
- g. Jumlah Girder : 5 Buah
- h. Dimensi Girder : WF900x200x10x10
- i. Jumlah Tiang Pancang : 10 Buah
- j. Diameter Tiang : Ø 60

4.2 Perhitungan Pembebanan Struktur

4.2.1 Beban Mati(MS)

Diatur dalam SNI 1725-2016 pasal 7.2. Berat sendiri jembatan (*Self-weight*) yang terdiri dari tiang sandaran, plat lantai, girder, diafragma, pierhead dan tiang pancang didapatkan dari hasil analisa SAP 2000.

- a. Berat Aspal:
 - $t_{\text{aspal}} = 5 \text{ mm}$
 - $\gamma_{\text{aspal}} = 2200 \text{ kg/m}^3$
 - Berat aspal = $0,05 \text{ m} \times 2200 \text{ kg/m}^3 = 110 \text{ kg/m}^2$
- b. Sandaran:
 - $\emptyset = 100 \text{ mm}$
 - $T = 4 \text{ mm}$
 - Weight = 9.63 kg/m
 - Berat total sandaran = $3.5\text{m} \times 9.63 \text{ kg/m} = 33.71 \text{ kg}$

c. Trotoar:

$$\begin{aligned}
 L &= 0.5 \text{ m} \\
 T &= 0.3 \text{ m} \\
 \gamma_{\text{Beton bertulang}} &= 2400 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Berat trotoar} &= 0.5 \text{ m} \times 0.3 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times \\
 &\quad 2400 \text{ kg/m}^3 = 360 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.2.2 Beban Hidup

Beban hidup terdiri dari beban hujan dan pengaruh beban pelaksanaan pada saat kondisi sebelum komposit yang diatur dalam SNI 1725-2016 pasal 7.5

Beban air hujan:

$$\begin{aligned}
 t_{\text{genangan}} &= 30 \text{ mm} \\
 \gamma_{\text{air}} &= 1000 \text{ kg/m}^3 \\
 \text{Berat total} &= 0,03 \text{ m} \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 30 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

4.2.3 Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas terdiri dari beban lajur "D" dan beban truk "T" yang bekerja pada lantai kendaraan.

a. Beban Lajur "D"

Beban Terbagi Rata (BTR)

Jika $L \leq 30 \text{ m}$, maka $q = 9 \text{ kPa}$

Jika $L > 30 \text{ m}$, maka $q = 9 \times (0.5 + 15/L) \text{ kPa}$

Panjang total jembatan yang dibebani (L) = 38 m

Intensitas beban terbagi rata dalam arah memanjang jembatan:

$$\begin{aligned}
 q &= 9 \times (0.5 + 15/L) \\
 &= 9 \times (0,5 + 15/38\text{m}) = 8.05 \text{ kPa} = 805 \text{ kg/m}^2
 \end{aligned}$$

Beban Garis Terousat (BGT)

Menurut SNI 1725-2016 pasal 8.3.1

Nilai $P = 49 \text{ kN/m}$

Faktor Beban Dinamis (FBD) diambil sebagai berikut:

FBD = 0,4 untuk $L \leq 50 \text{ m}$

$$\text{FBD} = 0,4 - 0,0025 \times (L - 50)$$

untuk $50 < L < 90 \text{ m}$

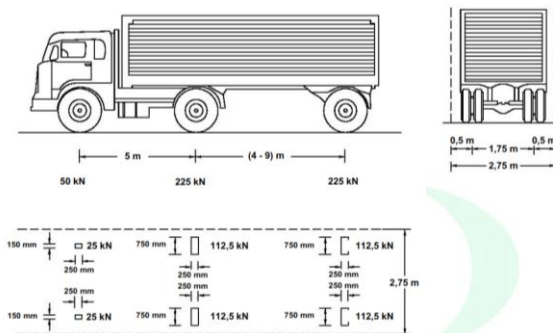
$$\text{FBD} = 0,3 \quad \text{untuk } L \geq 90 \text{ m}$$

Karena $L \leq 50 \text{ m}$, maka nilai FBD diambil = 0,4

$$\begin{aligned} P_{\text{BGT}} &= P \times (1 + \text{FBD}) \\ &= 49 \times (1 + 0,4) \\ &= 68,6 \text{ kN/m} = 6860 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

b. Beban Truk T

SNI 1725-2016 pasal 8.4.1 ditentukan beban truk sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Pembebanan Truk

Beban truk di input pada program SAP dengan menggunakan moving load pada lines.

c. Gaya Rem (TB)

Besarnya gaya rem arah memanjang jembatan harus diambil yang terbesar dari SNI 1725-2016 pasal 8.7

25% dari berat gandar truk desain atau

Berat gandar truk (SNI 1725-2016 pasal 8.4.1)

$$= 2 \times 11250 \text{ kg} = 22500 \text{ kg}$$

$$= 25\% \times 22500 \text{ kg} = 5625 \text{ kg}$$

5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata

BTR

$$\begin{aligned}
 \text{Berat truk rencana} &= 500 \text{ kN} = 50000 \text{ kg} \\
 \text{BTR} &= 805 \text{ kg} \\
 &= 5\% \times (\text{truk rencana} + \text{BTR}) \\
 &= 5\% \times (50000 \text{ kg} + 805 \text{ kg}) \\
 &= 40.25 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Maka diambil nilai TB terbesar = 5625 kg untuk didistribusikan ke titik pancang.

4.2.4 Beban Aksi Lingkungan

a. Beban Angin (EWs)

Tekanan angin dasar (Tekan)

$$P_{B(\text{tekan})} = 0,0024 \text{ Mpa} \quad \text{Tabel 29 SNI 1725:2016}$$

Tekanan angin dasar (Hisap)

$$P_{B(\text{hisap})} = 0,0012 \text{ Mpa} \quad \text{Tabel 29 SNI 1725:2016}$$

Kecepatan gesekan angin

$$V_o = 17,6 \text{ km/jam} \quad \text{Tabel 28 SNI 1725:2016}$$

Kecepatan angin rencana di Ponorogo

$$V_B = 22 \text{ km/jam}$$

Kecepatan angin pada elevasi 10000 mm

$$V_{10} = 22 \text{ km/jam}$$

Panjang gesekan di hulu jembatan

$$Z_o = 1 \text{ m} \quad \text{Tabel 28 SNI 1725:2016}$$

Elevasi struktur diukur dari permukaan tanah

$$Z = 9 \text{ m}$$

Kecepatan angin rencana pd elevasi rencana

$$V_{DZ} = 2,5V_o \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \frac{Z}{Z_o} = 96.678 \text{ km/jam}$$

Tekanan angin rencana (TEKAN)

$$P_{D(\text{TEKAN})} = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 = 0.04635 \text{ Mpa}$$

Tekanan angin rencana (HISAP)

$$P_{D(HISAP)} = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 = 0.02317 \text{ Mpa}$$

b. Beban Aliran air, Benda Hayutan dan Tumbukan kayu

• Arus Air

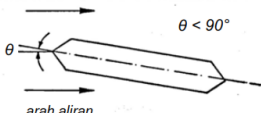


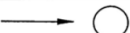
Diketahui:

A_d (Pilar) : 0.6 m

v_s : 3 m/s

C_D : 0.7

Tabel 4. 1 Nilai koefisien seret dan angkat

Bentuk pilar	Koefisien seret (C_D)	Koefisien angkat (C_L)												
 <p>$\theta < 90^\circ$</p> <p>arah aliran</p>	0,8	<table border="1"> <thead> <tr> <th>θ</th> <th>C_L</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0°</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>5°</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>10°</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>20°</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>$\geq 30^\circ$</td> <td>1.0</td> </tr> </tbody> </table>	θ	C_L	0°	0	5°	0.5	10°	0.9	20°	0.9	$\geq 30^\circ$	1.0
θ	C_L													
0°	0													
5°	0.5													
10°	0.9													
20°	0.9													
$\geq 30^\circ$	1.0													
	1,4													
	0,7 0,7													
	0,7	Tidak dapat digunakan												
	0,7	Tidak bisa dipakai												

$$T_{EF} = 0,5C_D V s^2 A_d$$

$$T_{EF} = 0,5 \times 0,7 \times 3^2 \times 0,6$$

$$= 1,89 \text{ Kn/m}$$

$$T_{EF(\text{renc.bracing1})} = 0,5 \times 0.7 \times 3^2 \times 0.19$$

$$= 0.59 \text{ Kn/m}$$

$$T_{EF(\text{renc.bracing2})} = 0,5 \times 0.7 \times 3^2 \times 0.216$$

$$= 0.68 \text{ Kn/m}$$

- Tumbukan Batang Kayu

Diketahui:

M : 2 Ton

V_a : 4.2 m/s

d_{ev} : 0.3 m

Tabel 4. 2 Lendutan equivalen untuk tumbukan batang kayu

Tipe pilar	d_{ev} (m)
Pilar beton massif	0,075
Tiang beton perancah	0,150
Tiang kayu perancah	0,300

$$T_{EF} = \frac{M (Va)^2}{d}$$

$$T_{EF} = \frac{2 (4.2)^2}{0.3}$$

$$= 117.6 \text{ Kn}$$

4.2.5 Pembebanan Gempa

1. Klasifikasi Tanah

Tabel 4. 3 Klasifikasi tanah

Lapisan ke- <i>i</i>	Tebal lapisan (<i>di</i>)	Jenis Tanah	Nilai N-SPT
1	2.5	<i>Decomposed Volcanic</i>	0.05
2	27.5	<i>Volcanic Breccia</i>	0.55

$$\Sigma di = 30$$

$$\Sigma Ni = 0.6$$

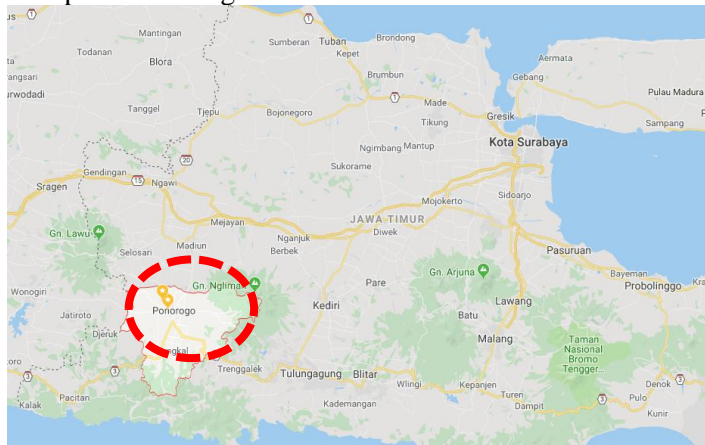
$$N = \Sigma di / \Sigma Ni = 30/0.6 = 50$$

Sesuai tabel klasifikasi situs SNI 2833:2016 Tabel 2:

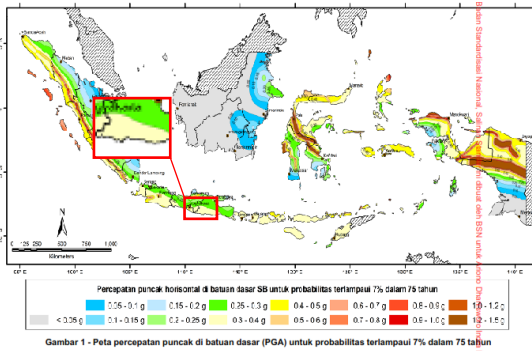
$15 \leq N \leq 50$, apabila $N = 50$ maka tanah masuk ke dalam kelas situs D (Tanah Sedang)

2. Perhitungan Respons Spektrum

Berdasarkan data SPT tersebut, tanah termasuk klasifikasi SE (tanah sedang). Kemudian lokasi jembatan Taap di kabupaten Ponorogo.

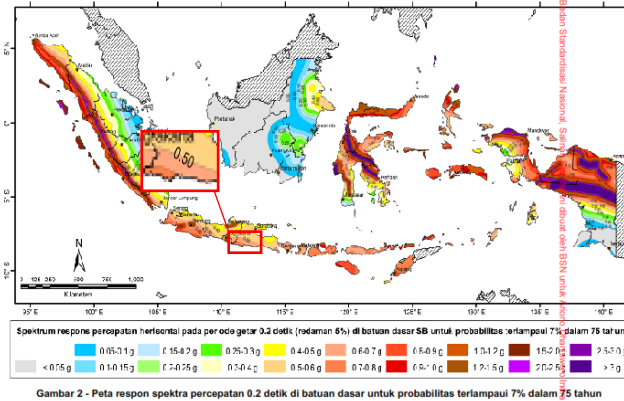
**Gambar 4. 2** Lokasi Jembatan Taap

Didapatkan nilai $PGA = 0,25$ berdasarkan peta berikut:



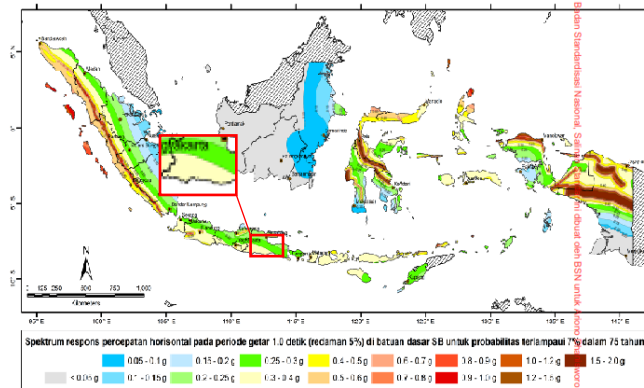
Gambar 4. 3 Peta Percepatan Puncak di Batuan Dasar (PGA) untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun

Didapatkan nilai $S_s = 0,5$ berdasarkan peta berikut:



Gambar 4. 4 Peta Respons Spectra Percepatan 0,2 Detik di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun

Didapatkan nilai $S_1 = 0,2$ berdasarkan peta berikut:



Gambar 3 - Peta respon spektra percepatan 1 detik di batuan dasar untuk probabilitas terlampaui 7% dalam 75 tahun

Gambar 4. 5 Peta spektra Respons Spectra Percepatan 1 Detik di Batuan Dasar untuk Probabilitas Terlampaui 7% dalam 75 Tahun

Menentukan priode getar T_0 dan T_s :

Dari peta zonasi gempa didapatkan kesimpulan nilai senagai berikut:

$$S_s = 0,5$$

$$S_1 = 0,2$$

$$PGA = 0,25$$

Kemudaian mencari nilai amplifikasi untuk periode 0,2 detik (F_a) berdasarkan tabel berikut:

Tabel 4. 4 Nilai amplifikasi F_a

Kelas situs	$PGA \leq 0,1$ $S_s \leq 0,25$	$PGA = 0,2$ $S_s = 0,5$	$PGA = 0,3$ $S_s = 0,75$	$PGA = 0,4$ $S_s = 1,0$	$PGA > 0,5$ $S_s \geq 1,25$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
Tanah Sedang (SD)	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
Tanah Lunak (SE)	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Didapatkan nilai PGA dan F_a dari interpolasi sebesar:

$$F_a = 1.40$$

$$PGA = 1.30$$

Mencari nilai faktor amplifikasi untuk periode 1 detik (F_v) berdasarkan tabel berikut:

Tabel 4.5 Nilai amplifikasi F_v

Kelas situs	$S_T \leq 0.1$	$S_T = 0.2$	$S_T = 0.3$	$S_T = 0.4$	$S_T \geq 0.5$
Batuan Keras (SA)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Batuan (SB)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tanah Keras (SC)	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
Tanah Sedang (SD)	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
Tanah Lunak (SE)	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
Tanah Khusus (SF)	SS	SS	SS	SS	SS

Catatan : Untuk nilai-nilai antara dapat dilakukan interpolasi linier

Didapatkan nilai $F_v = 2.0$

Nilai F_a dan F_v selanjutnya digunakan untuk menghitung parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, S_{DS} , dan untuk periode 1 detik, S_{D1} , dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} A_s &= F_{PGA} \times PGA = 1.3 \times 0.25 = 0.325 \\ S_{DS} &= F_a \times S_s = 1.4 \times 0.5 = 0.7 \\ S_{D1} &= F_v \times S_1 = 2 \times 0.2 = 0.4 \end{aligned}$$

Menentukan periode getar T_0 dan T_s :

$$\begin{aligned} T_0 &= 0,20 \times S_{D1} / S_{DS} = 0.114 \\ T_s &= S_{D1} / S_{DS} = 0.571 \end{aligned}$$

Menentukan zona gempa:

Tabel 4.6 Zona Gempa

Koefisien percepatan (S_{D1})	Zona gempa
$S_{D1} \leq 0,15$	1
$0,15 < S_{D1} \leq 0,30$	2
$0,30 < S_{D1} \leq 0,50$	3
$S_{D1} > 0,50$	4

Dengan nilai $0.3 < S_{D1} \leq 0.5$ maka termasuk dalam zona gempa 3

Maka perhitungan gaya gempa rencana mengikuti ketentuan zona gempa 3 SNI 2833-2016 pasal 5.9.3 dimana pada pasal tersebut gaya gempa ditentukan R diambil sama dengan 1 untuk fondasi. Sedangkan untuk bangunan atas seperti pelat gaya gempa di ditentukan R = 3 berdasarkan kriteria kinerja 2 SNI 2833-2016 pasal 8.2.

Faktor Pengali Gempa (*Scale Factor*)

Tabel 4. 7 Faktor Kepentingan

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 fondasi	1,0

Pondasi dengan R= 1 maka:

$$\begin{aligned} SF &= \text{faktor kepentingan} \times g/R \\ &= 1 \times 9,81/1 = 9,81 \end{aligned}$$

Bangunan atas dengan R= 3 maka:

$$\begin{aligned} SF &= \text{faktor kepentingan} \times g/R \\ &= 1 \times 9,81/3 = 3,27 \end{aligned}$$

4.3 Analisa Pondasi

4.3.1 Konstanta Pegas (*Spring Constant*)

Permodelan parameter tanah dalam program SAP2000 pada tiang pancang baja (Steel Pile) menggunakan konstanta pegas. Berikut merupakan besaran konstanta pegas yang diinput pada tiang pancang baja untuk setiap meternya. perhitungan sebagai berikut:

$$N\text{-SPT} = 50$$

$$\begin{aligned} E_o &= 28 \times N \text{ (nilai N-spt)} \\ &= 28 \times 50 = 1400 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_o &= 0,2 \times E_o \times D^{-0.75} \quad (D = 60 \text{ cm}) \\ &= 12,99 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k &= k_o \times y^{-0.5} \quad (y = 1 \text{ cm}) \\ &= 8,21 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

$$K_x = k_y = k \times D \times dz \quad (D = 0,6 \text{ m})$$

$$= 49286.26 \text{ kg/cm} = 4928.63 \text{ t/m}$$

Tabel 4. 8 Perhitungan Konstanta Pegas

Depth (m)	N	Eo = 28N kg/cm2	D = 0.60m		D = 0.60m	D = 0.60m	D = 0.60m	D = 0.60m
			ko = 0,2. Eo.D ^{0.75} kg/cm3	D = 0.60m γ = 2.50cm k = ko.γ ^{-0.5} kg/cm3	D = 0.60m kv t/m	D = 0.60m kv * 2 t/m	D = 0.60m kx=ky= k D.dz kg/cm	D = 0.60m kx=ky t/m
0.00	0.00							
-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
-6.00	50.00	1400.00	12.99	8.21	3672.29	7344.58	49286.26	4928.63
-7.00	50.00	1400.00	12.99	8.21	3672.29	7344.58	49286.26	4928.63
-8.00	50.00	1400.00	12.99	8.21	3672.29	7344.58	49286.26	4928.63
-9.00	50.00	1400.00	12.99	8.21	3672.29	7344.58	49286.26	4928.63
-10.00	50.00	1400.00	12.99	8.21	3672.29	7344.58	49286.26	4928.63
-11.00	50.00	1400.00	12.99	8.21	3672.29	7344.58	49286.26	4928.63
-12.00	50.00	1400.00	12.99	8.21	3672.29	7344.58	49286.26	4928.63
-13.00	50.00	1400.00	12.99	8.21	3672.29	7344.58	49286.26	4928.63
-14.00	50.00	1400.00	12.99	8.21	3672.29	7344.58	49286.26	4928.63

4.3.2 Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tunggal

- ❖ Diameter tiang pancang : 0,6 m
- ❖ Keliling tiang : π x D
: π x 0,6 m= 1,88 m
- ❖ Tebal tiang : 12mm
- ❖ As baja : 0.022m
- ❖ Total area :0.28 m2
- ❖ Baja density :7850 kg.m3
- ❖ Weight of pile : 174.01 kg/m³
- ❖ Momen Inersia :95841.57 cm4

❖ **Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang Bor**
- **Gaya geser maksimum dinding tiang (Rf)**

$$R_f = U_p \times \sum (l_i \times f_i)$$

$$= f_i \cdot l_i \cdot O + \sum f_i \cdot l_i \cdot O$$

- **Daya dukung pada ujung tiang (Rt)**

$$R_t = q_d \times A$$

$$\text{Harga N ujung tiang (N1)} = 50 \text{ blow/m}$$

Nilai rata-rata N SPT Jarak 4D dari ujung tiang (N2)

$$\frac{50 + 50 + 50}{3} = 50 \text{ blow/m}$$

Panjang penentraman tiang sampai ke lapisan pendukung = $4 \times D$

$$= 4 \times 0,6 \text{ m} = 2,4 \text{ m}$$

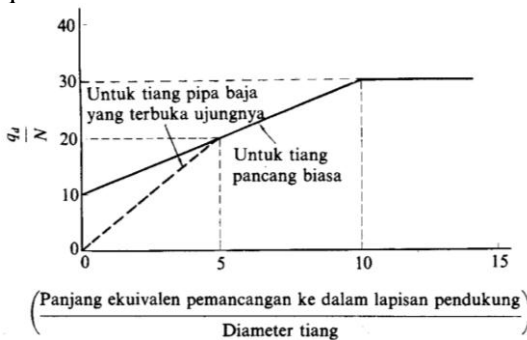
$$N = (N1 + N2)/2 = (50+50)/2 = 50 \text{ blow/m}$$

$$L/D = 10.8$$

$$L = 6.5 \text{ m}$$

$$D = 0.6 \text{ m}$$

$$q_d/N = 30$$



Gambar 4. 6 Grafik 6.7 Kazuto Nakazawa

- **Daya Dukung Ultimate Tiang (Ru)**

$$R_u = R_f + R_t$$

- **Daya Dukung Ijin Tiang**

$$R_a = (R_u / SF) - W_p$$

Tabel 4. 9 Perhitungan Daya Dukung Tanah

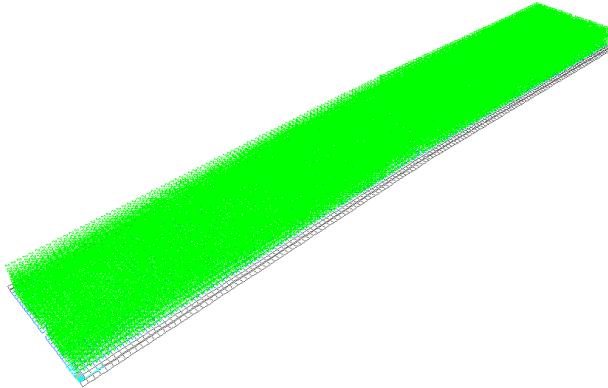
Depth (m)	Type of Soil	N- SPT	P frictio n (Rf) (ton)	P bearin g (Rt) (ton)	Pu (ton)	Pu Pema ncang an (ton)	PU Bahan (Ton)	P bearing SF=3.0 (ton)	P bearing SF=2.0 (ton)	P Pull Out SF=3.0 (ton)	P Pull Out SF=2. 0 (ton)
0.00	Decomposed Vucanic	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	558.61	0.00	0.00	0.00	0.00
-1.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	558.61	0.00	0.00	0.00	0.00
-2.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	558.61	0.00	0.00	0.00	0.00
-3.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	558.61	0.00	0.00	0.00	0.00
-4.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	558.61	0.00	0.00	0.00	0.00
-5.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	558.61	0.00	0.00	0.00	0.00
-6.00		50.00	22.62	339.29	361.91	361.91	558.61	120.64	180.96	7.54	11.31
-7.00		50.00	45.24	339.29	384.53	384.53	558.61	128.18	192.27	15.08	22.62
-8.00		50.00	67.86	339.29	407.15	407.15	558.61	135.72	203.58	22.62	33.93
-9.00		50.00	90.48	339.29	429.77	429.77	558.61	143.26	214.88	30.16	45.24
-10.00		50.00	113.10	339.29	452.39	452.39	558.61	150.80	226.19	37.70	56.55
-11.00		50.00	135.72	339.29	475.01	475.01	558.61	158.34	237.50	45.24	67.86
-12.00		50.00	158.34	339.29	497.63	497.63	558.61	165.88	248.81	52.78	79.17
-13.00		50.00	180.96	339.29	520.25	520.25	558.61	173.42	260.12	60.32	90.48
-14.00		50.00	203.58	339.29	542.87	542.87	558.61	180.96	271.43	67.86	101.79

-15.00	Decomposed Vucanic	50.00	226.19	339.29	565.49	565.49	558.61	188.50	282.74	75.40	113.10
-16.00		50.00	248.81	339.29	588.11	588.11	558.61	196.04	294.05	82.94	124.41
-17.00		50.00	271.43	339.29	610.73	610.73	558.61	203.58	305.36	90.48	135.72
-18.00		50.00	294.05	339.29	633.35	633.35	558.61	211.12	316.67	98.02	147.03
-19.00		50.00	316.67	339.29	655.96	655.96	558.61	218.65	327.98	105.56	158.34
-20.00		50.00	339.29	339.29	678.58	678.58	558.61	226.19	339.29	113.10	169.65
-21.00		50.00	361.91	339.29	701.20	701.20	558.61	233.73	350.60	120.64	180.96
-22.00		50.00	384.53	339.29	723.82	723.82	558.61	241.27	361.91	128.18	192.27
-23.00		50.00	407.15	339.29	746.44	746.44	558.61	248.81	373.22	135.72	203.58
-24.00		50.00	429.77	339.29	769.06	769.06	558.61	256.35	384.53	143.26	214.88
-25.00		50.00	452.39	339.29	791.68	791.68	558.61	263.89	395.84	150.80	226.19
-26.00		50.00	475.01	339.29	814.30	814.30	558.61	271.43	407.15	158.34	237.50
-27.00		50.00	497.63	339.29	836.92	836.92	558.61	278.97	418.46	165.88	248.81
-28.00		50.00	520.25	339.29	859.54	859.54	558.61	286.51	429.77	173.42	260.12
-29.00		50.00	542.87	339.29	882.16	882.16	558.61	294.05	441.08	180.96	271.43
-30.00		50.00	565.49	339.29	904.78	904.78	558.61	301.59	452.39	188.50	282.74

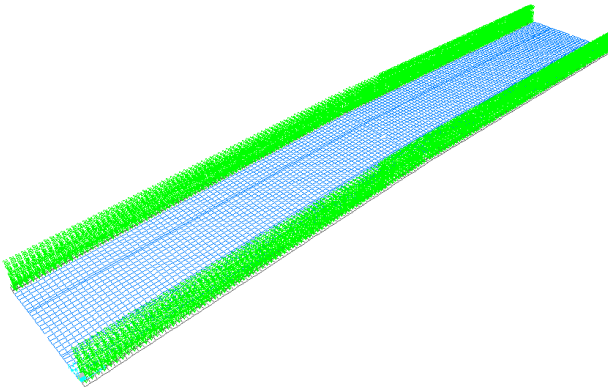
4.4 Input Beban

4.4.1 Input Beban Mati Tambahan Dan Hidup

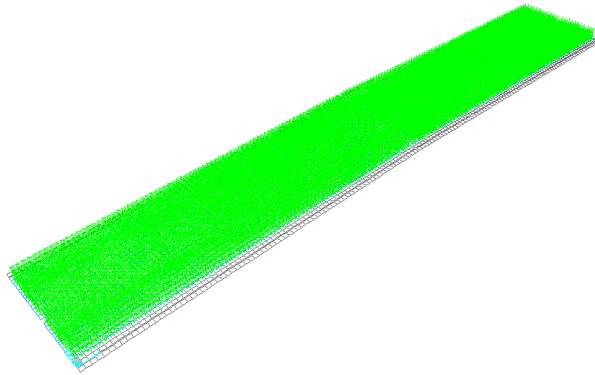
Beban mati tambahan dan beban hidup diinputkan dalam program SAP dengan assign load area, dimana elemen yang menerima beban ini adalah pelat lantai kendaraan:



Gambar 4. 7 Input Pembebanan Aspal



Gambar 4. 8 Input Beban Trotoar



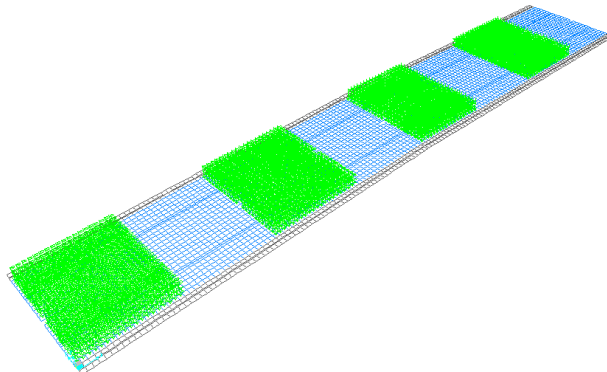
Gambar 4. 9 Input Beban Air Hujan

4.4.2 Input Beban Lalu Lintas

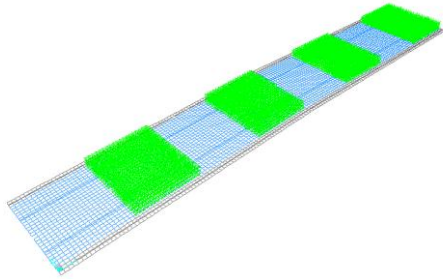
a) Beban Lajur “D”

Input beban BTR dan BGT mengikuti SNI 1725-2016 Gambar 25 yaitu terdiri dari 3 macam penempatan dan 1 macam penempatan untuk mengetahui reaksi pada tumpuan.

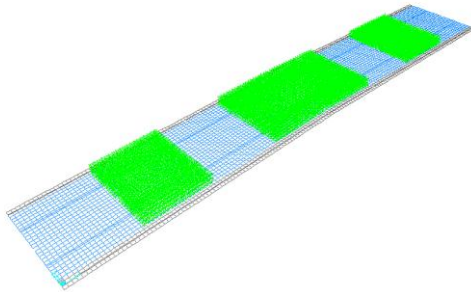
Beban Terbagi Rata (BTR)



Gambar 4. 10 Input Beban BTR 1

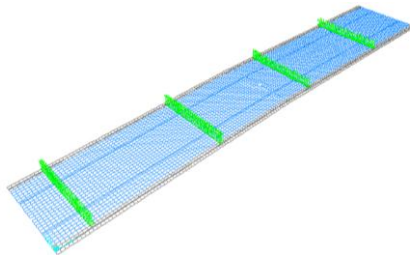


Gambar 4. 11 Input Beban BTR 2

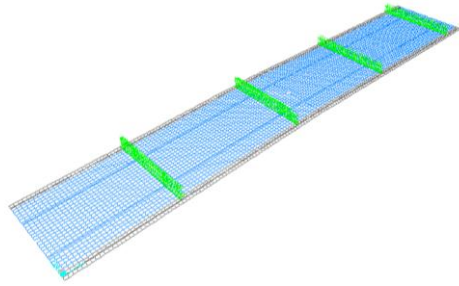


Gambar 4. 12 Input Beban BTR 3

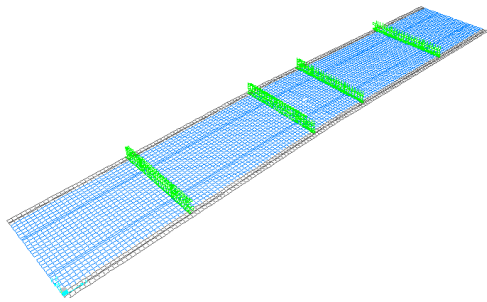
Beban Terbagi Rata (BGT)



Gambar 4. 13 Input Beban BGT 1



Gambar 4. 14 Input Beban BGT 2



Gambar 4. 15 Input Beban BGT 3

b) Beban Lajur “T”

General Vehicle Data

Vehicle name: GEN1 Units: Ton, m, C

Floating Axle Loads:

	Value	Width Type	Axle Width
For Lane Moments	0	One Point	
For Other Responses	0	One Point	

Double the Lane Moment Load when Calculating Negative Span Moments

Usage:

- Lane Negative Moments at Supports
- Interest Vertical Support Forces
- All other Responses

Length Effects:

Min Dist Allowed From Axle Load

	Lane Exterior Edge	Lane Interior Edge
	0	0

Load Plan

Load Elevation

Length Effects:

Axle: AASHTO Impact

Uniform: None

Load	Minimum Distance	Maximum Distance	Uniform Load	Uniform Width Type	Uniform Width	Axle Load	Axle Width Type	Axle Width
Leading Load	Infinite	0	0	Zero Width		2.5	One Point	
Trailing Lane	0	0	0	Zero Width		2.5	One Point	
Fixed Length	5	0	0	Zero Width		11.25	One Point	
Variable Length	4	9	0	Zero Width		11.25	One Point	

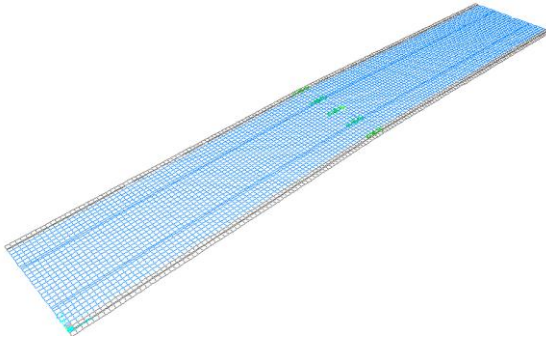
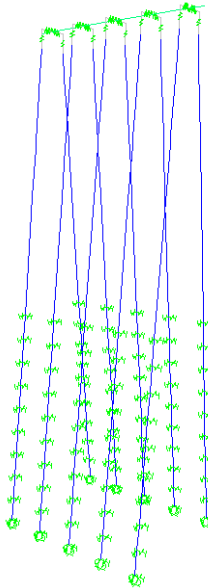
Buttons: Add, Insert, Modify, Delete

Options:

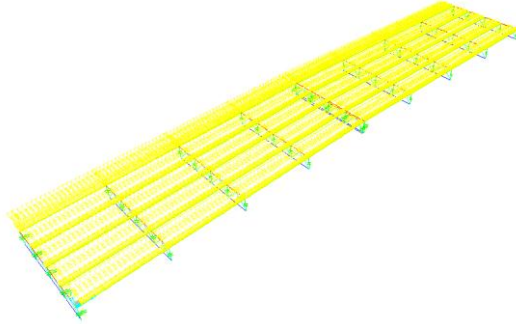
- Vehicle Applies To Straddle (Adjacent) Lanes Only
- Vehicle Remains Fully In Lane (In Lane Longitudinal Direction)
- Shoofle Reduction Factor: _____

Buttons: OK, Cancel

Gambar 4. 16 Input Beban Truk

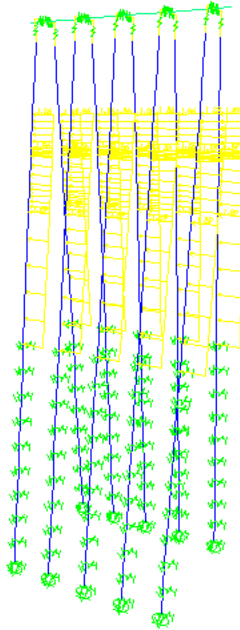
c). Beban Rem**Gambar 4. 17** Input Beban Rem**4.4.3 Input Spring Lateral****Gambar 4. 18** Input Spring lateral

4.4.4 Input Beban Angin

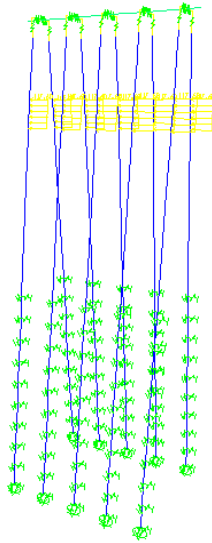


Gambar 4. 19 Input Beban Angin

4.4.5 Input Beban Arus Banjir



Gambar 4. 20 Input Beban Arus



Gambar 4. 21 Input Beban Tumbukan Kayu

4.4.6 Input Beban Gempa

Response Spectrum AASHTO 2007 Function Definition

Function Name: GEMPA PONDOROGO Function Damping Ratio: 0.05

Parameters:

- Se, S1 and PGA from USGS - by Lat/Long
- Se, S1 and PGA from USGS - by Zip Code
- Se, S1 and PGA User Specified

Site Latitude (degrees): ?

Site Longitude (degrees): ?

Site Zip Code (5-Digits): ?

0.2 Sec Spectral Accel, Ss: 0.5

1 Sec Spectral Accel, S1: 0.22

Peak Ground Accel., PGA: 0.25

Site Class: D

Site Coefficient, Fa: 1.4

Site Coefficient, Fv: 1.96

Site Coefficient, Fpga: 1.3

Calculated Values for Response Spectrum Curve

SDS = Fa * Ss: 0.7

SD1 = Fv * S1: 0.4312

Convert to User Defined

Define Function

Period	Acceleration
0	0.325
0.0411	0.45
0.0821	0.575
0.1232	0.7
0.616	0.7
0.8	0.539
1	0.4312
1.2	0.3583
1.4	0.308

Function Graph

Display Graph

Cancel

Gambar 4. 22 Input Beban Gempa Respon Spectra

4.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang dipakai sesuai SNI 1725-2016 sebagai berikut :

Ketahanan struktur terhadap batas kuat :

$$(1) \quad 1.3MS + 1.8TT + 1.8TD + 1.8TB + 1 EU$$

Ketahanan struktur terhadap beban gempa yang dikombinasikan dengan beban hidup dan beban mati :

$$(2) \quad 1MS + 1MA + 1EQ_y + 0.3EQ_x$$

$$(3) \quad 1MS + 1MA + 1EQ_x + 0.3EQ_y$$

Kombinasi beban untuk daya layan:

$$(4) \quad 1MS + 1MA + 1TT + 1TD + 1TB + 0.3EW_s + 1 EU$$

Keterangan :

MS :beban mati komponen struktural dan non struktural jembatan

MA : beban mati perkerasan dan utilitas

TT : beban truk "T"

TD : beban lajur "D"

TB : gaya akibat rem

EW_s : beban angin pada struktur

EU : beban arus dan hanyutan

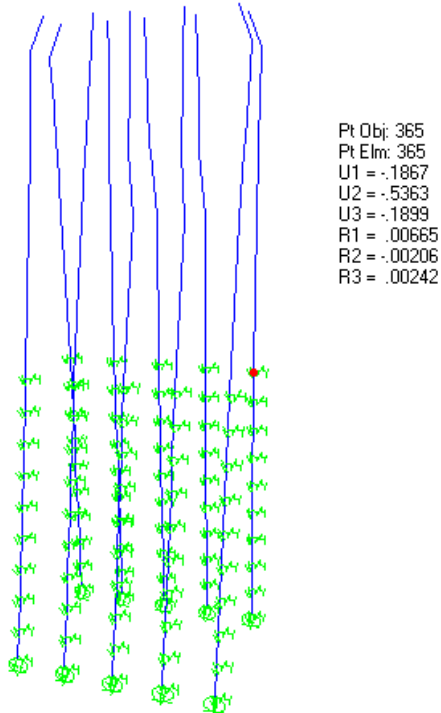
4.6 Kontrol Pergoyangan Lateral

Deformasi ijin pergoyangan pondasi tiang pancang di tinjau dari deformasi pada permukaan tanah dan deformasi diatas permukaan tanah.

Deformasi Ijin pada Permukaan Tanah

Deformasi ijin pada permukaan tanah adalah sebesar 1 inc atau sama dengan 2,54 cm (sanglerat 1972).

Deformasi Kombinasi 1D+1EQ_x+0.3EQ_y



Gambar 4. 23 Pergoyangan Kombinasi 1D+1EQ_y+0.3EQ_x

Deformasi terjadi < 2,54 cm

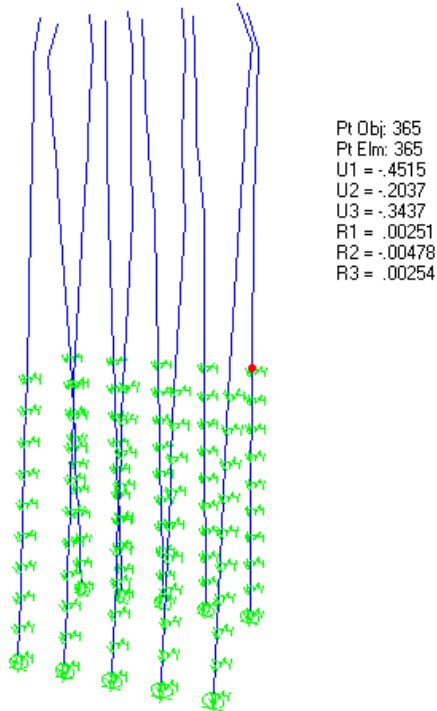
0.18 cm < 2,54 cm **(Memenuhi)**

Deformasi pada permukaan tanah arah Y:

Deformasi terjadi < 2,54 cm

0.53 cm < 2,54 cm **(Memenuhi)**

Deformasi Kombinasi 1D+1EQy+0.3EQx



Gambar 4. 24 Pergoyangan Kombinasi 1D+1EQy+0.3EQx

Deformasi pada permukaan tanah arah X:

Deformasi terjadi < 2,54 cm

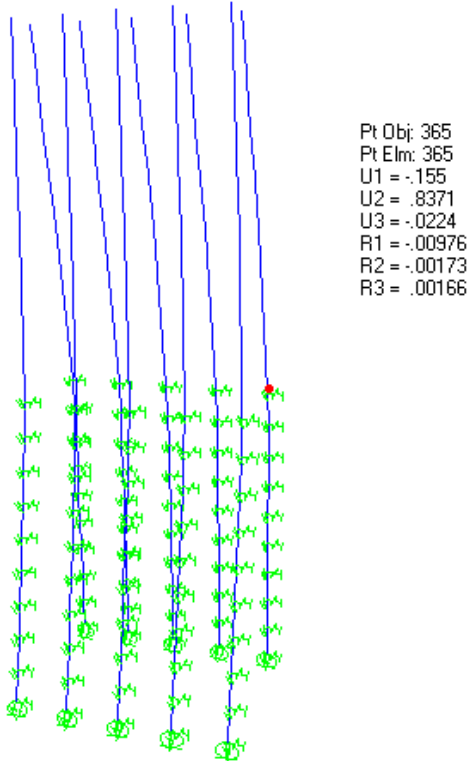
0.45 cm < 2,54 cm **(Memenuhi)**

Deformasi pada permukaan tanah arah Y:

Deformasi terjadi < 2,54 cm

0.20 cm < 2,54 cm **(Memenuhi)**

Deformasi Banjir Kombinasi 1D+1L+1EU



Gambar 4. 25 Pergoyangan Akibat Banjir Kombinasi 1D+1L+1EU

Deformasi pada permukaan tanah arah X:

Deformasi terjadi < 2,54 cm

0.15 cm < 2,54 cm **(Memenuhi)**

Deformasi pada permukaan tanah arah Y:

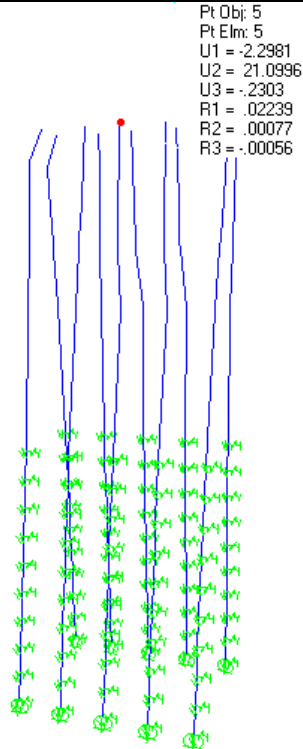
Deformasi terjadi < 2,54 cm

0.83 cm < 2,54 cm **(Memenuhi)**

Deformasi Ijin diatas Permukaan Tanah

Deformasi ijin diatas permukaan tanah mengacu pada SNI 1726:2012 pasal 7.12.1 tabel 16 Dimana struktur piled slab ini termasuk semua struktur lainnya kategori IV dengan deformasi ijin $0,010h = 0,01 \times 11 \text{ m} = 0,11 \text{ m} = 11 \text{ cm}$

Deformasi Kombinasi 1D+1EQx+0.3EQy



Gambar 4. 26 Pergoyangan Kombinasi 1D+1EQY+0.3EQX

Deformasi diatas permukaan tanah arah X:

Deformasi terjadi < 11 cm

2,29 cm

> 11 cm

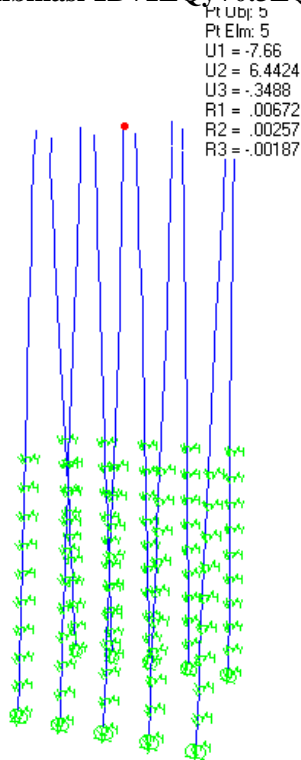
(Memenuhi)

Deformasi diatas permukaan tanah arah Y:

Deformasi terjadi < 11 cm

21,09 cm > 11 cm **(Tidak Memenuhi)**

Deformasi Kombinasi 1D+1EQy+0.3EQx



Gambar 4. 27 Pergoyangan Kombinasi 1D+1EQy+0.3EQx

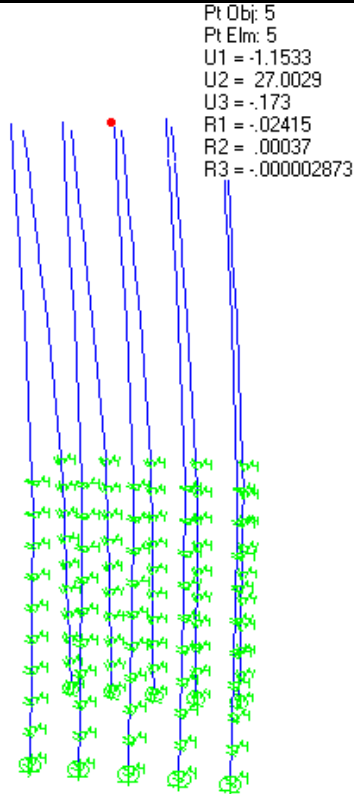
Deformasi diatas permukaan tanah arah X:

Deformasi terjadi < 11 cm

7,66 cm > 11 cm **(Memenuhi)**

Deformasi diatas permukaan tanah arah Y:
 Deformasi terjadi < 11 cm
 6,44 cm > 11 cm (Memenuhi)

Deformasi Banjir Kombinasi 1D+1L+1EU



Gambar 4. 28 Pergoyangan Akibat Banjir Kombinasi
 1D+1L+1EU

Deformasi diatas permukaan tanah arah X:
 Deformasi terjadi < 11 cm
 1,15 cm > 11 cm (Memenuhi)

Deformasi diatas permukaan tanah arah Y:

Deformasi terjadi < 11 cm

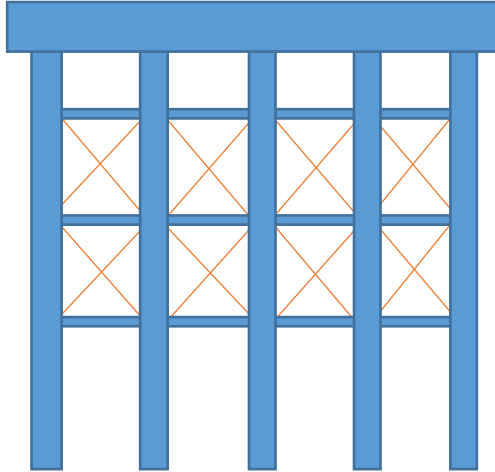
27,00 cm > 11 cm **(Tidak Memenuhi)**

Karena kontrol pergoyangan lateral ada yang tidak memenuhi deformasi ijin, maka dipasang *bracing* profil baja

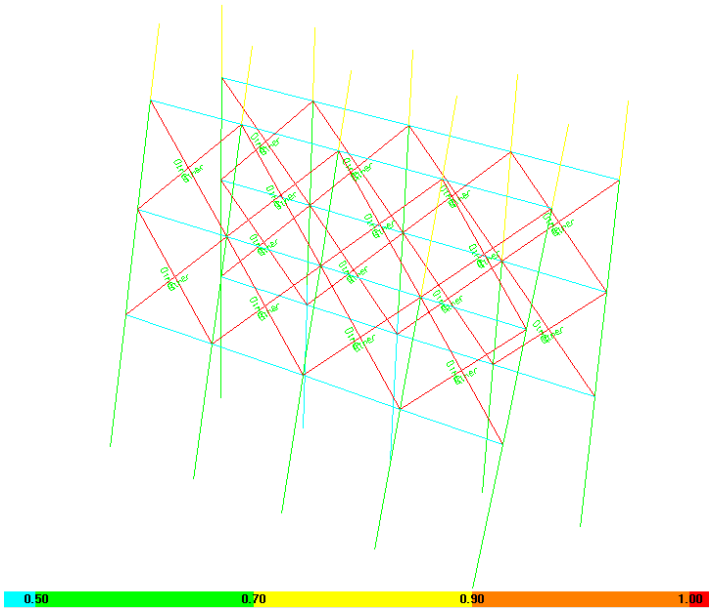
4.7 Perencanaan Permodelan Perkuatan

4.6.1 Permodelan Bracing dari Baja Tulangan

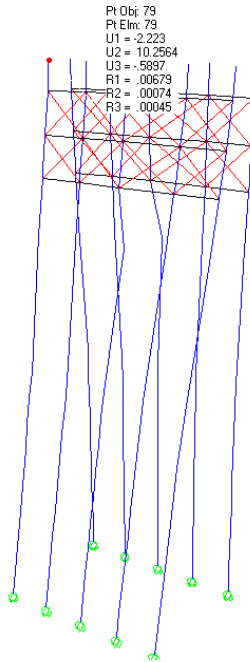
Pada permodelan ini bracing berbentuk tulangan tidak dirancang menerima gaya tekan maupun momen, hanya menerima gaya tarik saja. Pemasangan bracing direncanakan diameter ulir 32 mm, menyilang pada bentang diagonal, dan batang horisontal yang terhubung dengan pelat buhul pada clamp tiang pancang. Diameter tulangan baja yang digunakan langsung direncanakan berdiameter maksimum yaitu 32 mm, untuk langsung di lakukan kontrol awal pada permodelan antara lain: stress rasio pada bracing tulangan baja dan pada tiang pancang. Apabila kontrol awal tersebut tidak memenuhi, maka pemilihan bracing dengan tulangan baja ini tidak bisa digunakan, karena sudah tidak dapat diperbesar lagi diameter tulangannya dan tidak memungkinkan penambahan tulangan baja lagi pada pile, karena permodelan yang dilakukan sudah maksimum dipasang pada semua pile arah memanjang.



Gambar 4. 29 Permodelan Bracing dari Baja Tulangan



Gambar 4. 30 Kontrol *stress ratio*



Gambar 4. 31 Kontrol Pergoyangan Terbesar

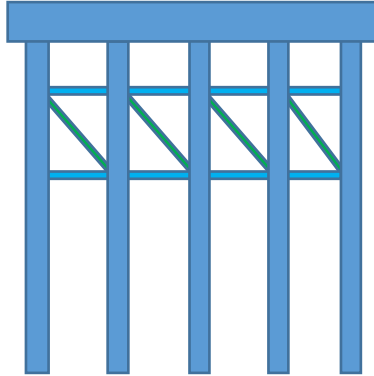
Kontrol stress rasio pada bracing memiliki nilai ≥ 1 , maka kontrol stress rasio tidak memenuhi. Pergoyangan terbesar yang terjadi adalah =10.25 cm.

4.6.2 Permodelan Bracing dari Profil Baja Menggunakan Sambungan Plat Buhul pada Clamp Pile.

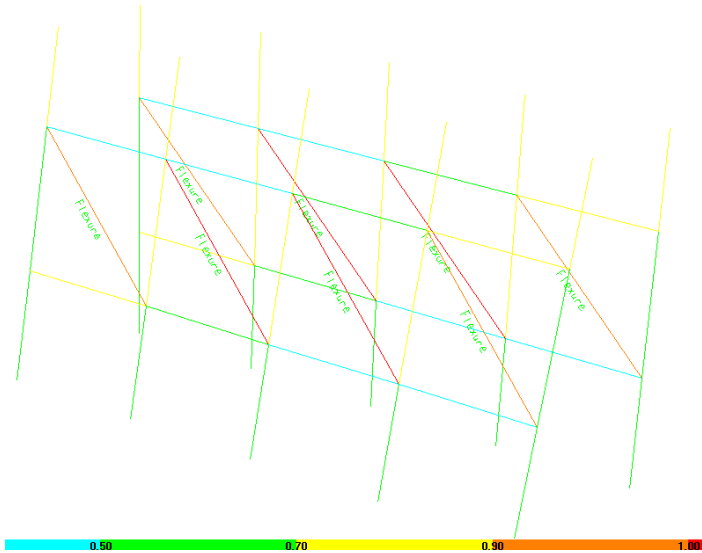
Pada permodelan ini bracing berbentuk profil baja yang dirancang menerima gaya tekan maupun gaya tarik, dan tidak menerima momen. Pada permodelan SAP2000 frame bracing di setiap ujung-ujungnya di realese terhadap M3 dan M2. Profil baja yang digunakan adalah baja PSB (Profil Struktur Berongga), yang terdiri dari batang diagonal dan batang horisontal, tanpa ada perpotongan antar batang diagonal. Batang horisontal memakai

PSB $\varnothing 190.7$ mm tebal 7mm dan batang diagonal memakai PSB $\varnothing 216.3$ mm tebal 8 mm.

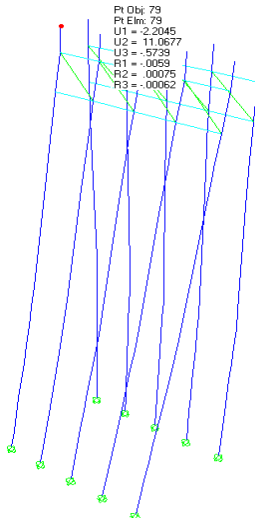
1. Permodelan 1



Gambar 4. 32 Permodelan 1



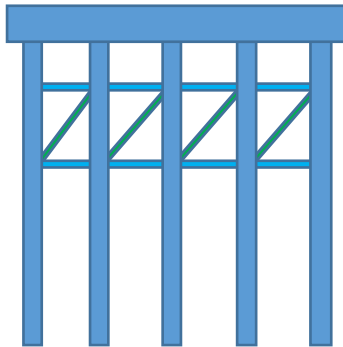
Gambar 4. 33 Kontrol *stress rasio*



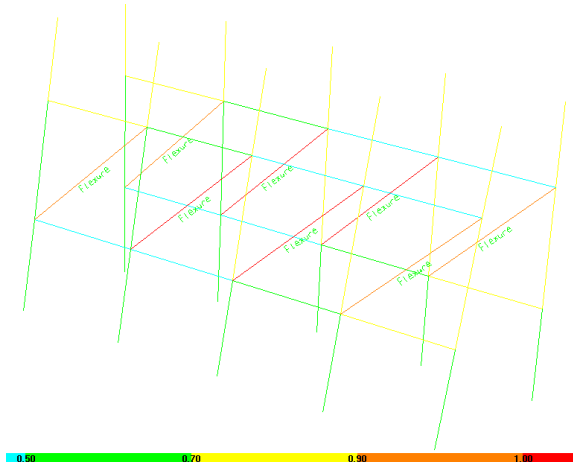
Gambar 4. 34 Kontrol Pergoyangan Terbesar

Kontrol stress rasio pada bracing memiliki nilai ≥ 1 , maka kontrol stress rasio tidak memenuhi. Pergoyangan terbesar yang terjadi adalah =11.05 cm, maka pergoyangan melebihi batas izin.

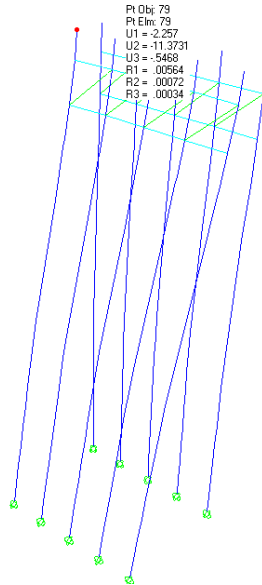
2. Permodelan 2



Gambar 4. 35 Permodelan 2



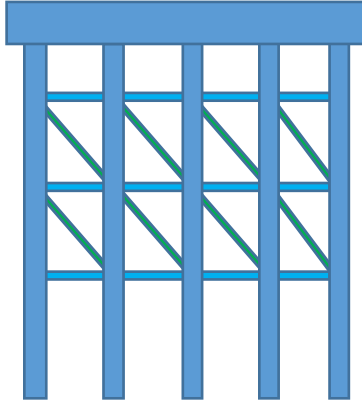
Gambar 4. 36 Kontrol *stress ratio*



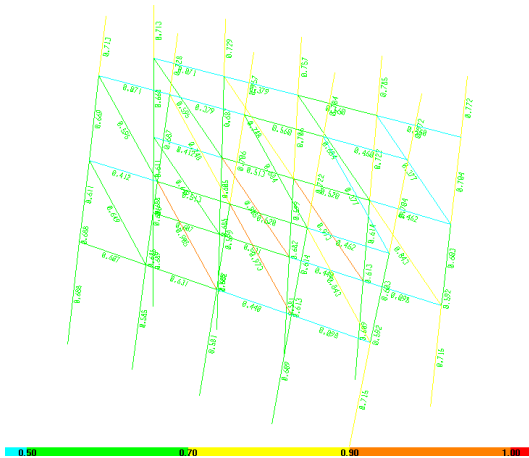
Gambar 4. 37 Kontrol Pergoyangan Terbesar

Kontrol stress rasio pada bracing memiliki nilai ≥ 1 , maka kontrol stress rasio tidak memenuhi. Pergoyangan terbesar yang terjadi adalah =11.37 cm, maka pergoyangan melebihi batas izin.

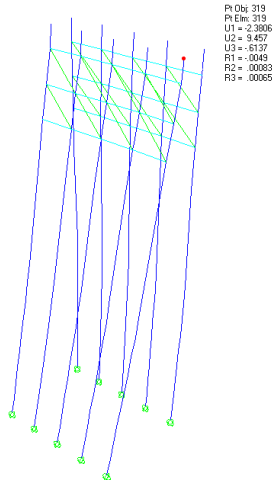
3. Permodelan 3



Gambar 4. 38 Permodelan 3



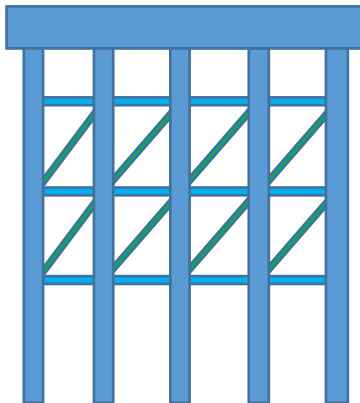
Gambar 4. 39 Kontrol *stress ratio*



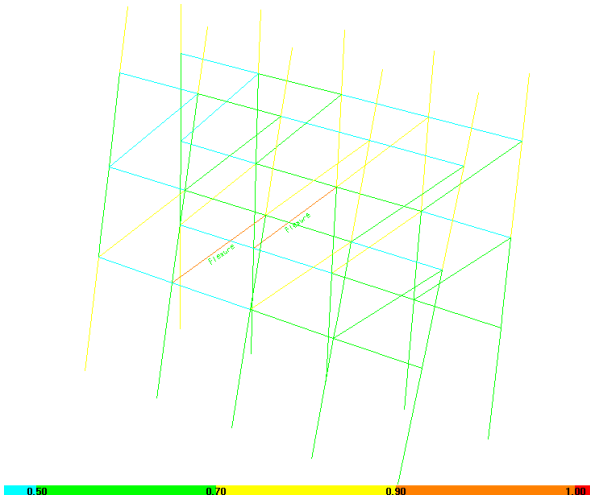
Gambar 4. 40 Kontrol Pergoyangan Terbesar

Kontrol stress rasio pada bracing memiliki nilai < 1 , maka kontrol stress rasio memenuhi. Pergoyangan terbesar yang terjadi adalah $=9.46\text{cm}$, maka pergoyangan memenuhi.

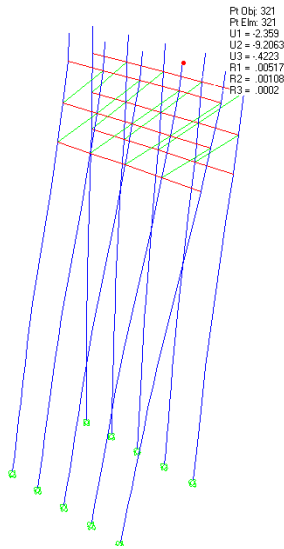
4. Permodelan 4



Gambar 4. 41 Permodelan 4



Gambar 4. 42 Kontrol *stress ratio*

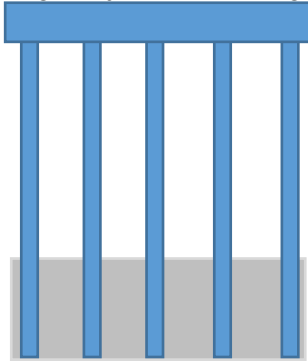


Gambar 4. 43 Kontrol Pergoyangan Terbesar

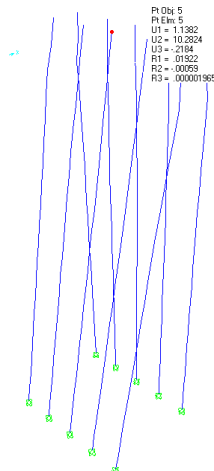
Kontrol stress rasio pada bracing memiliki nilai < 1 , maka kontrol stress rasio memenuhi. Pergoyangan terbesar yang terjadi adalah $\approx 9.20\text{cm}$, maka pergoyangan memenuhi.

4.6.3 Perkuatan Cor Beton pada *Scour hole*

Pengecoran beton ini direncanakan untuk menutup *Scour hole* sedalam $\pm 5\text{m}$, dengan tujuan untuk mengurangi freestanding pada pilar.



Gambar 4. 44 Perkuatan Cor Beton pada *Scour hole*



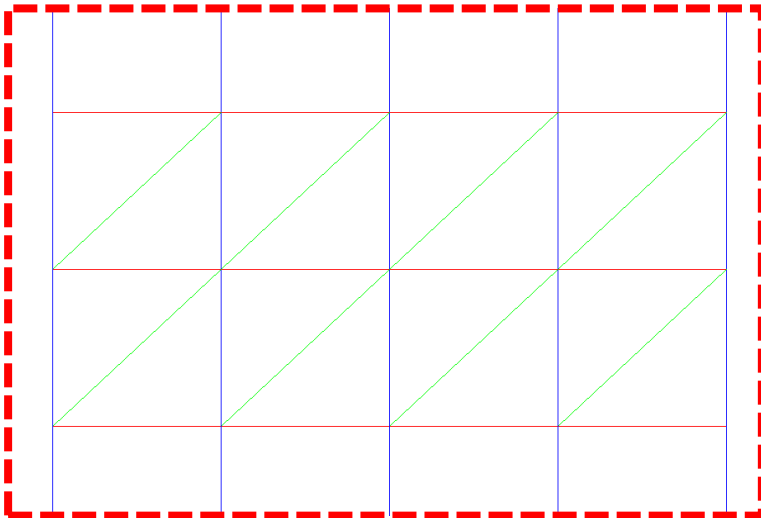
Gambar 4. 45 Kontrol Pergoyangan Terbesar

Pergoyangan terbesar yang terjadi adalah =10.28cm, maka pergoyangan memenuhi.

Berdasarkan hasil permodelan kekuatan struktur diatas, dapat ditarik kesimpulan bahwa permodelan *bracing* PSB model 4 yang paling optimal dari *stress ratio* dan pergoyangannya. Maka direncanakan kekuatan *bracing* PSB.

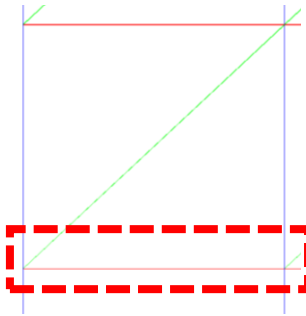
4.8 Perhitungan Perkuatan *Bracing*

Pada perhitungan kapasitas penampang struktur breising, breising yang dihitung secara manual adalah elemen yang mengalami gaya aksial terbesar dari hasil analisa dengan program bantu SAP 2000.



Gambar 4. 46 Permodelan *Bracing* Baja

4.8.1 Perhitungan Breising Horizontal

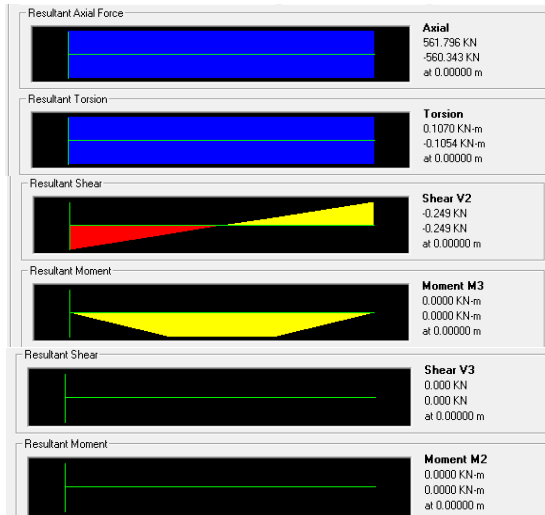


Gambar 4. 47 *Bracing* yang Ditinjau

4.8.1.1 Data Existing Bracing

- Profil baja = PSB
- Diameter (D) = 190.7 mm
- Tebal (t) = 7 mm
- Luas penampang (A_g) = 40.4 cm²
- Material Profil Baja = ASTM A36
- Tegangan leleh tarik (f_y) = 290Mpa
- Tegangan putus tarik (f_u) = 500 Mpa
- Panjang breising (L) = 1600 mm
- Momen inersia (I) = 17065.364 cm⁴
- Modulus penampang (S) = 1789.76 cm³
- Radius girasi (R) = 65 mm
- Modulus plastis (Z) = 2363.34 cm³
- Konstanta torsi (C) = 34130.727 cm⁴

4.8.1.2 Analisa Struktur Gaya Dalam *Bracing*



Gambar 4. 48 Analisa Gaya Dalam *Bracing* Output dari SAP

Didapatkan gaya dalam akibat kombinasi 1D+1EQX+0.3EQY:

Gaya aksial tekan maksimum	= 0 kN
gaya aksial tarik maksimum	= 561.796 kN
Momen 3-3	= 0 kN.m
Momen 2-2	= 0 kN.m
Geser 2-2	= 0.249 kN
Geser 3-3	= 0 kN
Torsi	= 0.107 kN

4.8.1.3 Perhitungan Kapasitas Tarik Penampang

Kekuatan tarik desain, ϕN_n , dari komponen struktur tarik, harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang neto.

- a. Cek kelangsingan batang

$$\frac{L}{r} = \frac{1600}{65} = 24.65 < 300 \text{ (OK)}$$

- b. Kekuatan nominal tarik terfaktor batang

$$A_g = 4040 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 290 \text{ MPa}$$

$$N_n = f_y \times A_g = 290 \times 4040 = 1171600 \text{ N}$$

$$\phi N_n = 0.9 \times 1171600 = 1054440 \text{ N}$$

Maka untuk kuat tarik nominal batang, diambil nilai yang paling kecil, sehingga didapatkan:

$$\phi N_n = 1018.08 \text{ kN}$$

$$N_u = 561.796 \text{ kN}$$

$$\phi N_n \geq N_u \rightarrow 1018.08 \text{ kN} > 561.796 \text{ kN (OK)}$$

4.8.1.4 Perhitungan Kapasitas Tekan Penampang

Pengecekan rasio tebal-terhadap-lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 1729-2015 tabel B4.1a, yakni sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{190.7}{7} = 27.25$$

$$\lambda_r = 0.11 \frac{E}{f_y} = 0.11 \times \frac{200000}{290} = 75.86$$

$$\lambda_r > \lambda$$

Berdasarkan SNI 1729-2015 pasal B4.1, jika nilai $\lambda_r > \lambda$ maka penampang yang dipakai termasuk elemen non-langsing. Sehingga untuk perhitungan tekan nominal mengikuti SNI 1729-2015 pasal E3 (tekuk lentur dari komponen struktur tanpa elemen langsing).

- a. Cek kelangsingan batang

Faktor panjang tekuk, $k = 1.0$ (sendi-sendii)

$$L_k = k \cdot L = 1.0 \cdot 1600 \text{ mm} = 1600 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{KL}{r} = \frac{1600}{65} = 24.62 < 200 \text{ (OK)}$$

b. Kekuatan nominal tekan terfaktor batang

$$4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4.71 \cdot \sqrt{\frac{200000}{290}} = 1624.14$$

Karena nilai $\frac{KL}{r} < 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$, maka untuk nilai f_{cr} dipakai:

$$f_{cr} = \left[0.658 \frac{f_y}{f_e} \right] f_y$$

$$\text{Dimana nilai } f_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{(24.62)^2} = 3257.7405 \text{ MPa}$$

Sehingga:

$$f_{cr} = \left[0.658 \frac{290}{3257.7405} \right] \cdot 290 = 279.39 \text{ MPa}$$

$$P_n = f_{cr} \times A_g = 279.39 \times 4040 = 1128751 \text{ N}$$

$$\phi P_n = 0.9 \times 1128751 = 1015876 \text{ N}$$

Maka untuk kuat tekan nominal batang, diambil nilai yang paling kecil, sehingga didapatkan:

$$\phi P_n = 1015.87 \text{ kN}$$

$$P_u = 561.796 \text{ kN}$$

$$\phi P_n \geq P_u \rightarrow 1015.87 \text{ kN} > 561.796 \text{ kN (OK)}$$

4.8.1.5 Perhitungan Kapasitas Momen Penampang

Pengecekan rasio tebal-terhadap-diameter untuk komponen struktur berdasarkan SNI 1729-2015 Tabel B4.1b, yakni sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{190.7}{7} = 27.24$$

$$\lambda_p = 0.07 \frac{E}{f_y} = 0.07 \times \frac{200000}{290} = 48.27$$

$$\lambda_r = 0.31 \frac{E}{f_y} = 0.31 \times \frac{200000}{290} = 213.79$$

Karena nilai $\lambda < \lambda_p$, maka penampang PSB ini kompak.

Untuk profil PSB, maka untuk perhitungan momen nominal profil diambil nilai yang terkecil berdasarkan SNI 1729-2015 pasal F8, yakni sebagai berikut:

a. Momen nominal akibat pelean

$$M_n = M_p = f_y \times Z$$

Dimana:

$$Z = 2363340 \text{ mm}^3$$

$$f_y = 290 \text{ MPa}$$

Maka:

$$M_n = 290 \times 2363340 = 685368600 \text{ N.mm}$$

$$M_n = 685.36 \text{ kN.m}$$

b. Momen nominal akibat tekuk lateral

Untuk penampang kompak sebagai berikut:

$$M_n = \left(\frac{0.021E}{\frac{D}{t}} + f_y \right) \times S$$

Dimana:

$$S = 1789760 \text{ mm}^3$$

Maka:

$$M_n = \left(\frac{0.021 \times 200000}{\frac{190.7}{7}} + 290 \right) \times 1789760$$

$$M_n = 794955643.8 \text{ N.mm}$$

$$M_n = 794.95 \text{ kN.m}$$

Untuk momen nominal, diambil nilai terkecil

$$M_n = 685.36 \text{ kN.m}$$

$$\emptyset M_n = 616.83 \text{ kN.m}$$

$$M_u = 0 \text{ kN.m}$$

$$\emptyset M_n \geq M_u \rightarrow 616.83 \text{ kN.m} > 0 \text{ kN.m (OK)}$$

4.8.1.6 Perhitungan Kapasitas Geser Penampang

Kekuatan geser nominal V_n , dari komponen struktur PSB ditentukan menggunakan SNI 1729-2015 pasal G6. Sesuai dengan keadaan batas dari pelelehan geser dan tekuk geser, harus ditentukan sebagai berikut:

$$V_n = f_{cr} \times A_g \times 2$$

Dimana f_{cr} harus lebih besar:

$$f_{cr1} = \frac{1.60E}{\sqrt{\frac{L_v}{D} \left(\frac{D}{t}\right)^{\frac{5}{4}}}} = \frac{1.6 \times 200000}{\sqrt{\frac{0.5 \times 4900}{190.7} \left(\frac{190.7}{7}\right)^{\frac{5}{4}}}} = 5556.58 \text{ MPa}$$

$$f_{cr2} = \frac{0.78E}{\left(\frac{D}{t}\right)^{\frac{3}{2}}} = \frac{0.78 \times 200000}{\left(\frac{190.7}{7}\right)^{\frac{3}{2}}} = 1097.09 \text{ MPa}$$

Tetapi tidak boleh melebihi $0.6f_y$

$$f_{cr3} = 0.6f_y = 0.6 \times 290 = 174 \text{ MPa}$$

Maka diambil $f_{cr} = 174 \text{ MPa}$

$$V_n = 174 \times 4040 \times 2 = 1405920 \text{ N}$$

$$V_n = 1405920 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_n = 0.9 \times 1405.92 = 1265.32 \text{ kN}$$

$$V_u = 0.249 \text{ kN}$$

$$\emptyset V_n \geq V_u \rightarrow 1265.32 \text{ kN} > 0.249 \text{ kN (OK)}$$

4.8.1.7 Perhitungan Kapasitas Torsi Penampang

Kekuatan torsi nominal T_n , dari komponen struktur PSB ditentukan menggunakan SNI 1729-2015 pasal H3.1. Sesuai dengan keadaan batas dari pelelehan torsi dan tekuk torsi, harus ditentukan sebagai berikut:

$$T_n = f_{cr} \times C$$

Dimana f_{cr} harus lebih besar:

$$f_{cr1} = \frac{1.23E}{\sqrt{\frac{L}{D} \left(\frac{D}{t}\right)^{\frac{5}{4}}}} = \frac{1.23 \times 200000}{\sqrt{\frac{1600}{190.7} \left(\frac{190.7}{7}\right)^{\frac{5}{4}}}} = 18248.68 \text{ MPa}$$

$$f_{cr2} = \frac{0.6E}{\left(\frac{D}{t}\right)^{\frac{3}{2}}} = \frac{0.6 \times 200000}{\left(\frac{190.7}{7}\right)^{\frac{3}{2}}} = 843.92 \text{ MPa}$$

Tetapi tidak boleh melebihi $0.6f_y$

$$f_{cr3} = 0.6f_y = 0.6 \times 290 = 174 \text{ MPa}$$

Maka diambil $f_{cr} = 174 \text{ MPa}$

Nilai C untuk elemen PSB bundar dapat diambil sebagai berikut:

$$C = \frac{\pi \cdot (D - t)^2 \cdot t}{2} = \frac{\pi \cdot (190.7 - 7)^2 \cdot 7}{2} = 370865.13 \text{ mm}^3$$

$$T_n = f_{cr} \times C = 174 \times 370865.13 = 64530533.16 \text{ N.mm}$$

$$T_n = 64.53 \text{ kN.m}$$

$$\phi T_n = 0.9 \times 64.53 = 58.07 \text{ kN.m}$$

$$T_u = 0.107 \text{ kN}$$

$$\phi T_n \geq T_u \rightarrow 58.07 \text{ kN} > 0.107 \text{ kN (OK)}$$

4.8.1.8 Perhitungan Kombinasi Gaya Torsi, Geser, Lentur dan Aksial

Bila kekuatan torsi perlu T_u , adalah kurang dari atau sama dengan 20% dari kekuatan torsi yang tersedia ϕT_n , interaksi dari gaya torsi, geser, lentur dan/atau aksial untuk PSB harus ditentukan oleh Pasal H1 dan efek torsi harus diabaikan. Bila kekuatan torsi perlu T_u melebihi 20% dari kekuatan torsi yang tersedia ϕT_n maka interaksi gaya torsi, geser, lentur dan/atau aksial harus dibatasi, di titik peninjauan, sesuai pasal H3.2

$$\frac{T_u}{\phi T_n} = \frac{0.107}{58.07} = 0.0018$$

$0.0018 < 0.2$, Maka kombinasi gaya memakai SNI 1729-2015 pasal H1.

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$\frac{561.79}{1015.87} + \frac{8}{9} \left(\frac{0}{616.83} + \frac{0}{616.83} \right) \leq 1.0$$

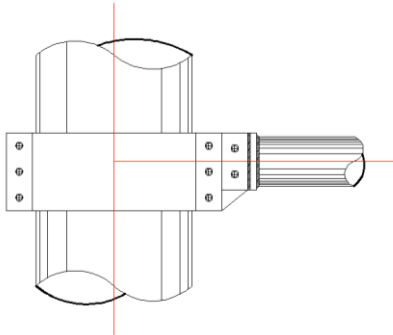
$$0.55 \leq 1.0 \text{ (OK)}$$

Kapasitas penampang memenuhi

4.8.1.9 Perhitungan Sambungan *Bracing*

Untuk menghubungkan satu elemen ke elemen lain diperlukan suatu perencanaan sambungan. Pada desain *bracing* yang mampu menahan gaya aksial tarik maupun tekan. Maka elemen PSB harus disambungkan ke elemen struktur pilar baja.

Sambungan direncanakan menggunakan konsep gaya aksial menjadi acuan untuk merencanakan jumlah baut, sehingga ketika ada gaya besar yang tidak terduga, maka elemen sambunganlah yang rusak pertama kali.



Gambar 4. 49 Sketsa Sambungan *Bracing*

4.8.1.10 Data Eksisting Sambungan *Bracing*

- Profil baja = PSB
- Diameter (D) = 190.7 mm
- Tebal (t) = 7 mm
- Luas penampang (Ag) = 40.4 cm²
- Material Profil Baja = ASTM A36
- Tegangan leleh tarik (fy) = 290 Mpa
- Tegangan putus tarik (fu) = 500 Mpa
- Profil sambungan = Pelat baja
- Dimensi Kepala Pelat = 220/220 mm

- Tebal kepala pelat (tp) = 25 mm
- Tebal pelat penyambung (ts) = 20 mm
- Tebal pelat buhul (tpg) = 15 mm
- Material Profil Baja = ASTM A36
- Tegangan leleh tarik (fyp) = 240 Mpa
- Tegangan putus tarik (fup) = 370 Mpa
- Material Baut = A325
- Diameter Lubang Baut = M27
- Kuat Tarik Baut = 620 MPa
- Kuat Geser Baut = 372 MPa
- Material Las = E70xx
- Tegangan leleh tarik las (fy) = 450 Mpa
- Tegangan putus tarik las (fy) = 500 Mpa

4.8.1.11 Kuat Las yang Tersedia Menghubungkan Kepala Pelat ke PSB

Kekuatan las nominal ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = f_w \times A_w$$

Karena gaya tidak berada dalam bidang pengelompokan, Persamaan J2-5 dari Spesifikasi AISC 360-16 tidak berlaku.

$$f_w = 0.70f_{EXX} = 0.70 \times 490 \text{ MPa} = 343 \text{ MPa}$$

Oleh karena itu, gunakan panjang las yang efektif sepanjang keliling PSB, jika tebal las $w = 10 \text{ mm}$

$$l = \pi D = \pi \times 350 = 1099 \text{ mm}$$

$$A_w = l \frac{w}{\sqrt{2}} = 1099 \times \frac{10}{\sqrt{2}} = 7850 \text{ mm}^2$$

$$R_n = 343 \times 7850 = 2692550 \text{ N} = 2692.55 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.8 \times 2692.55 = 2154.04 \text{ kN}$$

4.8.2.1.12 Kuat Las yang Tersedia Menghubungkan Pelat Sambung ke Kepala Pelat

Kekuatan las nominal ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = f_w \times A_w$$

$$f_w = 0.70f_{EXX} = 0.70 \times 490 \text{ MPa} = 343 \text{ MPa}$$

Di sini panjang las yang efektif, l , sama dengan panjang kepala pelat, di kedua sisi batang. Karenanya:

$$l = 2 \times 200 = 400 \text{ mm}$$

$$A_w = l \frac{w}{\sqrt{2}} = 400 \times \frac{10}{\sqrt{2}} = 2857.14 \text{ mm}^2$$

$$R_n = 343 \times 2857.14 = 980000 \text{ N} = 980 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.8 \times 980 = 784 \text{ kN}$$

4.8.1.12 Kuat Geser Leleh Kepala Pelat

Dari AISC 360-16 pasal J4.2, kekuatan geser leleh nominal ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = 0.6 \times f_y \times A_g$$

Dimana:

$$f_y = f_{yp} = 240 \text{ MPa}$$

Perhatikan bahwa luas geser total adalah dua kali panjang kepala pelat dikali ketebalan kepala pelat. Setengah dari beban dilawan pada setiap bidang geser yang berdekatan dengan las. Total area geser adalah:

$$A_g = 2 \times L \times t_p = 2 \times 200 \times 25 = 10000 \text{ mm}^2$$

Maka

$$R_n = 0.6 \times 240 \times 10000 = 1440000 \text{ N} = 1440 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 1440 \text{ kN}$$

4.7.1.13 Kuat Geser Fraktur Kepala Pelat

Dari AISC 360-16 pasal J4.2, kekuatan geser fraktur nominal ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = 0.6 \times f_u \times A_{nv}$$

Dimana:

$$f_u = f_{up} = 370 \text{ MPa}$$

$$A_{nv} = A_g = 10000 \text{ mm}^2$$

Maka

$$R_n = 0.6 \times 370 \times 10000 = 2220000 \text{ N} = 2220 \text{ kN}$$

4.8.1.14 Baut Kekuatan-Tinggi dalam Sambungan Kritis-Slip

Sambungan kritis-slip harus dirancang untuk mencegah slip dan untuk keadaan batas dari sambungan tipe-tumpuan. Bila baut-baut kritis-slip melewati sampai pengisi, semua permukaan yang menahan slip harus dipersiapkan untuk mencapai ketahanan slip desain.

Besarnya tahanan slip untuk kondisi batas slip atau R_n untuk baut mutu tinggi berdasarkan AISC (2010) adalah sebagai berikut:

$$\phi R_n = \phi \times \mu \times Du \times hf \times Tb \times ns$$

μ = Permukaan Kelas A

Permukaan baja mill scale bersih tanpa dicat atau permukaan dengan pelapis kelas a pada baja blast-cleaned atau digalvanis dicelup-panas dan permukaan dikasarsarkan

= 0,3

= Permukaan Kelas B

Permukaan baja blast-cleaned tanpa-dicat atau permukaan dengan pelapis kelas b pada baja blast-cleaned

= 0,5

D_u = 1,13

H_f = tidak ada filler atau hanya 1 filler diantara pelat sambungan

= 1

= jika ada 2 filler diantara pelat sambungan

= 0,85

T_b = gaya Tarik baut prategang minimum

Tabel 4. 10 Diameter baut

Diameter	A325
mm	kN
M16	91
M20	142

M22	176
M24	205
M27	267
M30	326
M36	475

N_s = jumlah permukaan yang menimbulkan bidang kontak
= 2

ϕ = 1 untuk lubang standar atau lubang slot-pendek, dipasang tegak lurus arah beban

Dipakai baut diameter M27

$$\phi R_n = \phi \times \mu \times D_u \times h_f \times T_b \times n_s$$

$$\phi R_n = 1 \times 0,5 \times 1,13 \times 1 \times 267 \times 2$$

$$\phi R_n = 301.71 \text{ kN per baut}$$

$$n = \frac{561.79}{301.71} = 1.86$$

$$n = 2 \text{ buah}$$

4.8.15 Kuat Geser Baut

Kuat geser baut yang tersedia sebagai berikut:

$$r_n = 301.71 \text{ kN/baut}$$

$$R_n = 2 \times 301.71 = 603.42 \text{ kN}$$

4.8.16 Kuat Tumpu Baut

Dari AISC 360-16 pasal J3.10(a)(i), kekuatan tumpu nominal baut di lubang standar ketika deformasi pada lubang baut pada beban servis adalah pertimbangan desain:

$$R_n = 1.2L_c t f_u \leq 2.4d t f_u$$

Dimana

$$t = t_s = 20 \text{ mm}$$

$$f_u = f_{up} = 360 \text{ MPa}$$

Untuk baut terakhir

$$L_c = 50 - \frac{30}{2} = 35 \text{ mm}$$

Maka untuk sisi kiri dari persamaan J3-6a adalah:

$$1.2L_c t f_u = 1.2 \times 35 \times 20 \times 370 = 310800 \text{ N}$$

Sedangkan untuk sisi kanan dari persamaan J3-6a adalah:

$$2.4dt f_u = 2.4 \times 27 \times 20 \times 370 = 479520 \text{ N}$$

$$310800 \text{ N} < 479520 \text{ N}$$

Maka pakai $R_n = 479.52 \text{ Kn}$

Dengan AISC 360-16 pasal J3.10 untuk baut luar, kuat tumpu yang tersedia ditentukan sebagai berikut:

$$\phi R_n = 0.75 \times 479.52 = 359.64 \text{ kN}$$

Maka untuk 2 baut, kuat tumpu sebagai berikut:

$$\phi R_n = 2 \times (359.64 \text{ kN}) = 719.28 \text{ kN}$$

4.8.17 Kuat Tarik Leleh Pelat Sambung

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(a), kuat tarik leleh nominal pelat penyambung adalah:

$$\phi R_n = f_y \times A_g$$

Dimana:

$$f_y = f_{yp} = 240 \text{ MPa}$$

$$A_g = W \times t_s = 220 \times 20 = 4400 \text{ mm}^2$$

Dimana:

$$\phi R_n = 240 \times 4400 = 1056000 \text{ N} = 1056 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.9 \times 1056 = 950.4 \text{ kN}$$

4.8.18 Kuat Tarik Fraktur Pelat Sambung

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(b), kuat tarik fraktur nominal pelat penyambung adalah:

$$\phi R_n = f_u \times A_e$$

Dimana:

$$f_u = f_{up} = 370 \text{ MPa}$$

$$A_e = A_n \times U$$

Dimana:

$$U = 1.0 \text{ Dari AISC Specification tabel D3.1,}$$

$$A_n = A_g - 2(d_h)t_s \leq 0.85A_g$$

$$A_n = 4400 - 2(27) \times 20 \leq 0.85 \times 4400$$

$$A_n = 3320 \leq 3740$$

Maka area efektif adalah

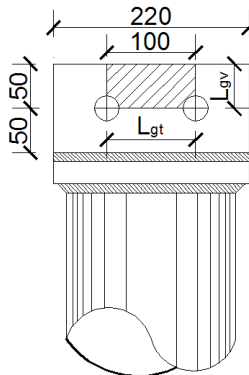
$$A_n = 3740 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_n = 400 \times 3740 = 1496000 \text{ N} = 1496 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.9 \times 1496 = 1346.4 \text{ kN}$$

4.8.19 Perhitungan Keruntuhan Geser Blok Pelat Penyambung

Menurut AISC 360-16 pasal J4.3, kuat nominal pelat penyambung berdasarkan keadaan batas dari keruntuhan geser blok adalah:



Gambar 4. 50 Konfigurasi Letak Baut pada Pelat Sambung

$$R_n = 0.6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

$$< 0.6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

Dimana:

$$A_{gv} = 3L_{gv}t_s$$

$$L_{gv} = 50 \text{ mm}$$

$$A_{gv} = 3 \times 50 \times 20 = 3000 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = A_{gv} - 2.5d_h t_s$$

$$A_{nv} = 3000 - 2 \times 2.5 \times (27 + 2) \times 20 = 825 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = (L_{gt} \times t_s) - (d_h \times t_s)$$

$$A_{nt} = (100 \times 20) - (27 \times 20) = 1460 \text{ mm}^2$$

$$U_{bs} = 1.0 \text{ (jika gaya tarik merata)}$$

Maka:

$$0.6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

$$0.6 \cdot 370 \cdot 825 + 1 \cdot 370 \cdot 1460 = 723350 \text{ N} = 723.45 \text{ kN}$$

$$0.6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

$$0.6 \cdot 240 \cdot 3000 + 1 \cdot 370 \cdot 1460 = 972200 \text{ N} = 972.2 \text{ kN}$$

Karena $723.45 \text{ kN} < 972.2 \text{ kN}$, maka dipakai $R_n = 972.2 \text{ kN}$

$$\phi R_n = 0.75 \times 972.2 = 729.15 \text{ kN}$$

Oleh karena itu kekuatan tegangan tarik yang tersedia dikontrol oleh kekuatan las yang tersedia yang menghubungkan pelat penyambung ke kepala pelat.

$$\phi R_n = 729.15 \text{ kN}$$

4.8.20 Kuat Tarik Leleh Pelat Buhul

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(a), kuat tarik leleh nominal pelat buhul adalah:

$$\phi R_n = f_y \times A_g$$

Dimana:

$$f_y = f_{yp} = 240 \text{ MPa}$$

$$A_g = W \times t_s = 300 \times 15 = 4500 \text{ mm}^2$$

Dimana:

$$\phi R_n = 240 \times 4500 = 1080000 \text{ N} = 1080 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.9 \times 1080 = 972 \text{ kN}$$

4.8.21 Kuat Tarik Fraktur Pelat Buhul

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(b), kuat tarik fraktur nominal pelat buhul adalah:

$$\phi R_n = f_u \times A_e$$

Dimana:

$$f_u = f_{up} = 370 \text{ MPa}$$

$$A_e = A_n \times U$$

Dimana:

$U = 1.0$ Dari AISC *Specification* tabel D3.1,

$$A_n = A_g - 2(d_h)t_s \leq 0.85A_g$$

$$A_n = 4500 - 2(27) \times 15 \leq 0.85 \times 4500$$

$$A_n = 3690 \leq 3825$$

Maka area efektif adalah

$$A_n = 3690 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_n = 400 \times 3690 = 1476000 \text{ N} = 1476 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.9 \times 1476 = 1328.4 \text{ kN}$$

4.8.22 Kuat Las yang Tersedia Menghubungkan Pelat Buhul ke Clamp

Kekuatan las nominal ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = f_w \times A_w$$

$$f_w = 0.70f_{EXX} = 0.70 \times 490 \text{ MPa} = 343 \text{ MPa}$$

Di sini panjang las yang efektif, l , sama dengan panjang pelat buhul, di kedua sisi batang. Karenanya:

$$w = 15 \text{ mm}$$

$$l = 300 \text{ mm}$$

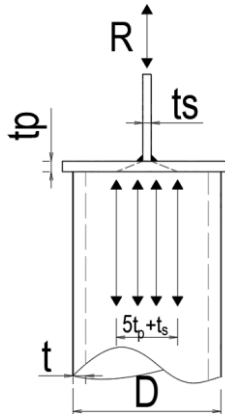
$$A_w = l \frac{w}{\sqrt{2}} = 300 \times \frac{15}{\sqrt{2}} = 3214.28 \text{ mm}^2$$

$$R_n = 343 \times 3214.28 = 1102500 \text{ N} = 1102.5 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.8 \times 1102.5 = 882 \text{ kN}$$

4.8.23 Keadaan Batas Leleh Lokal dari Beban Aksial PSB

Menurut AISC 360-16 tabel K1.1, kuat tekan nominal berdasarkan kondisi batas dinding PSB melumpuhkan, untuk satu dinding, adalah:



Gambar 4. 51 Penyebaran Beban dari Gaya Terpusat melalui Kepala Pelat

$$R_n = 2 \times f_y \times t(5t_p + t_s) \leq f_y \times A_g$$

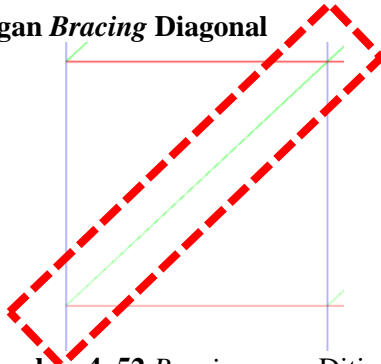
$$R_n = 2 \times 280 \times 7(5 \times 25 + 20) \leq 280 \times 3000$$

$$R_n = 568400 \text{ N} \leq 900000 \text{ N (OK)}$$

Maka:

$$\phi R_n = 1.0 \times 568.4 = 568.4 \text{ kN}$$

4.8.2 Perhitungan *Bracing* Diagonal

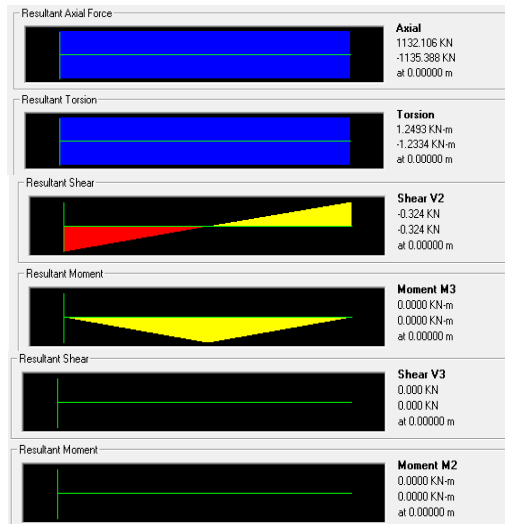


Gambar 4. 52 *Bracing* yang Ditinjau

4.8.2.1 Data Eksisting *Bracing*

- Profil baja = PSB
- Diameter (D) = 216.3 mm
- Tebal (t) = 8 mm
- Luas penampang (A_g) = 52.35 cm²
- Material Profil Baja = ASTM A36
- Tegangan leleh tarik (f_y) = 290 Mpa
- Tegangan putus tarik (f_u) = 500 Mpa
- Panjang breising (L) = 1600 mm
- Momen inersia (I) = 28435.30 cm⁴
- Modulus penampang (S) = 2629.25 cm³
- Radius girasi (R) = 73.7 mm
- Modulus plastis (Z) = 3472.81 cm³
- Konstanta torsi (C) = 56870.59 cm⁴

4.8.2.2 Analisa Struktur Gaya Dalam *Bracing*



Gambar 4. 53 Analisa Gaya Dalam *Bracing*
Output dari SAP 2000

Didapatkan gaya dalam akibat kombinasi $1D+1EQX+0.3EQY$:

Gaya aksial tekan maksimum	= 1135.38 kN
gaya aksial tarik maksimum	= 0 kN
Momen 3-3	= 0 kN.m
Momen 2-2	= 0 kN.m
Geser 2-2	= 0.32 kN
Geser 3-3	= 0 kN
Torsi	= 1.24 kN

4.8.2.3 Perhitungan Kapasitas Tarik Penampang

Kekuatan tarik desain, ϕN_n , dari komponen struktur tarik, harus nilai terendah yang diperoleh sesuai dengan keadaan batas dari leleh tarik pada penampang bruto dan keruntuhan tarik pada penampang neto.

Cek kelangsingan batang

$$\frac{L}{r} = \frac{1600}{73.7} = 21.71 < 300 \text{ (OK)}$$

Kekuatan nominal tarik terfaktor batang

$$A_g = 5235 \text{ mm}^2$$

$$f_y = 290 \text{ MPa}$$

$$N_n = f_y \times A_g = 290 \times 5235 = 1518150 \text{ N}$$

$$\phi N_n = 0.9 \times 1518150 = 1366335 \text{ N}$$

Maka untuk kuat tarik nominal batang, diambil nilai yang paling kecil, sehingga didapatkan:

$$\phi N_n = 1366.35 \text{ kN}$$

$$N_u = 1135.388 \text{ kN}$$

$$\phi N_n \geq N_u \rightarrow 1366.35 \text{ kN} > 1135.388 \text{ kN (OK)}$$

4.8.2.4 Perhitungan Kapasitas Tekan Penampang

Pengecekan rasio tebal-terhadap-lebar untuk komponen struktur berdasarkan SNI 1729-2015 tabel B4.1a, yakni sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{216.3}{8} = 27.04$$

$$\lambda_r = 0.11 \frac{E}{f_y} = 0.11 \times \frac{200000}{280} = 78.57$$

$$\lambda_r > \lambda$$

Berdasarkan SNI 1729-2015 pasal B4.1, jika nilai $\lambda_r > \lambda$ maka penampang yang dipakai termasuk elemen non-langsing. Sehingga untuk perhitungan tekan nominal mengikuti SNI 1729-2015 pasal E3 (tekuk lentur dari komponen struktur tanpa elemen langsing).

Cek kelangsingan batang

Faktor panjang tekuk, $k = 1.0$ (sendi-sendii)

$$L_k = k \cdot L = 1.0 \cdot 4900 \text{ mm} = 4900 \text{ mm}$$

$$\lambda = \frac{KL}{r} = \frac{1600}{73.7} = 21.71 < 200 \text{ (OK)}$$

Kekuatan nominal tekan terfaktor batang

$$4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 4.71 \cdot \sqrt{\frac{200000}{290}} = 1624.14$$

Karena nilai $\frac{KL}{r} < 4.71 \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}$, maka untuk nilai f_{cr} dipakai:

$$f_{cr} = \left[0.658 \frac{f_y}{f_e} \right] f_y$$

$$\text{Dimana nilai } f_e = \frac{\pi^2 \cdot E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 200000}{(21.71)^2} = 4188.17 \text{ MPa}$$

Sehingga:

$$f_{cr} = \left[0.658 \frac{290}{4188.17} \right] \cdot 290 = 281.71 \text{ MPa}$$

$$P_n = f_{cr} \times A_g = 281.71 \times 5235 = 1474783.18 \text{ N}$$

$$\phi P_n = 0.9 \times 1474783.18 = 1327304.86 \text{ N}$$

Maka untuk kuat tekan nominal batang, diambil nilai yang paling kecil, sehingga didapatkan:

$$\phi P_n = 1327.30 \text{ kN}$$

$$P_u = 1135.38 \text{ kN}$$

$$\phi P_n \geq P_u \rightarrow 1327.30 \text{ kN} > 1135.38 \text{ kN (OK)}$$

4.8.2.5 Perhitungan Kapasitas Momen Penampang

Pengecekan rasio tebal-terhadap-diameter untuk komponen struktur berdasarkan SNI 1729-2015 Tabel B4.1b, yakni sebagai berikut:

$$\lambda = \frac{D}{t} = \frac{216.3}{8} = 27.04$$

$$\lambda_p = 0.07 \frac{E}{f_y} = 0.07 \times \frac{200000}{290} = 48.27$$

$$\lambda_r = 0.31 \frac{E}{f_y} = 0.31 \times \frac{200000}{290} = 213.79$$

Karena nilai $\lambda < \lambda_p$, maka penampang PSB ini kompak.

Untuk profil PSB, maka untuk perhitungan momen nominal profil diambil nilai yang terkecil berdasarkan SNI 1729-2015 pasal F8, yakni sebagai berikut:

Momen nominal akibat pelean

$$M_n = M_p = f_y \times Z$$

Dimana:

$$Z = 3472818 \text{ mm}^3$$

$$f_y = 290 \text{ MPa}$$

Maka:

$$M_n = 290 \times 3472818 = 1007117220 \text{ N.mm}$$

$$M_n = 1007.11 \text{ kN.m}$$

Momen nominal akibat tekuk lateral

Untuk penampang kompak sebagai berikut:

$$M_n = \left(\frac{0.021E}{\frac{D}{t}} + f_y \right) \times S$$

Dimana:

$$S = 2629246.4 \text{ mm}^3$$

Maka:

$$M_n = \left(\frac{0.021 \times 200000}{\frac{216.3}{8}} + 290 \right) \times 2629246.4$$

$$M_n = 1170908081 \text{ N.mm}$$

$$M_n = 1170.90 \text{ kN.m}$$

Untuk momen nominal, diambil nilai terkecil

$$M_n = 1007.11 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n = 906.40 \text{ kN.m}$$

$$M_u = 0.18 \text{ kN.m}$$

$$\phi M_n \geq M_u \rightarrow 906.40 \text{ kN.m} > 0.18 \text{ kN.m} \text{ (OK)}$$

4.8.2.6 Perhitungan Kapasitas Geser Penampang

Kekuatan geser nominal V_n , dari komponen struktur PSB ditentukan menggunakan SNI 1729-2015 pasal G6. Sesuai dengan keadaan batas dari pelepasan geser dan tekuk geser, harus ditentukan sebagai berikut:

$$V_n = f_{cr} \times A_g \times 2$$

Dimana f_{cr} harus lebih besar:

$$f_{cr1} = \frac{1.60E}{1.6 \times 200000} = \frac{1.6 \times 200000}{1.6 \times 200000} = 5862.10 \text{ MPa}$$

$$f_{cr2} = \frac{\frac{\sqrt{L_v}}{\sqrt{D}} \left(\frac{D}{t}\right)^{\frac{5}{4}}}{0.78E} = \frac{\sqrt{\frac{0.5 \times 4900}{216.3}} \left(\frac{216.3}{8}\right)^{\frac{5}{4}}}{0.78 \times 200000} = 1109.62 \text{ MPa}$$

Tetapi tidak boleh melebihi $0.6f_y$

$$f_{cr3} = 0.6f_y = 0.6 \times 290 = 174 \text{ MPa}$$

Maka diambil $f_{cr} = 174 \text{ MPa}$

$$V_n = 174 \times 5235 \times 2 = 1821780 \text{ N}$$

$$V_n = 1821.78 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 0.9 \times 1821.78 = 1639.60 \text{ kN}$$

$$V_u = 0.32 \text{ kN}$$

$$\phi V_n \geq V_u \rightarrow 1639.60 \text{ kN} > 0.32 \text{ kN (OK)}$$

4.8.2.7 Perhitungan Kapasitas Torsi Penampang

Kekuatan torsi nominal T_n , dari komponen struktur PSB ditentukan menggunakan SNI 1729-2015 pasal H3.1. Sesuai dengan keadaan batas dari pelepasan torsi dan tekuk torsi, harus ditentukan sebagai berikut:

$$T_n = f_{cr} \times C$$

Dimana f_{cr} harus lebih besar:

$$f_{cr1} = \frac{1.23E}{1.23 \times 200000} = \frac{1.23 \times 200000}{1.23 \times 200000} = 20503.58 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sqrt{L}}{\sqrt{D}} \left(\frac{D}{t}\right)^{\frac{5}{4}}}{\sqrt{216.3}} \left(\frac{216.3}{8}\right)^{\frac{5}{4}}$$

$$f_{cr2} = \frac{0.6E}{\left(\frac{D}{t}\right)^2} = \frac{0.6 \times 200000}{\left(\frac{216.3}{8}\right)^2} = 853.55 \text{ MPa}$$

Tetapi tidak boleh melebihi $0.6f_y$

$$f_{cr3} = 0.6f_y = 0.6 \times 290 = 174 \text{ MPa}$$

Maka diambil $f_{cr} = 174 \text{ MPa}$

Nilai C untuk elemen PSB bundar dapat diambil sebagai berikut:

$$C = \frac{\pi \cdot (D - t)^2 \cdot t}{2} = \frac{\pi \cdot (216.3 - 8)^2 \cdot 8}{2} = 544964.46 \text{ mm}^3$$

$$T_n = f_{cr} \times C = 174 \times 544964.46 = 94823815.76 \text{ N.mm}$$

$$T_n = 94.82 \text{ kN.m}$$

$$\phi T_n = 0.9 \times 94.82 = 85.34 \text{ kN.m}$$

$$T_u = 1.24 \text{ kN}$$

$$\phi T_n \geq T_u \rightarrow 85.34 \text{ kN} > 1.24 \text{ kN (OK)}$$

4.8.2.8 Perhitungan Kombinasi Gaya Torsi, Geser, Lentur dan Aksial

Bila kekuatan torsi perlu T_u , adalah kurang dari atau sama dengan 20% dari kekuatan torsi yang tersedia ϕT_n , interaksi dari gaya torsi, geser, lentur dan/atau aksial untuk PSB harus ditentukan oleh Pasal H1 dan efek torsi harus diabaikan. Bila kekuatan torsi perlu T_u melebihi 20% dari kekuatan torsi yang tersedia ϕT_n maka interaksi gaya torsi, geser, lentur dan/atau aksial harus dibatasi, di titik peninjauan, sesuai pasal H3.2

$$\frac{T_u}{\phi T_n} = \frac{1.24}{85.34} = 0.015$$

$0.15 < 0.2$, Maka kombinasi gaya memakai SNI 1729-2015 pasal H1.

$$\frac{P_u}{\phi P_n} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{\phi M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi M_{ny}} \right) \leq 1.0$$

$$\frac{1135.38}{1327.30} + \frac{8}{9} \left(\frac{0.18}{906.40} + \frac{0}{906.40} \right) \leq 1.0$$

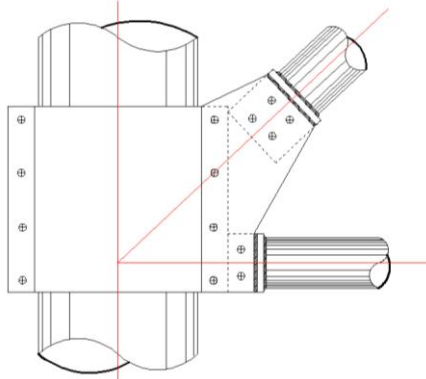
$$0.85 \leq 1.0 \text{ (OK)}$$

Kapasitas penampang memenuhi

4.8.2.9 Perhitungan Sambungan *Bracing*

Untuk menghubungkan satu elemen ke elemen lain diperlukan suatu perencanaan sambungan. Pada desain breising yang mampu menahan gaya aksial tarik maupun tekan. Maka elemen PSB harus disambungkan ke elemen struktur pilar baja.

Sambungan direncanakan menggunakan konsep gaya aksial menjadi acuan untuk merencanakan jumlah baut, sehingga ketika ada gaya besar yang tidak terduga, maka elemen sambunganlah yang rusak pertama kali.



Gambar 4. 54 Sketsa Sambungan *Bracing*

4.8.2.10 Data Eksisting Sambungan *Bracing*

- Profil baja = PSB
- Diameter (D) = 216.3 mm
- Tebal (t) = 8 mm
- Luas penampang (A_g) = 52.35 cm²
- Material Profil Baja = ASTM A36
- Tegangan leleh tarik (f_y) = 290 Mpa

- Tegangan putus tarik (f_u) = 500 Mpa
- Profil sambungan = Pelat baja
- Dimensi Kepala Pelat = 265/250 mm
- Tebal kepala pelat (t_p) = 25 mm
- Tebal pelat penyambung (t_p) = 20 mm
- Tebal pelat buhul (t_{pg}) = 15 mm
- Material Profil Baja = ASTM A36
- Tegangan leleh tarik (f_{yp}) = 240 Mpa
- Tegangan putus tarik (f_{up}) = 370 Mpa
- Material Baut = A325
- Diameter Lubang Baut = M27
- Kuat Tarik Baut = 620 MPa
- Kuat Geser Baut = 372 MPa
- Material Las = E70xx
- Tegangan leleh tarik las (f_y) = 450 Mpa
- Tegangan putus tarik las (f_u) = 500 Mpa

4.8.2.11 Kuat Las yang Tersedia Menghubungkan Kepala Pelat ke PSB

Kekuatan las nominal ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = f_w \times A_w$$

Karena gaya tidak berada dalam bidang pengelompokan, Persamaan J2-5 dari Spesifikasi AISC 360-16 tidak berlaku.

$$f_w = 0.70f_{EXX} = 0.70 \times 450 \text{ MPa} = 315 \text{ MPa}$$

Oleh karena itu, gunakan panjang las yang efektif sepanjang keliling PSB, jika tebal las $w = 10 \text{ mm}$

$$l = \pi D = \pi \times 350 = 1099.55 \text{ mm}$$

$$A_w = l \frac{w}{\sqrt{2}} = 1099.5 \times \frac{10}{\sqrt{2}} = 7850 \text{ mm}^2$$

$$R_n = 315 \times 7850 = 2472750 \text{ N} = 2472.75 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.8 \times 2472.75 = 1978.2 \text{ kN}$$

4.8.2.12 Kuat Las yang Tersedia Menghubungkan Pelat Sambung ke Kepala Pelat

Kekuatan las nominal ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = f_w \times A_w$$

$$f_w = 0.70 f_{EXX} = 0.70 \times 450 \text{ MPa} = 315 \text{ MPa}$$

Di sini panjang las yang efektif, l , sama dengan panjang kepala pelat, di kedua sisi batang. Karenanya:

$$l = 2 \times 265 = 530 \text{ mm}$$

$$A_w = l \frac{w}{\sqrt{2}} = 530 \times \frac{10}{\sqrt{2}} = 3785.71 \text{ mm}^2$$

$$R_n = 315 \times 3785.71 = 1192500 \text{ N} = 1192.5 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.8 \times 1192.5 = 954 \text{ kN}$$

4.8.2.13 Kuat Geser Leleh Kepala Pelat

Dari AISC 360-16 pasal J4.2, kekuatan geser leleh nominal ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = 0.6 \times f_y \times A_g$$

Dimana:

$$f_y = f_{yp} = 240 \text{ MPa}$$

Perhatikan bahwa luas geser total adalah dua kali panjang kepala pelat dikali ketebalan kepala pelat. Setengah dari beban dilawan pada setiap bidang geser yang berdekatan dengan las. Total area geser adalah:

$$A_g = 2 \times L \times t_p = 2 \times 265 \times 25 = 13250 \text{ mm}^2$$

Maka

$$R_n = 0.6 \times 240 \times 13250 = 1908000 \text{ N} = 1908 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 1908 \text{ kN}$$

4.8.2.14 Kuat Geser Fraktur Kepala Pelat

Dari AISC 360-16 pasal J4.2, kekuatan geser fraktur nominal ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = 0.6 \times f_u \times A_{nv}$$

Dimana:

$$f_u = f_{up} = 370 \text{ MPa}$$

$$A_{nv} = A_g = 13250 \text{ mm}^2$$

Maka

$$R_n = 0.6 \times 370 \times 13250 = 2941500 \text{ N} = 2941.5 \text{ kN}$$

4.8.2.15 Baut Kekuatan-Tinggi dalam Sambungan Kritis-Slip

Sambungan kritis-slip harus dirancang untuk mencegah slip dan untuk keadaan batas dari sambungan tipe-tumpuan. Bila baut-baut kritis-slip melewati sampai pengisi, semua permukaan yang menahan slip harus dipersiapkan untuk mencapai ketahanan slip desain.

Besarnya tahanan slip untuk kondisi batas slip atau R_n untuk baut mutu tinggi berdasarkan AISC (2010) adalah sebagai berikut:

$$\phi R_n = \phi \times \mu \times D_u \times h_f \times T_b \times n_s$$

$$\mu = \text{Permukaan Kelas A}$$

Permukaan baja mill scale bersih tanpa dicat atau permukaan dengan pelapis kelas a pada baja blast-cleaned atau digalvanis dicelup-panas dan permukaan dikasarsarkan

$$= 0,3$$

$$= \text{Permukaan Kelas B}$$

Permukaan baja blast-cleaned tanpa-dicat atau permukaan dengan pelapis kelas b pada baja blast-cleaned

$$= 0,5$$

$$D_u = 1,13$$

h_f = tidak ada filler atau hanya 1 filler diantara pelat sambungan

$$= 1$$

= jika ada 2 filler diantara pelat sambungan

$$= 0,85$$

T_b = gaya Tarik baut prategang minimum

Tabel 4. 11 Diameter baut

Diameter	A325
mm	kN
M16	91
M20	142
M22	176
M24	205
M27	267
M30	326
M36	475

N_s = jumlah permukaan yang menimbulkan bidang kontak= 2
 $\phi = 1$ untuk lubang standar atau lubang slot-pendek, dipasang tegak lurus arah beban

Dipakai baut diameter M27

$$\phi R_n = \phi \times \mu \times D_u \times h_f \times T_b \times n_s$$

$$\phi R_n = 1 \times 0,5 \times 1,13 \times 1 \times 267 \times 2$$

$$\phi R_n = 301.71 \text{ kN per baut}$$

$$n = \frac{1135.388}{301.71} = 3.76$$

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

4.8.2.16 Kuat Geser Baut

Kuat geser baut yang tersedia sebagai berikut:

$$r_n = 301.08 \text{ kN/baut}$$

$$R_n = 2 \times 301.08 = 1206.84 \text{ kN}$$

4.8.2.17 Kuat Tumpu Baut

Dari AISC 360-16 pasal J3.10(a)(i), kekuatan tumpu nominal baut di lubang standar ketika deformasi pada lubang baut pada beban servis adalah pertimbangan desain:

$$R_n = 1.2L_c t f_u \leq 2.4d t f_u$$

Dimana

$$t = t_s = 20 \text{ mm}$$

$$f_u = f_{up} = 370 \text{ MPa}$$

Untuk baut terakhir

$$L_c = 60 - \frac{30}{2} = 35 \text{ mm}$$

Maka untuk sisi kiri dari persamaan J3-6a adalah:

$$1.2L_c t f_u = 1.2 \times 35 \times 20 \times 370 = 399600 \text{ N}$$

Sedangkan untuk sisi kanan dari persamaan J3-6a adalah:

$$2.4dt f_u = 2.4 \times 27 \times 20 \times 370 = 479520 \text{ N}$$

$$399600 \text{ N} < 479520 \text{ N}$$

Maka pakai $R_n = 479.52 \text{ kN}$

Dengan AISC 360-16 pasal J3.10 untuk baut luar dan AISC *Manual* tabel 7-5 untuk baut dalam, kuat tumpu yang tersedia ditentukan sebagai berikut:

Untuk baut luar:

$$\phi R_n = 0.75 \times 479.52 = 359.64 \text{ kN}$$

Untuk baut dalam:

$$\phi r_n = 17.7 \text{ kN/mm}$$

$$\phi R_n = 20 \times 17.7 = 353.88 \text{ kN}$$

Maka untuk 4 baut, kuat tumpu sebagai berikut:

$$\phi R_n = 2 \times (359.64 \text{ kN}) + 2 \times (353.8 \text{ kN}) = 1427.28 \text{ kN}$$

4.8.2.18 Kuat Tarik Leleh Pelat Sambung

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(a), kuat tarik leleh nominal pelat penyambung adalah:

$$\phi R_n = f_y \times A_g$$

Dimana:

$$f_y = f_{yp} = 240 \text{ MPa}$$

$$A_g = W \times t_s = 265 \times 20 = 5300 \text{ mm}^2$$

Dimana:

$$\phi R_n = 240 \times 5300 = 1272000 \text{ N} = 1272 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.9 \times 1272 = 1144.8 \text{ kN}$$

4.8.2.19 Kuat Tarik Fraktur Pelat Sambung

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(b), kuat tarik fraktur nominal pelat penyambung adalah:

$$\phi R_n = f_u \times A_e$$

Dimana:

$$f_u = f_{up} = 370 \text{ MPa}$$

$$A_e = A_n \times U$$

Dimana:

$$U = 1.0 \text{ Dari AISC Specification tabel D3.1,}$$

$$A_n = A_g - 2(d_h)t_s \leq 0.85A_g$$

$$A_n = 5300 - 2(27) \times 20 \leq 0.85 \times 5300$$

$$A_n = 4220 \leq 4505$$

Maka area efektif adalah

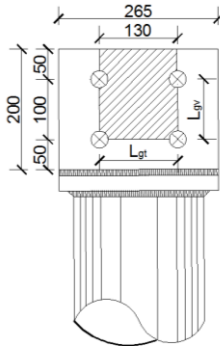
$$A_n = 4505 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_n = 400 \times 4505 = 1802000 \text{ N} = 1802 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.9 \times 1802 = 1621.8 \text{ kN}$$

4.8.2.20 Perhitungan Keruntuhan Geser Blok Pelat Penyambung

Menurut AISC 360-16 pasal J4.3, kuat nominal pelat penyambung berdasarkan keadaan batas dari keruntuhan geser blok adalah:



Gambar 4. 55 Konfigurasi Letak Baut pada Pelat Sambung

$$R_n = 0.6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ < 0.6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

Dimana:

$$A_{gv} = 3L_{gv}t_s$$

$$L_{gv} = 100 \text{ mm}$$

$$A_{gv} = 3 \times 100 \times 20 = 6000 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = A_{gv} - 2.5d_h t_s$$

$$A_{nv} = 6000 - 2 \times 2.5 \times (27 + 2) \times 20 = 3100 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = (L_{gt} \times t_s) - (d_h \times t_s)$$

$$A_{nt} = (130 \times 20) - (27 \times 20) = 2060 \text{ mm}^2$$

$$U_{bs} = 1.0 \text{ (jika gaya tarik merata)}$$

Maka:

$$0.6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

$$0.6 \cdot 370 \cdot 3100 + 1 \cdot 370 \cdot 2060 = 1450400 \text{ N} = 1450.4 \text{ kN}$$

$$0.6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

$$0.6 \cdot 240 \cdot 6000 + 1 \cdot 370 \cdot 2060 = 1626200 \text{ N} = 1626.2 \text{ kN}$$

Karena $1450.4 \text{ kN} < 1626.2 \text{ kN}$, maka dipakai $R_n = 1626.2 \text{ kN}$

$$\phi R_n = 0.75 \times 1626.2 = 1219.65 \text{ kN}$$

Oleh karena itu kekuatan tegangan tarik yang tersedia dikontrol oleh kekuatan las yang tersedia yang menghubungkan pelat penyambung ke kepala pelat.

$$\phi R_n = 1219.65 \text{ kN}$$

4.8.2..21 Kuat Tarik Leleh Pelat Buhul

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(a), kuat tarik leleh nominal pelat buhul adalah:

$$\phi R_n = f_y \times A_g$$

Dimana:

$$f_y = f_{yp} = 240 \text{ MPa}$$

$$A_g = W \times t_s = 360 \times 15 = 5400 \text{ mm}^2$$

Dimana:

$$\phi R_n = 240 \times 5400 = 1296000 \text{ N} = 1296 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.9 \times 1296 = 1166.4 \text{ kN}$$

4.8.2.22 Kuat Tarik Fraktur Pelat Buhul

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(b), kuat tarik fraktur nominal pelat buhul adalah:

$$\phi R_n = f_u \times A_e$$

Dimana:

$$f_u = f_{up} = 370 \text{ MPa}$$

$$A_e = A_n \times U$$

Dimana:

$$U = 1.0 \text{ Dari AISC Specification tabel D3.1,}$$

$$A_n = A_g - 2(d_n)t_s \leq 0.85A_g$$

$$A_n = 5400 - 2(27) \times 15 \leq 0.85 \times 5400$$

$$A_n = 4590 \leq 4590$$

Maka area efektif adalah

$$A_n = 4590 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}\phi R_n &= 400 \times 4590 = 1836000 \text{ N} = 1836 \text{ kN} \\ \phi R_n &= 0.9 \times 1836 = 1652.4 \text{ kN}\end{aligned}$$

4.8.2.23 Kuat Las yang Tersedia Menghubungkan Pelat Buhul ke Pelat Landas

Kekuatan las nominal ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = f_w \times A_w$$

$$f_w = 0.70 f_{EXX} = 0.70 \times 450 \text{ MPa} = 315 \text{ MPa}$$

Di sini panjang las yang efektif, l , sama dengan panjang pelat buhul, di kedua sisi batang. Karenanya:

$$w = 15 \text{ mm}$$

$$l = 500 \text{ mm}$$

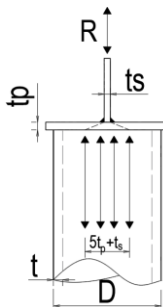
$$A_w = l \frac{w}{\sqrt{2}} = 500 \times \frac{15}{\sqrt{2}} = 5357.14 \text{ mm}^2$$

$$R_n = 315 \times 5357.14 = 1687500 \text{ N} = 1687.5 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.8 \times 1687.5 = 1350 \text{ kN}$$

4.8.2.24 Keadaan Batas Leleh Lokal dari Beban Aksial PSB

Menurut AISC 360-16 tabel K1.1, kuat tekan nominal berdasarkan kondisi batas dinding PSB melumpuhkan, untuk satu dinding, adalah:



Gambar 4. 56 Penyebaran Beban dari Gaya Terpusat melalui

$$R_n = 2 \times f_y \times t(5t_p + t_s) \leq f_y \times A_g$$

$$R_n = 2 \times 290 \times 7(5 \times 25 + 20) \leq 290 \times 5600$$

$$R_n = 672800 \text{ N} \leq 1680000 \text{ N (OK)}$$

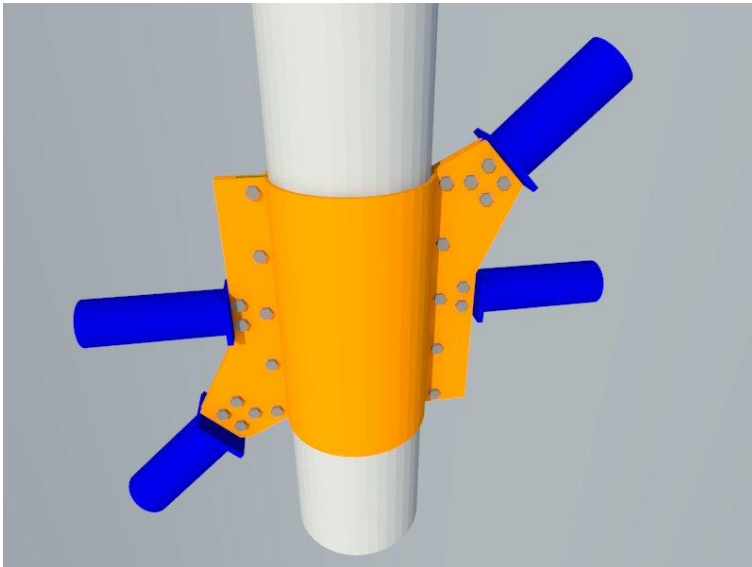
Maka:

$$\phi R_n = 1.0 \times 672.8 = 672.8 \text{ kN}$$

4.8.3 Perhitungan Sambungan Clamp

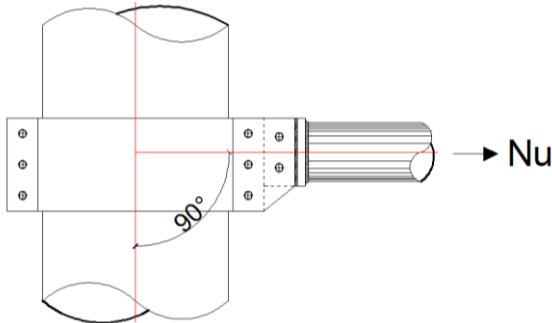
Untuk menghubungkan satu elemen ke elemen lain diperlukan suatu perencanaan sambungan. Pada desain breising yang mampu menahan gaya aksial tarik maupun tekan. Maka elemen PSB harus disambungkan ke elemen struktur pilar baja.

Sambungan direncanakan menggunakan konsep gaya aksial menjadi acuan untuk merencanakan jumlah baut, sehingga ketika ada gaya besar yang tidak terduga, maka elemen sambunganlah yang rusak pertama kali.



Gambar 4. 57 Sketsa Sambungan Clamp

4.8.3.1 Analisa Gaya Dalam pada Clamp 1



Gambar 4. 58 Gaya Dalam Pada Clamp

- Rekapitulasi Gaya tarik

Gaya tarik maksimum Nu	= 561.796 kN
Beban Pekerja	= 1.4 Kn
Berat Clamp	= 0.98 Kn
Berat <i>Bracing</i>	= 0.20 Kn
Gaya Total Nu	= 564.389 Kn

- Data-data perencanaan :

➤ Tebal pelat clamp	= 15 mm
➤ Material Profil Baja	= ASTM A36
➤ Tegangan leleh tarik (fyp)	= 240 Mpa
➤ Tegangan putus tarik (fup)	= 370 Mpa
➤ Material Baut	= A325
➤ Diameter Lubang Baut	= M27
➤ Kuat Tarik Baut	= 620 MPa
➤ Kuat Geser Baut	= 372 MPa
➤ Material Las	= E70xx
➤ Tegangan leleh tarik las (fy)	= 450 Mpa
➤ Tegangan putus tarik las (fy)	= 500 Mpa

4.8.3.1.1 Baut Kekuatan-Tinggi dalam Sambungan Kritis-Slip

Sambungan kritis-slip harus dirancang untuk mencegah slip dan untuk keadaan batas dari sambungan tipe-tumpuan. Bila baut-baut kritis-slip melewati sampai pengisi, semua permukaan yang menahan slip harus dipersiapkan untuk mencapai ketahanan slip desain.

Besarnya tahanan slip untuk kondisi batas slip atau R_n untuk baut mutu tinggi berdasarkan AISC (2010) adalah sebagai berikut:

$$\phi R_n = \phi \times \mu \times D_u \times h_f \times T_b \times n_s$$

μ = Permukaan Kelas A

Permukaan baja mill scale bersih tanpa dicat atau permukaan dengan pelapis kelas a pada baja blast-cleaned atau digalvanis dicelup-panas dan permukaan dikasarsarkan

$$= 0,3$$

= Permukaan Kelas B

Permukaan baja blast-cleaned tanpa-dicat atau permukaan dengan pelapis kelas b pada baja blast-cleaned

$$= 0,5$$

D_u = 1,13

H_f = tidak ada filler atau hanya 1 filler diantara pelat sambungan

$$= 1$$

= jika ada 2 filler diantara pelat sambungan

$$= 0,85$$

T_b = gaya Tarik baut prategang minimum

Tabel 4. 12 Diameter baut

Diameter	A325
mm	kN
M16	91

M20	142
M22	176
M24	205
M27	267
M30	326
M36	475

- N_s = jumlah permukaan yang menimbulkan bidang kontak
 = 2
 ϕ = 1 untuk lubang standar atau lubang slot-pendek, dipasang tegak lurus arah beban

Dipakai baut diameter M27

$$\phi R_n = \phi \times \mu \times D_u \times h_f \times T_b \times n_s$$

$$\phi R_n = 1 \times 0,5 \times 1,13 \times 1 \times 267 \times 2$$

$$\phi R_n = 301.71 \text{ kN per baut}$$

$$n = \frac{564.389}{301.71} = 1.87$$

Direncanakan $n = 3$ buah

4.8.3.1.2 Kuat Geser Baut

Kuat geser baut yang tersedia sebagai berikut:

$$r_n = 301.71 \text{ kN/baut}$$

$$R_n = 3 \times 301.71 = 905.13 \text{ kN}$$

4.8.3.1.3 Kuat Tumpu Baut

Dari AISC 360-16 pasal J3.10(a)(i), kekuatan tumpu nominal baut di lubang standar ketika deformasi pada lubang baut pada beban servis adalah pertimbangan desain:

$$R_n = 1.2L_c t f_u \leq 2.4 d t f_u$$

Dimana

$$t = t_s = 15 \text{ mm}$$

$$f_u = f_{up} = 270 \text{ MPa}$$

Untuk baut terakhir

$$L_c = 50 - \frac{30}{2} = 35 \text{ mm}$$

Maka untuk sisi kiri dari persamaan J3-6a adalah:

$$1.2L_c t f_u = 1.2 \times 35 \times 15 \times 370 = 233100 \text{ N}$$

Sedangkan untuk sisi kanan dari persamaan J3-6a adalah:

$$2.4dt f_u = 2.4 \times 27 \times 15 \times 370 = 359640 \text{ N}$$

$$233100 \text{ N} < 359640 \text{ N}$$

Maka pakai $R_n = 359.64 \text{ Kn}$

Dengan AISC 360-16 pasal J3.10 untuk baut luar, kuat tumpu yang tersedia ditentukan sebagai berikut:

$$\phi R_n = 0.75 \times 359.64 = 269.73 \text{ kN}$$

Maka untuk 3 baut, kuat tumpu sebagai berikut:

$$\phi R_n = 3 \times (269.73 \text{ kN}) = 809.19 \text{ kN}$$

4.8.3.1.4 Kuat Tarik Leleh Pelat Sambung

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(a), kuat tarik leleh nominal pelat penyambung adalah:

$$\phi R_n = f_y \times A_g$$

Dimana:

$$f_y = f_{yp} = 240 \text{ MPa}$$

$$A_g = W \times t_s = 300 \times 15 = 4500 \text{ mm}^2$$

Dimana:

$$\phi R_n = 240 \times 4500 = 1088000 \text{ N} = 1080 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.9 \times 1080 = 972 \text{ kN}$$

4.8.3.5 Kuat Tarik Fraktur Pelat Sambung

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(b), kuat tarik fraktur nominal pelat penyambung adalah:

$$\phi R_n = f_u \times A_e$$

Dimana:

$$f_u = f_{up} = 370 \text{ MPa}$$

$$A_e = A_n \times U$$

Dimana:

$U = 1.0$ Dari AISC *Specification* tabel D3.1,

$$A_n = A_g - 2(d_h)t_s \leq 0.85A_g$$

$$A_n = 4500 - 2(27) \times 15 \leq 0.85 \times 4500$$

$$A_n = 3690 \leq 3825$$

Maka area efektif adalah

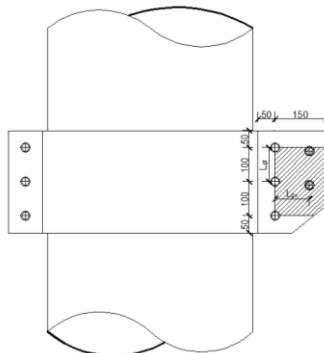
$$A_n = 3825 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_n = 400 \times 3825 = 1530000 \text{ N} = 1530 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.9 \times 1530 = 1377 \text{ kN}$$

4.8.3.1.6 Perhitungan Keruntuhan Geser Blok Pelat Penyambung

Menurut AISC 360-16 pasal J4.3, kuat nominal pelat penyambung berdasarkan keadaan batas dari keruntuhan geser blok adalah:



Gambar 4. 59 Konfigurasi Letak Baut pada Pelat Sambung

$$R_n = 0.6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

$$< 0.6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

Dimana:

$$A_{gv} = 3L_{gv}t_s$$

$$L_{gv} = 100 \text{ mm}$$

$$A_{gv} = 3 \times 100 \times 15 = 4500 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = A_{gv} - 2.5d_h t_s$$

$$A_{nv} = 4500 - 2 \times 2.5 \times (27 + 2) \times 15 = 2325 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = (L_{gt} \times t_s) - (d_h \times t_s)$$

$$A_{nt} = (100 \times 15) - (27 \times 15) = 1095 \text{ mm}^2$$

$$U_{bs} = 1.0 \text{ (jika gaya tarik merata)}$$

Maka:

$$0.6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

$$0.6 \cdot 370 \cdot 75 + 1 \cdot 370 \cdot 1095 = 921300 \text{ N} = 921.3 \text{ kN}$$

$$0.6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

$$0.6 \cdot 240 \cdot 4500 + 1 \cdot 370 \cdot 1095 = 1053150 \text{ N} = 1053 \text{ kN}$$

Karena $921.3 \text{ kN} < 11053 \text{ kN}$, maka dipakai $R_n = 921.3 \text{ kN}$

$$\phi R_n = 0.75 \times 921.3 = 690.975 \text{ kN}$$

4.8.3.1.7 Kuat Las yang Tersedia Pada Clamp

Kekuatan las nominal ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = f_w \times A_w$$

$$f_w = 0.70 f_{EXX} = 0.70 \times 490 \text{ MPa} = 343 \text{ MPa}$$

Di sini panjang las yang efektif, l , sama dengan panjang pelat buhul, di kedua sisi batang. Karenanya:

$$w = 15 \text{ mm}$$

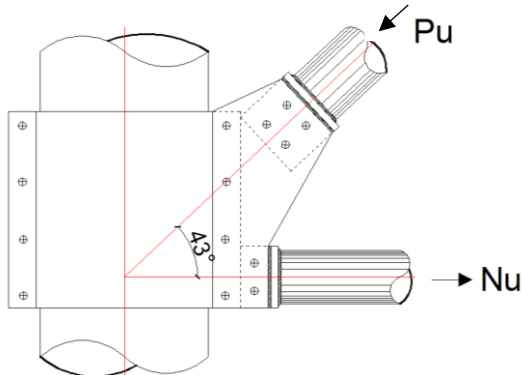
$$l = 300 \text{ mm}$$

$$A_w = l \frac{w}{\sqrt{2}} = 300 \times \frac{15}{\sqrt{2}} = 3214.28 \text{ mm}^2$$

$$R_n = 343 \times 3214.28 = 1102500 \text{ N} = 1102.5 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.8 \times 1102.5 = 882 \text{ kN}$$

4.8.3.2 Analisa Gaya Dalam pada Clamp 2



Gambar 4. 60 Gaya Dalam Clamp 2

- Rekapitulasi Gaya P_u dan N_u
 Batang Diagonal
 Gaya tekan maksimum $P_u = 113538 \text{ kN}$
 Beban Pekerja = 1.4 Kn
 Berat Clamp = 2.58 Kn
 Berat *Bracing* = 0.50 Kn
 Gaya Total $N_u = 1139.86 \text{ Kn}$
 $\alpha = 43^\circ$
 $P'_u = P_u \cos \alpha + V_u - V_u \sin \alpha$
 $P'_u = 833.74 \text{ kN}$

 Batang Horizontal
 Gaya tarik maksimum $N_u = 561.796 \text{ kN}$
 Beban Pekerja = 1.4 Kn
 Berat Clamp = 0.98 Kn
 Berat *Bracing* = 0.20 Kn
 Gaya Total $N_u = 564.389 \text{ Kn}$
- Data-data perencanaan :

- Tebal pelat clamp = 15 mm
- Material Profil Baja = ASTM A36
- Tegangan leleh tarik (fyp) = 240 Mpa
- Tegangan putus tarik (fup) = 370 Mpa
- Material Baut = A325
- Diameter Lubang Baut = M27
- Kuat Tarik Baut = 620 MPa
- Kuat Geser Baut = 372 MPa
- Material Las = E70xx
- Tegangan leleh tarik las (fy) = 450 Mpa
- Tegangan putus tarik las (fy) = 500 Mpa

4.8.3.2.1 Baut Kekuatan-Tinggi dalam Sambungan Kritis-Slip

Sambungan kritis-slip harus dirancang untuk mencegah slip dan untuk keadaan batas dari sambungan tipe-tumpuan. Bila baut-baut kritis-slip melewati sampai pengisi, semua permukaan yang menahan slip harus dipersiapkan untuk mencapai ketahanan slip desain.

Besarnya tahanan slip untuk kondisi batas slip atau R_n untuk baut mutu tinggi berdasarkan AISC (2010) adalah sebagai berikut:

$$\phi R_n = \phi \times \mu \times D_u \times h_f \times T_b \times n_s$$

μ = Permukaan Kelas A

Permukaan baja mill scale bersih tanpa dicat atau permukaan dengan pelapis kelas a pada baja blast-cleaned atau digalvanis dicelup-panas dan permukaan dikasarsarkan

$$= 0,3$$

= Permukaan Kelas B

Permukaan baja blast-cleaned tanpa-dicat atau permukaan dengan pelapis kelas b pada baja blast-cleaned

$$= 0,5$$

D_u = 1,13

- Hf = tidak ada filler atau hanya 1 filler diantara pelat sambungan
 =1
 = jika ada 2 filler diantara pelat sambungan
 = 0,85
- Tb = gaya Tarik baut prategang minimum

Tabel 4. 13 Diameter baut

Diameter	A325
mm	kN
M16	91
M20	142
M22	176
M24	205
M27	267
M30	326
M36	475

- Ns = jumlah permukaan yang menimbulkan bidang kontak
 = 2
- ϕ = 1 untuk lubang standar atau lubang slot-pendek, dipasang tegak lurus arah beban

Dipakai baut diameter M27

$$\phi Rn = \phi \times \mu \times Du \times hf \times Tb \times ns$$

$$\phi Rn = 1 \times 0,5 \times 1,13 \times 1 \times 267 \times 2$$

$$\phi Rn = 301.71 \text{ kN per baut}$$

$$n = \frac{833.747}{301.71} = 2.76$$

Direncanakan n = 4 buah

4.8.3.2.1 Kuat Geser Baut

Kuat geser baut yang tersedia sebagai berikut:

$$r_n = 301.71 \text{ kN/baut}$$

$$R_n = 4 \times 301.71 = 1206.84 \text{ kN}$$

4.8.3.2.2 Kuat Tumpu Baut

Dari AISC 360-16 pasal J3.10(a)(i), kekuatan tumpu nominal baut di lubang standar ketika deformasi pada lubang baut pada beban servis adalah pertimbangan desain:

$$R_n = 1.2L_c t f_u \leq 2.4 d t f_u$$

Dimana

$$t = t_s = 15 \text{ mm}$$

$$f_u = f_{up} = 270 \text{ MPa}$$

Untuk baut terakhir

$$L_c = 50 - \frac{30}{2} = 35 \text{ mm}$$

Maka untuk sisi kiri dari persamaan J3-6a adalah:

$$1.2L_c t f_u = 1.2 \times 35 \times 15 \times 370 = 233100 \text{ N}$$

Sedangkan untuk sisi kanan dari persamaan J3-6a adalah:

$$2.4 d t f_u = 2.4 \times 27 \times 15 \times 370 = 359640 \text{ N}$$

$$233100 \text{ N} < 359640 \text{ N}$$

$$\text{Maka pakai } R_n = 359.64 \text{ Kn}$$

Dengan AISC 360-16 pasal J3.10 untuk baut luar, kuat tumpu yang tersedia ditentukan sebagai berikut:

$$\phi R_n = 0.75 \times 359.64 = 269.73 \text{ kN}$$

Maka untuk 4 baut, kuat tumpu sebagai berikut:

$$\phi R_n = 4 \times (269.73 \text{ kN}) = 1078.98 \text{ kN}$$

4.8.3.2.3 Kuat Tarik Leleh Pelat Sambung

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(a), kuat tarik leleh nominal pelat penyambung adalah:

$$\phi R_n = f_y \times A_g$$

Dimana:

$$f_y = f_{yp} = 240 \text{ MPa}$$

$$A_g = W \times t_s = 700 \times 15 = 10500 \text{ mm}^2$$

Dimana:

$$\phi R_n = 240 \times 10500 = 2520000 \text{ N} = 2520 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.9 \times 2520 = 2268 \text{ kN}$$

4.8.3.2.4 Kuat Tarik Fraktur Pelat Sambung

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(b), kuat tarik fraktur nominal pelat penyambung adalah:

$$\phi R_n = f_u \times A_e$$

Dimana:

$$f_u = f_{up} = 370 \text{ MPa}$$

$$A_e = A_n \times U$$

Dimana:

$$U = 1.0 \text{ Dari AISC Specification tabel D3.1,}$$

$$A_n = A_g - 2(d_h)t_s \leq 0.85A_g$$

$$A_n = 10500 - 2(27) \times 15 \leq 0.85 \times 10500$$

$$A_n = 9690 \geq 8925$$

Maka area efektif adalah

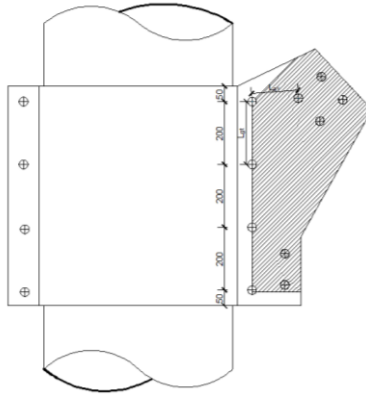
$$A_n = 8925 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_n = 400 \times 8925 = 3570000 \text{ N} = 3570 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.9 \times 3570 = 3213 \text{ kN}$$

4.8.3.2.5 Perhitungan Keruntuhan Geser Blok Pelat Penyambung

Menurut AISC 360-16 pasal J4.3, kuat nominal pelat penyambung berdasarkan keadaan batas dari keruntuhan geser blok adalah:



Gambar 4. 61 Konfigurasi Letak Baut pada Pelat Sambung

$$R_n = 0.6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} \\ < 0.6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

Dimana:

$$A_{gv} = 3L_{gv}t_s$$

$$L_{gv} = 147 \text{ mm}$$

$$A_{gv} = 3 \times 147 \times 15 = 6615 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = A_{gv} - 2.5d_h t_s$$

$$A_{nv} = 6615 - 2 \times 2.5 \times (27 + 2) \times 15 = 4440 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = (L_{gt} \times t_s) - (d_h \times t_s)$$

$$A_{nt} = (200 \times 15) - (27 \times 15) = 2595 \text{ mm}^2$$

$$U_{bs} = 1.0 \text{ (jika gaya tarik merata)}$$

Maka:

$$0.6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

$$0.6 \cdot 370 \cdot 75 + 1 \cdot 370 \cdot 2595 = 1945830 \text{ N} = 1945.8 \text{ kN}$$

$$0.6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

$$0.6 \cdot 240 \cdot 6615 + 1 \cdot 370 \cdot 2595 = 1912710 \text{ N} = 1912.7 \text{ kN}$$

Karena $1945.83 \text{ kN} > 1912.7 \text{ kN}$, maka dipakai $R_n = 1945.83 \text{ kN}$

$$\phi R_n = 0.75 \times 1945.83 = 1459.37 \text{ kN}$$

4.8.3.2 Kuat Las yang Tersedia Pada Clamp

Kekuatan las nominal ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = f_w \times A_w$$

$$f_w = 0.70 f_{EXX} = 0.70 \times 490 \text{ MPa} = 343 \text{ MPa}$$

Di sini panjang las yang efektif, l , sama dengan panjang pelat buhul, di kedua sisi batang. Karenanya:

$$w = 15 \text{ mm}$$

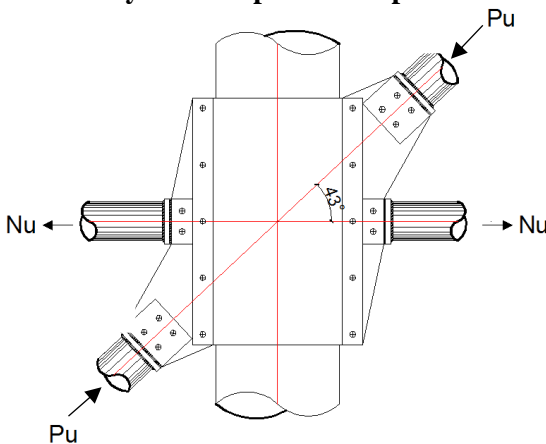
$$l = 700 \text{ mm}$$

$$A_w = l \frac{w}{\sqrt{2}} = 700 \times \frac{15}{\sqrt{2}} = 7500 \text{ mm}^2$$

$$R_n = 343 \times 7500 = 2572500 \text{ N} = 2572.5 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.8 \times 2572.5 = 2058 \text{ kN}$$

4.8.3.3 Analisa Gaya Dalam pada Clamp 3



Gambar 4. 62 Gaya Dalam Clamp 3

- Rekapitulasi Gaya Pu dan Nu
Batang Diagonal
Gaya tekan maksimum Pu = 113538 kN

Beban Pekerja	= 1.4 Kn
Berat Clamp	= 2.574 Kn
Berat <i>Bracing</i>	= 1.92 Kn
Gaya Total Nu	= 1141.44 Kn

$$\alpha = 43^\circ$$

$$P'_u = P_u \cos \alpha + V_u - V_u \sin \alpha$$

$$P'_u = 834.90 \text{ kN}$$

Batang Horizontal

Gaya tarik maksimum Nu	= 561.796 kN
Beban Pekerja	= 1.4 Kn
Berat Clamp	= 0.98 Kn
Berat <i>Bracing</i>	= 0.20 Kn
Gaya Total Nu	= 564.389 Kn

- Data-data perencanaan :
 - Tebal pelat clamp = 15 mm
 - Material Profil Baja = ASTM A36
 - Tegangan leleh tarik (fyp) = 240 Mpa
 - Tegangan putus tarik (fup) = 370 Mpa
 - Material Baut = A325
 - Diameter Lubang Baut = M27
 - Kuat Tarik Baut = 620 MPa
 - Kuat Geser Baut = 372 MPa
 - Material Las = E70xx
 - Tegangan leleh tarik las (fy) = 450 Mpa
 - Tegangan putus tarik las (fy) = 500 Mpa

4.8.3.3.1 Baut Kekuatan-Tinggi dalam Sambungan Kritis-Slip

Sambungan kritis-slip harus dirancang untuk mencegah slip dan untuk keadaan batas dari sambungan tipe-tumpuan. Bila baut-baut kritis-slip melewati sampai pengisi, semua permukaan

yang menahan slip harus dipersiapkan untuk mencapai ketahanan slip desain.

Besarnya tahanan slip untuk kondisi batas slip atau R_n untuk baut mutu tinggi berdasarkan AISC (2010) adalah sebagai berikut:

$$\phi R_n = \phi \times \mu \times D_u \times h_f \times T_b \times n_s$$

μ = Permukaan Kelas A

Permukaan baja mill scale bersih tanpa dicat atau permukaan dengan pelapis kelas a pada baja blast-cleaned atau digalvanis dicelup-panas dan permukaan dikasarsarkan

$$= 0,3$$

= Permukaan Kelas B

Permukaan baja blast-cleaned tanpa-dicat atau permukaan dengan pelapis kelas b pada baja blast-cleaned

$$= 0,5$$

D_u = 1,13

H_f = tidak ada filler atau hanya 1 filler diantara pelat sambungan

$$= 1$$

= jika ada 2 filler diantara pelat sambungan

$$= 0,85$$

T_b = gaya Tarik baut prategang minimum

Tabel 4. 14 Diameter baut

Diameter	A325
mm	kN
M16	91
M20	142
M22	176
M24	205
M27	267

M30	326
M36	475

N_s = jumlah permukaan yang menimbulkan bidang kontak
= 2

ϕ = 1 untuk lubang standar atau lubang slot-pendek, dipasang tegak lurus arah beban

Dipakai baut diameter M27

$$\phi R_n = \phi \times \mu \times D_u \times h_f \times T_b \times n_s$$

$$\phi R_n = 1 \times 0,5 \times 1,13 \times 1 \times 267 \times 2$$

$$\phi R_n = 301.71 \text{ kN per baut}$$

$$n = \frac{1399.29}{301.71} = 4.63$$

Direncanakan $n = 5$ buah

4.7.3.3.2 Kuat Geser Baut

Kuat geser baut yang tersedia sebagai berikut:

$$r_n = 301.71 \text{ kN/baut}$$

$$R_n = 5 \times 301.71 = 1508.55 \text{ kN}$$

4.8.3.3.3 Kuat Tumpu Baut

Dari AISC 360-16 pasal J3.10(a)(i), kekuatan tumpu nominal baut di lubang standar ketika deformasi pada lubang baut pada beban servis adalah pertimbangan desain:

$$R_n = 1.2L_c t f_u \leq 2.4d t f_u$$

Dimana

$$t = t_s = 15 \text{ mm}$$

$$f_u = f_{up} = 270 \text{ MPa}$$

Untuk baut terakhir

$$L_c = 50 - \frac{30}{2} = 35 \text{ mm}$$

Maka untuk sisi kiri dari persamaan J3-6a adalah:

$$1.2L_c t f_u = 1.2 \times 35 \times 15 \times 370 = 233100 \text{ N}$$

Sedangkan untuk sisi kanan dari persamaan J3-6a adalah:

$$2.4dtf_u = 2.4 \times 27 \times 15 \times 370 = 359640 \text{ N}$$

$$233100 \text{ N} < 359640 \text{ N}$$

Maka pakai $R_n = 359.64 \text{ Kn}$

Dengan AISC 360-16 pasal J3.10 untuk baut luar, kuat tumpu yang tersedia ditentukan sebagai berikut:

$$\phi R_n = 0.75 \times 359.64 = 269.73 \text{ kN}$$

Maka untuk 4 baut, kuat tumpu sebagai berikut:

$$\phi R_n = 5 \times (269.73 \text{ kN}) = 1348.65 \text{ kN}$$

4.8.3.3.4 Kuat Tarik Leleh Pelat Sambung

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(a), kuat tarik leleh nominal pelat penyambung adalah:

$$\phi R_n = f_y \times A_g$$

Dimana:

$$f_y = f_{yp} = 240 \text{ MPa}$$

$$A_g = W \times t_s = 1200 \times 15 = 180000 \text{ mm}^2$$

Dimana:

$$\phi R_n = 240 \times 180000 = 4320000 \text{ N} = 4320 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.9 \times 4320 = 3888 \text{ kN}$$

4.8.3.3.5 Kuat Tarik Fraktur Pelat Sambung

Dari AISC 360-16 pasal J4.1(b), kuat tarik fraktur nominal pelat penyambung adalah:

$$\phi R_n = f_u \times A_e$$

Dimana:

$$f_u = f_{up} = 370 \text{ MPa}$$

$$A_e = A_n \times U$$

Dimana:

$$U = 1.0 \text{ Dari AISC Specification tabel D3.1,}$$

$$A_n = A_g - 2(d_h)t_s \leq 0.85A_g$$

$$A_n = 18000 - 2(27) \times 15 \leq 0.85 \times 18000$$

$$A_n = 17190 \geq 15300$$

Maka area efektif adalah

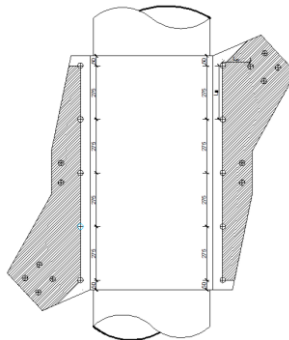
$$A_n = 15300 \text{ mm}^2$$

$$\phi R_n = 400 \times 15300 = 6120000 \text{ N} = 6120 \text{ kN}$$

$$\phi R_n = 0.9 \times 6120 = 5508 \text{ kN}$$

4.8.3.3.6 Perhitungan Keruntuhan Geser Blok Pelat Penyambung

Menurut AISC 360-16 pasal J4.3, kuat nominal pelat penyambung berdasarkan keadaan batas dari keruntuhan geser blok adalah:



Gambar 4. 63 Konfigurasi Letak Baut pada Pelat Sambung

$$R_n = 0.6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt} < 0.6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

Dimana:

$$A_{gv} = 3L_{gv}t_s$$

$$L_{gv} = 143 \text{ mm}$$

$$A_{gv} = 3 \times 143 \times 15 = 6435 \text{ mm}^2$$

$$A_{nv} = A_{gv} - 2.5d_h t_s$$

$$A_{nv} = 6435 - 2 \times 2.5 \times (27 + 2) \times 15 = 4260 \text{ mm}^2$$

$$A_{nt} = (L_{gt} \times t_s) - (d_h \times t_s)$$

$$A_{nt} = (275 \times 15) - (27 \times 15) = 3720 \text{ mm}^2$$

$$U_{bs} = 1.0 \text{ (jika gaya tarik merata)}$$

Maka:

$$0.6 \cdot f_u \cdot A_{nv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

$$0.6 \cdot 370 \cdot 4260 + 1 \cdot 370 \cdot 3720 = 2322120 \text{ N} = 2322.1 \text{ kN}$$

$$0.6 \cdot f_y \cdot A_{gv} + U_{bs} \cdot f_u \cdot A_{nt}$$

$$0.6 \cdot 240 \cdot 6435 + 1 \cdot 370 \cdot 3720 = 2303040 \text{ N} = 2302 \text{ kN}$$

Karena $2322.12 \text{ kN} > 2303.04 \text{ kN}$, maka dipakai $R_n = 2322.12 \text{ kN}$

$$\phi R_n = 0.75 \times 2322.12 = 1741.59 \text{ kN}$$

4.7.3.3.7 Kuat Las yang Tersedia Pada Clamp

Kekuatan las nominal ditentukan sebagai berikut:

$$R_n = f_w \times A_w$$

$$f_w = 0.70 f_{EXX} = 0.70 \times 490 \text{ MPa} = 343 \text{ MPa}$$

Di sini panjang las yang efektif, l , sama dengan panjang pelat buhul, di kedua sisi batang. Karenanya:

$$w = 15 \text{ mm}$$

$$l = 1200 \text{ mm}$$

$$A_w = l \frac{w}{\sqrt{2}} = 1200 \times \frac{15}{\sqrt{2}} = 12857.14 \text{ mm}^2$$

$$R_n = 343 \times 12857.14 = 4410000 \text{ N} = 4410 \text{ kN}$$

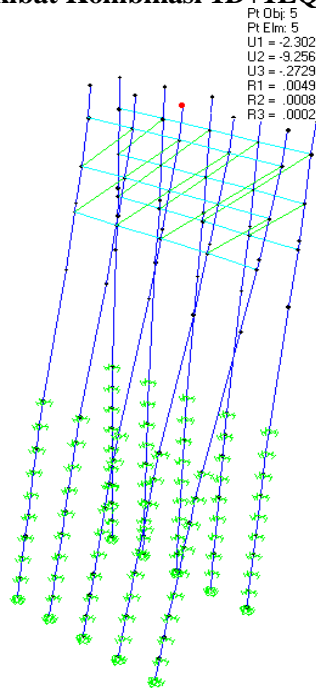
$$\phi R_n = 0.8 \times 4410 = 3528 \text{ kN}$$

4.9 Kontrol Pondasi Tiang Pancang dan Pergoyangan Lateral Setelah Diberi Perkuatan

Deformasi Ijin diatas Permukaan Tanah

Deformasi ijin diatas permukaan tanah mengacu pada SNI 1726:2012 pasal 7.12.1 tabel 16 Dimana struktur piled slab ini termasuk semua struktur lainnya kategori IV dengan deformasi ijin $0,010h = 0,01 \times 11 \text{ m} = 0,11 \text{ m} = 11 \text{ cm}$

- Pergoyangan Akibat Kombinasi $1D+1EQX+0.3EQY$



Gambar 4. 64 Pergoyangan Akibat Kombinasi $1D+1EQX+0.3EQY$

Deformasi diatas permukaan tanah arah X:
 Deformasi terjadi < 11cm

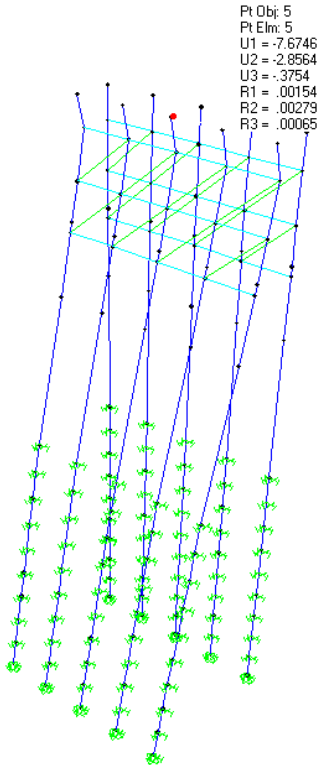
2.30 cm < 11 cm **(Memenuhi)**

Deformasi diatas permukaan tanah arah Y:

Deformasi terjadi < 11 cm

9.25cm < 11 cm **(Memenuhi)**

- Pergoyangan Akibat Kombinasi 1D+1EQY+0.3EQX**



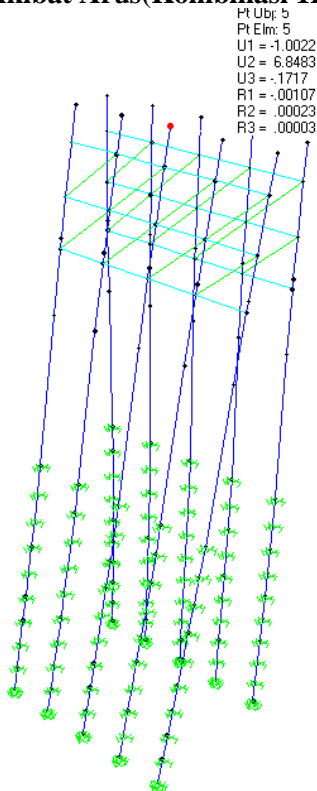
Gambar 4. 65 Pergoyangan Akibat Kombinasi 1D+1EQY+0.3EQX

Deformasi diatas permukaan tanah arah X:

Deformasi terjadi < 11cm
 7.67 cm < 11 cm **(Memenuhi)**

Deformasi diatas permukaan tanah arah Y:
 Deformasi terjadi < 11 cm
 2.85 cm < 11 cm **(Memenuhi)**

• **Pergoyangan Akibat Arus(Kombinasi 1D+1L+1EU)**



Gambar 4. 66 Pergoyangan Akibat Arus Kombinasi (1D+1L+1EU)

Deformasi diatas permukaan tanah arah X:

Deformasi terjadi < 11cm

1.00 cm < 11 cm

(Memenuhi)

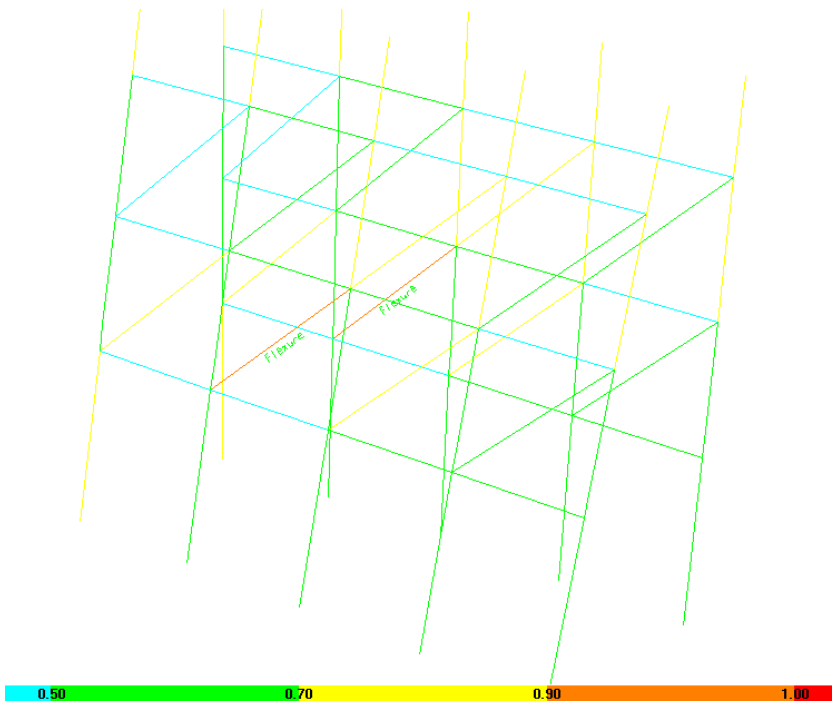
Deformasi diatas permukaan tanah arah Y:

Deformasi terjadi < 11 cm

6.84 cm < 11 cm

(Memenuhi)

Karena kontrol pergoyangan lateral telah memenuhi deformasi ijin, maka kemudian di cek kapasitas rasio tiang pancang



Gambar 4. 67 Kapasitas Rasio *Bracing*

Tabel 4. 15 Kapasitas Rasio Bracing

TABLE: Steel Design 1 - Summary Data - AISC-LRFD99				
Frame	DesignSect	Ratio	RatioType	Combo
Text	Text	Unitless	Text	Text
342	Baja 190.7	0.4581	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
343	Baja 190.7	0.546	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
344	Baja 190.7	0.3786	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
345	Baja 190.7	0.0772	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
346	Baja 190.7	0.4633	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
347	Baja 190.7	0.5138	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
348	Baja 190.7	0.5089	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
349	Baja 190.7	0.4201	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
350	Baja 190.7	0.0968	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
351	Baja 190.7	0.4377	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
352	Baja 190.7	0.6262	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
353	Baja 190.7	0.6068	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
452	Baja 190.7	0.0772	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
453	Baja 190.7	0.3787	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
454	Baja 190.7	0.5461	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
455	Baja 190.7	0.4582	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
456	Baja 190.7	0.4202	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
457	Baja 190.7	0.509	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
458	Baja 190.7	0.5139	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
459	Baja 190.7	0.4634	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
460	Baja 190.7	0.607	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
461	Baja 190.7	0.6263	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
462	Baja 190.7	0.4378	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
463	Baja 190.7	0.0969	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
354	Baja 216.3	0.6046	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
355	Baja 216.3	0.8975	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
356	Baja 216.3	0.6558	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
357	Baja 216.3	0.7441	PMM	1D+1EQx+0.3EQy

358	Baja 216.3	0.9613	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
359	Baja 216.3	0.6751	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
360	Baja 216.3	0.8436	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
361	Baja 216.3	0.3791	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
464	Baja 216.3	0.6047	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
465	Baja 216.3	0.656	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
466	Baja 216.3	0.7442	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
467	Baja 216.3	0.8977	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
468	Baja 216.3	0.6752	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
469	Baja 216.3	0.9615	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
470	Baja 216.3	0.3791	PMM	1D+1EQx+0.3EQy
471	Baja 216.3	0.8438	PMM	1D+1EQx+0.3EQy

BAB V

TAHAPAN PELAKSANAAN

5.1 Alat-Alat Yang Digunakan

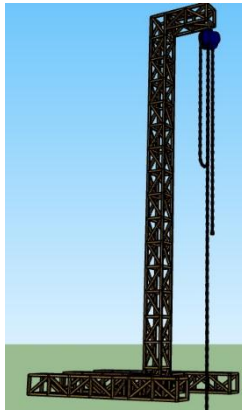
Alat-alat yang digunakan untuk pelaksanaan perkuatan adalah *scaffolding*, *chain block*, tiang *chain block*, Truk, Gerobak Sorong, cangkul, bor magnet tipe *rotary*, mesin stemper dan alat-alat las.



Gambar 5. 1 Scaffolding



Gambar 5. 2 Chain block



Gambar 5. 3 *Tiang chain block*



Gambar 5. 4 *Cangkul*



Gambar 5. 5 *Truk*



Gambar 5. 6 Gerobak Sorong



Gambar 5. 7 Mesin Stemper



Gambar 5. 8 Bur Baut



Gambar 5. 9 Alat-alat las dan pabrikasi

5.2 Pabrikasi Baja

1. Proses pabrikasi *bracing* baja sesuai dengan gambar kerja.



Gambar 5. 10 Pabrikasi Baja

2. Pengecatan anti korosi pada lapisan permukaan baja.



Gambar 5. 11 Pengecatan Anti Korosi

5.3 Tahapan Pelaksanaan Di Lapangan

1. Pembersihan lapangan



Gambar 5. 12 Pembersihan Lapangan

2. Pengurugan dan pemadatan tanah untuk area kerja



Gambar 5. 13 Pengurugan dan pemadatan tanah untuk area kerja

3. Pemasangan alat-alat kerja



Gambar 5. 14 Pemasangan alat-alat kerja

4. Pengangkatan profil *bracing*



Gambar 5. 15 Pengangkatan profil *bracing*

5. Pengukuran jarak as *bracing* pada pilar
6. Pemasangan klem baja ke dua sisi



Gambar 5. 16 Pemasangan klem baja ke dua sisi

7. Pemasangan batang horizontal



Gambar 5. 17 Pemasangan batang horizontal

8. Pemasangan batang diagonal



Gambar 5. 18 Pemasangan batang diagonal

9. Pembongkaran alat-alat kerja



Gambar 5. 19 Pembongkaran alat-alat kerja

10. Finishing



Gambar 5. 20 Finishing

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI
PERHITUNGAN RAB PERKUATAN BRACING

6.1 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Tabel 6. 1 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

No.	URAIAN KEGIATAN	Koef.	SATUAN	HARGA SATUAN	HARGA
1	Pembersihan 1 m2 Lapangan dan Perataan <u>Upah:</u> Mandor Pekerja	0	OH	95,000	Rp 285.000
				0.06	OH
				Jumlah:	Rp 4,785.000
				Nilai HSPK	Rp 4,785.000
2	Pengurangan Sirtu (PADAT) <u>Upah:</u> Mandor Pekerja <u>Bahan:</u> Sirtu <u>Sewa Peralatan:</u> sorong+cangkul Sewa Stemper Sewa Dump Truk 5 Ton	0	OH	95,000	Rp 285.000
				0.06	OH
		1.2	m3	110,000	Rp 132,000.000
		0.01	Jam	15,000	Rp 132.000
				0.01	Jam
		0.09	Jam	70,000	Rp 6,160.000
				Nilai HSPK	Rp 144,071.400
3	Pekerjaan Besi & Baja Pekerjaan Pemasangan Besi Profil <u>Upah:</u> Mandor	0.01	OH	95,000	Rp 570.000

	Tukang	0.01	OH	90,000	Rp 540.000
	Pekerja	0.01	OH	75,000	Rp 450.000
	Bahan:			Jumlah:	Rp 1,560.000
	BajaProfil	1.15	kg	15,000	Rp 17,250.000
				Jumlah:	Rp 17,250.000
				Nilai HSPK	Rp 18,810.000
4	Pekerjaan Pengelasan dengan las listrik		cm'		
	Upah:				
	Mandor	0.01	OH	95,000	Rp 570.000
	Tukang Las	0.01	OH	85,000	Rp 510.000
	Konstruksi	0.01	OH	75,000	Rp 450.000
	Pekerja			Jumlah:	Rp 1,530.000
	Bahan:				
	Electrode Las	0.04	kg	Rp 59,000.00	Rp 2,360.000
	Solar	0.03	liter	Rp 5,850.00	Rp 175.500
	Minyak Pelumas	0	liter	Rp 27,100.00	Rp 108.400
				Jumlah:	Rp 2,643.900
				Nilai HSPK	Rp 4,173.900
5	Pekerjaan Pemasangan Baut Mur Baja		bh		
	Upah:				
	Mandor	0	OH	95,000	Rp 285.000
	Tukang	0.01	OH	90,000	Rp 540.000
	Pekerja	0.06	OH	75,000	Rp 4,500.000
				Jumlah:	Rp 5,325.000
	Bahan:				
	Baut	1.05	bh	Rp 2,400.00	Rp 2,520.000
				Jumlah:	Rp 2,520.000
				Nilai HSPK	Rp 7,845.000
6	Pengecatan Besi		m2		
	Upah:				
	Mandor	0.02	OH	95,000	Rp 1,915.200
	Tukang	0.2	OH	90,000	Rp 18,161.100

	Pekerja	0.02	OH	75,000	Rp 1,514.250
	<u>Bahan:</u>			Jumlah:	Rp 21,590.550
	Cat Besi	0.1	kg	Rp 74,860.00	Rp 7,486.000
	Kuas 4 inchi	0.01	bh	Rp 34,743.00	Rp 347.430
				Jumlah:	Rp 7,833.430
				Nilai HSPK	Rp 29,423.980
7	Sewa Scaffolding Set MF190		m'		
	<u>Alat:</u>				
	Scaffolding Set MF190 (t=1.9, P=1.8, L=1.2)	0.56	set	Rp 35,000.00	Rp 19,600.000
	Catwalk	0.56	set	Rp 29,000.00	Rp 16,240.000
				Jumlah:	Rp 35,840.000
				Nilai HSPK	Rp 35,840.000

6.2 Rencana Anggaran Biaya

Tabel 6. 2 Rencana Anggaran Biaya

No	URAIAN KEGIATAN	VOLUME	SATUAN	HARGA SATUAN	JUMLAH
A1	Pekerjaan Persiapan dan Urugan Tanah				
1	Pembersihan Lokasi	66	m2	Rp 4,785	Rp 315,810
2	Urugan Tanah	330	m3	Rp 144,071	Rp 47,543,562
				Jumlah:	Rp 47,859,372
B1	Struktur Rangka Baja Perkuatan Balok				
1	Pekerjaan Pabrikasi Bracing baja	5560	kg	Rp 22,984	Rp 127,787,685
2	Pemasangan Pelat Baja Tebal 15 mm	3624	kg	Rp 18,810	Rp 68,168,023
3	Pemasangan Profil PSB Ø 216.3 (Tebal 8mm)	934	kg	Rp 18,810	Rp 17,563,409
4	Pemasangan Profil PSB Ø 190.7 (Tebal 7mm)	1002	kg	Rp 18,810	Rp 18,849,877
5	Pengecatan Bracing Baja	41	m2	Rp 29,424	Rp 1,214,540
6	Sewa Chain Block	1	m/bulan	Rp 5,250,000	Rp 5,250,000
7	Sewa Scaffolding Set MF190	18	m/bulan	Rp 35,840	Rp 645,120
				Jumlah:	Rp 239,478,653
				Jumlah Total :	Rp 287,338,025

Terbilang: “Dua Ratus Delapan Puluh Tujuh Juta Tiga Ratus Tiga Puluh Delapan Ribu Rupiah”

BAB VII PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

Deformasi atas Jembatanan Taap kondisi existing pada saat terjadi banjir sebesar:

Deformasi terjadi < Deformasi ijin
1,15 cm > 11 cm **(Memenuhi)**

Deformasi diatas permukaan tanah arah Y:

Deformasi terjadi < Deformasi ijin
27,00 cm > 11 cm **(Tidak Memenuhi)**

Deformasi atas Jembatanan Taap setelah di *bracing* pada saat terjadi banjir sebesar:

Deformasi diatas permukaan tanah arah X:

Deformasi terjadi < Deformasi ijin
1.00 cm < 11 cm **(Memenuhi)**

Deformasi diatas permukaan tanah arah Y:

Deformasi terjadi < Deformasi ijin
6.84 cm < 11 cm **(Memenuhi)**

Perencanaan bracing yang mendukung struktur pilar ini menggunakan baja profil sebagai berikut :

❖ Bracing Diagonal:

- Mutu baja = BJ-37
- Profil PSB = Ø 216.3 mm t = 8mm
- Jumlah baut = 4 buah

❖ Bracing Horisontal:

- Mutu baja = BJ-37
- Profil PSB = Ø 190.7 mm t = 7mm
- Jumlah baut = 2 buah

❖ Clamp 1:

- Mutu baja = BJ-37
- Tebal pelat = 15 mm

- Jumlah baut Clam = 3 buah kanan kiri
- ❖ Clamp 2:
 - Mutu baja = BJ-37
 - Tebal pelat = 15 mm
 - Jumlah baut Clam = 4 buah kanan kiri
- ❖ Clamp 3:
 - Mutu baja = BJ-37
 - Tebal pelat = 15 mm
 - Jumlah baut Clam = 5 buah kanan kiri

Biaya total yang diperlukan untuk perkuatan *bracing* sebesar:
Rp. 287.338.000

7.2 Saran

Penulisan Tugas Akhir ini masih belum dikatakan sempurna karena masih banyak kekurangan-kekurangan di dalamnya. Saran dari penulis untuk menyempurnakan Tugas Akhir berikutnya adalah :

1. Diperlukan data real kecepatan arus existing pada sungai yang akan ditinjau, karena kecepatan arus di lapangan lebih besar dibandingkan ketentuan pada SNI Pembebanan Jembatan (SNI 1725-2016)
2. Diperlukan pembahasan lebih lanjut tentang *scour hole*, dikarenakan setiap tahun bisa saja terjadi penambahan gerusan pada *scour hole* di sekitar bagian bawah pilar .
3. Diperlukan pembahasan lebih lanjut tentang alternatif perkuatan dengan cor beton pada *scour hole*.
4. Diperlukan pengamatan lebih lanjut terhadap perilaku gerusan arus pada penampang sungai di sekitar jembatan.

DAFTAR PUSTAKA

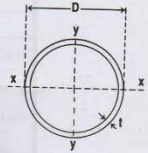
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). *Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa (SNI 2833-2016)*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2016). *Pembebanan Jembatan (SNI 1725-2016)*.
- Badan Standarisasi Nasional. (2002). *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)*.
- SNI 1729-2015, Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
- AISC 360-16, 2016. *Spesification for Structural Steel Buildings*. Chicago: American Institute of Steel Construction.
- Suyono Sasrodarsono, Kazuto Nakazawa. (2000). *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Cetakan Ketujuh*. Jakarta: Pradnya Paramita.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran 2 : Brosur Baja

CIRCULAR HOLLOW SECTIONS



DIMENSIONS, WEIGHTS AND SECTIONAL PROPERTIES OF CARBON STEEL TUBES FOR GENERAL STRUCTURAL PURPOSES

Outside diameter (mm)	Wall thickness (mm)	Weight (kg/m)	Sectional area (cm ²)	Moment of inertia (cm ⁴)	Section modulus (cm ³)	Radius of gyration (cm)
21.7	2.0	0.972	1.238	0.607	0.560	0.700
27.2	2.0	1.24	1.583	1.26	0.930	0.890
	2.3	1.41	1.799	1.41	1.03	0.880
34.0	2.3	1.80	2.291	2.89	1.70	1.12
	2.8	2.29	2.919	5.97	2.80	1.43
42.7	2.3	2.29	2.919	5.97	2.80	1.43
	2.8	2.76	3.510	7.02	3.29	1.41
48.6	2.3	2.63	3.345	8.99	3.70	1.64
	2.8	3.16	4.029	10.6	4.36	1.62
	3.2	3.58	4.564	11.8	4.86	1.61
60.5	2.3	3.30	4.205	17.8	5.90	2.06
	3.2	4.52	5.760	23.7	7.84	2.03
	4.0	5.57	7.100	28.5	9.41	2.00
76.3	2.8	5.08	6.465	43.7	11.5	2.60
	3.2	5.77	7.349	49.2	12.9	2.59
	4.0	7.13	9.085	59.5	15.6	2.56
89.1	2.8	5.96	7.591	70.7	15.9	3.05
	3.2	6.78	8.636	79.8	17.9	3.04
	4.0	8.39	10.69	97.0	21.8	3.01
101.6	3.2	7.76	9.892	120	23.6	3.48
	4.0	9.63	12.26	146	28.8	3.45
	5.0	11.9	15.17	177	34.9	3.42
114.3	3.2	8.77	11.17	172	30.2	3.93
	3.6	9.83	12.52	192	33.6	3.92
	4.5	12.2	15.52	234	41.0	3.89
	5.6	15.0	19.12	283	49.6	3.85
139.8	3.6	12.1	15.40	357	51.1	4.82
	4.0	13.4	17.07	394	56.3	4.80
	4.5	15.0	19.13	438	62.7	4.79
	6.0	19.8	25.22	566	80.9	4.74
165.2	4.5	17.8	22.72	734	88.9	5.68
	5.0	19.8	25.16	808	97.8	5.67
	6.0	23.6	30.01	952	115	5.63
	7.0	27.3	34.79	109x10	132	5.60
190.7	4.5	20.7	26.32	114x10	120	6.59
	5.0	22.9	29.17	126x10	132	6.57
	6.0	27.3	34.82	149x10	156	6.53
	7.0	31.7	40.40	171x10	179	6.50
216.3	4.5	23.5	29.94	168x10	155	7.49
	6.0	31.1	39.64	219x10	203	7.44
	7.0	36.1	46.03	252x10	233	7.40
	8.0	41.1	52.35	284x10	263	7.37
267.4	6.0	38.7	49.27	421x10	315	9.24
	7.0	45.0	57.27	486x10	363	9.21
	8.0	51.2	65.19	549x10	411	9.18
	9.0	57.4	73.06	611x10	457	9.14
318.5	6.0	46.2	58.90	719x10	452	11.1
	7.0	53.8	68.50	831x10	522	11.0
	8.0	61.3	78.04	941x10	591	11.0
	9.0	68.7	87.51	105x10 ²	659	10.9

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis bernama **Nur Huda** atau sering dipanggil Noor Huda Nabhan, Dilahirkan di Ponorogo, 30 April 1996, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDN Sragi Sukorejo Ponorogo, SMP 1 Maarif Ponorogo, dan SMKN 1 Jenangan Ponorogo. Setelah lulus dari SMKN 1 Jenangan Ponorogo tahun 2015, Penulis melanjutkan pendidikan kuliah dan diterima di Diploma III Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS pada tahun 2015. Setelah lulus penulis melanjutkan jenjang kuliahnya di lintas jalur Departemen Teknik Infrastruktur Sipil FV-ITS pada tahun 2018 dengan NRP 10111815000038.

Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini penulis mengambil bidang studi bangunan gedung dan transportasi. Selama kuliah penulis sempat aktif di bidang managerial, dan minat bakat, diantaranya: UKM Merpati Putih, Bola Volly ITS Manyar, BEM ITS, Teknokrat muda ITS, dan Ketua Elemen pengkader HMDS ITS 2017.

Selain mengikuti Organisasi penulis juga aktif di pelatihan diantaranya: Lkmm PraTD, LkmmTD, TMO, LK1, LK2 tingkat Nasional.

Prestasi yang pernah diperoleh penulis yaitu juara 1 serta membawa pulang 4 juara kategori Bersama tim Super CT-36 ,di Kompetisi Jembatan Indonesia (KJI-13) kategori Canai Dingin Di Politeknik Negeri Malang 2017. Penulis suka berdiskusi, untuk lebih lanjutnya dapat dihubungi melalui *e-mail* hudakelvino@gmail.com



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181819

PERKUATAN STRUKTUR JEMBATAN TAAP SUMOROTO KABUPATEN PONOROGO DENGAN MENGGUNAKAN *BRACING* BAJA

Disusun Oleh:

NUR HUDA

NRP. 10111815000038

Dosen Pembimbing 1 :

IR. IBNU PUDJI RAHARDJO, MS.

NIP. 19600105 198603 1 003

Dosen Pembimbing 2 :

IR. CHOMAEDHI, CES GEO

NIP. 19550319 198403 1 001

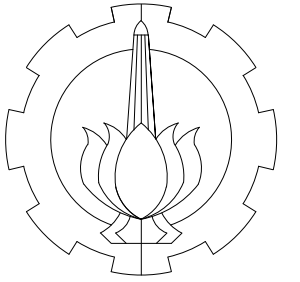
PROGRAM SARJANA TERAPAN

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2019



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

NO.	REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR
JEMBATAN TAAP SUMOROTO
KABUPATEN PONOROGO
DENGAN MENGGUNAAN
BRACING BAJA

JUDUL GAMBAR SKALA

SITE PLAN JEMBATAN	1:1000
-----------------------	--------

MAHASISWA

NUR HUDA
NRP. 10111815000038

DOSEN PEMBIMBING

Ir.Ibnu Pudji Rahardjo,MS
NIP. 196001051986031003

Ir.Chomaedhi,CES.Geo
NIP. 195503191984031001

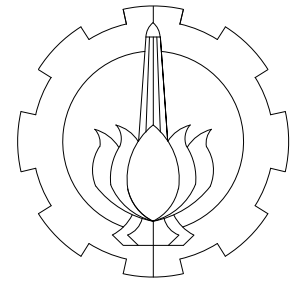
KODE GAMBAR NO GBR JML GBR

-	01	19
---	----	----

NO.	NAMA GAMBAR	KODE GAMBAR	NO. GAMBAR
1	DAFTAR GAMBAR	-	01
2	SITE PLAN JEMBATAN	ARS	02
3	LAY OUT JEMBATAN	ARS	03
4	CROSS SECTION JEMBATAN EXISTING	DTL	04
5	DENAH JEMBATAN	DTL	05
6	GAMBAR PILAR EXISTING	DTL	06
7	GAMBAR PILAR EXISTING	DTL	07
8	GAMBAR PILAR PERKUATAN	DTL	08
9	GAMBAR PILAR PERKUATAN	DTL	09
10	DETAIL A	DTL	10
11	PRESPEKTIF DETAIL A	DTL	11
12	DETAIL B	DTL	12
13	PRESPEKTIF DETAIL B	DTL	13
14	DETAIL C	DTL	14
15	PRESPEKTIF DETAIL C	DTL	15
16	DETAIL BRACING	DTL	16
17	DETAIL BRACING	DTL	17
18	DETAIL BRACING	DTL	18
19	DETAIL BRACING	DTL	19

 **DAFTAR GAMBAR**

PETA LOKASI



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

No	Revisi

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR
JEMBATAN TAAP SUMOROTO
KABUPATEN PONOROGO
DENGAN MENGGUNAAN
BRACING BAJA

JUDUL GAMBAR SKALA

SITE PLAN JEMBATAN	1:1000
-----------------------	--------

MAHASISWA

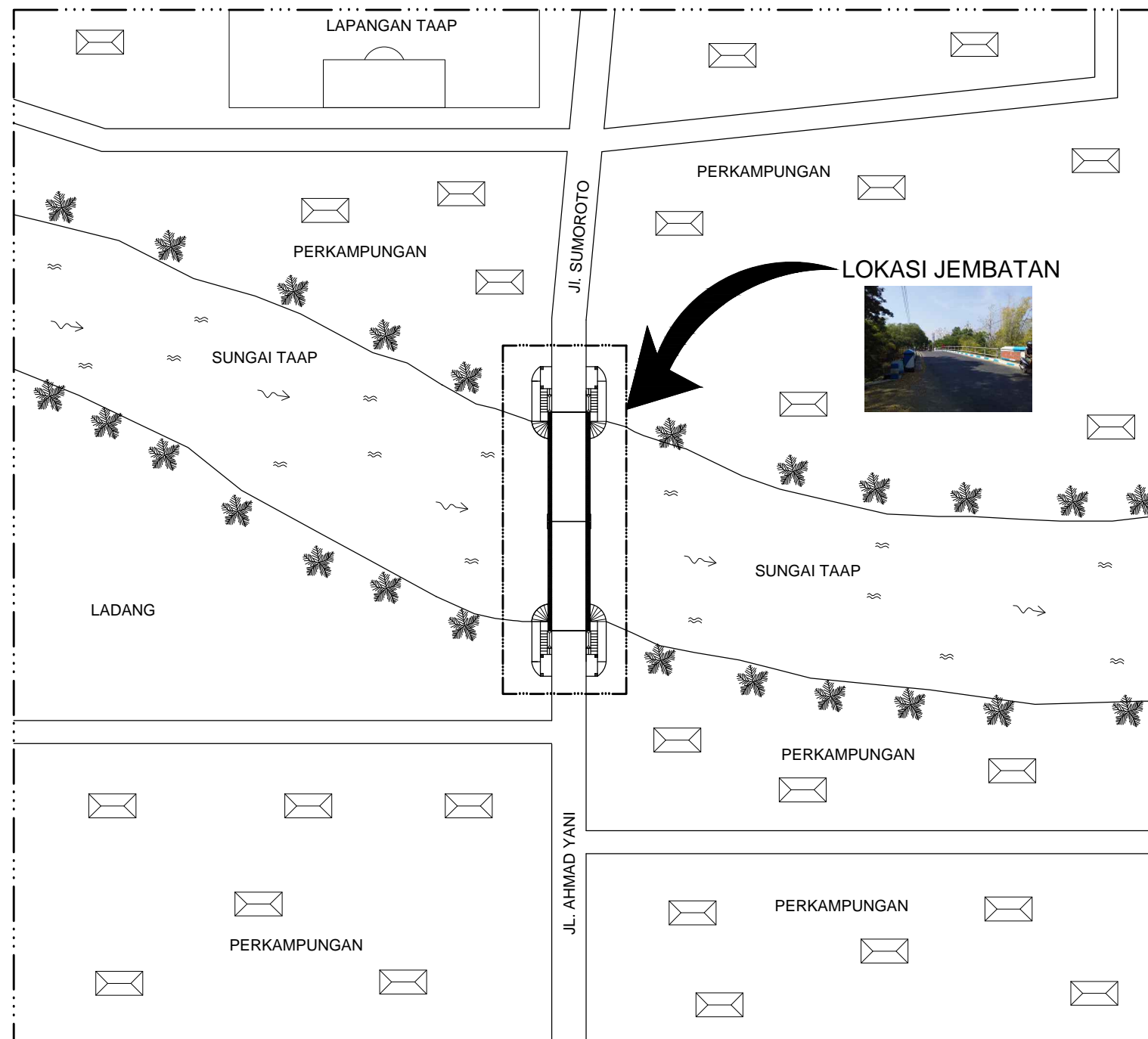
NUR HUDA
NRP. 10111815000038

DOSEN PEMBIMBING

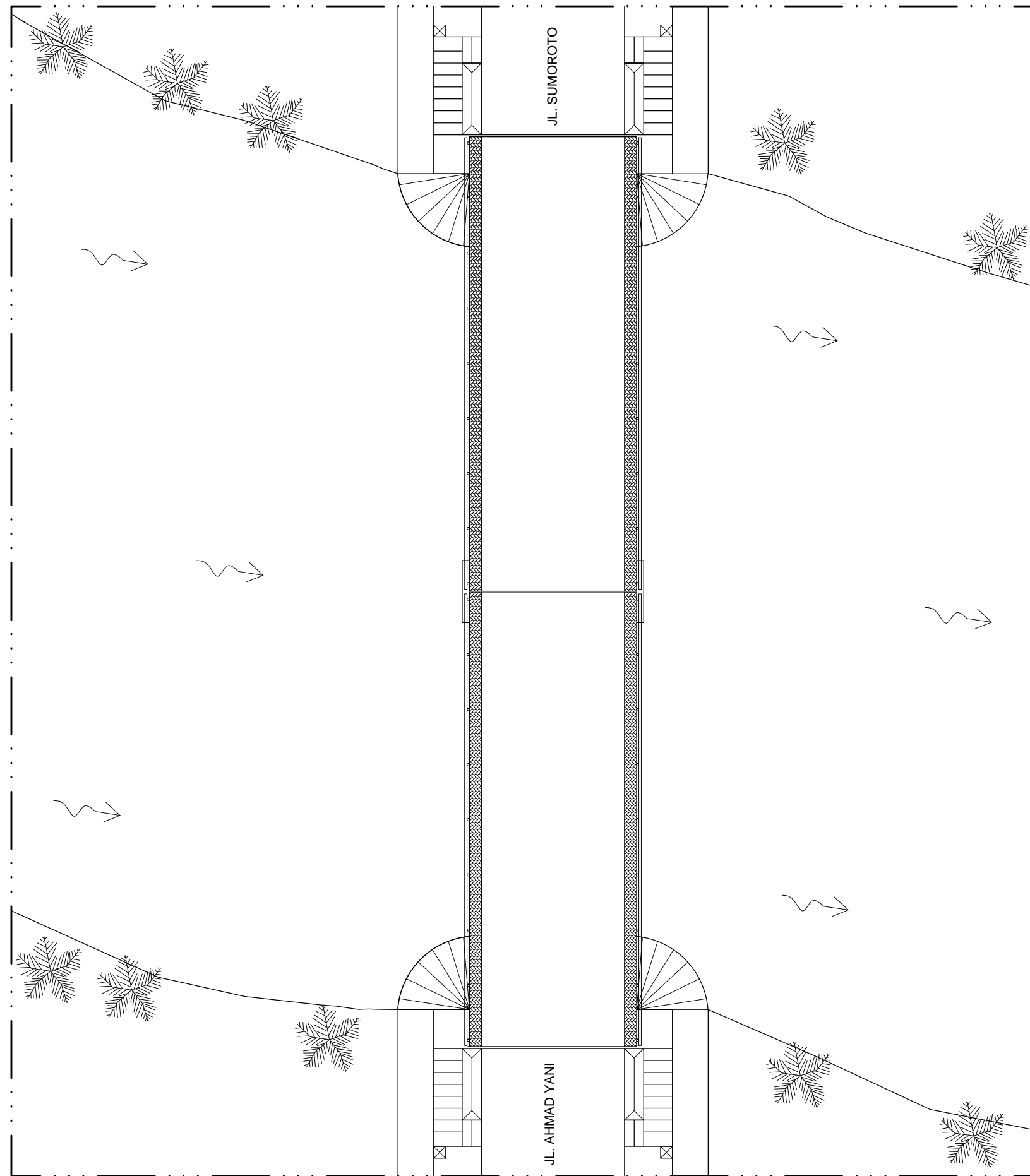
Ir.Ibnu Pudji Rahardjo,MS
NIP. 196001051986031003
Ir.Chomaedhi,CES.Geo
NIP. 195503191984031001

KODE GAMBAR NO GBR JML GBR

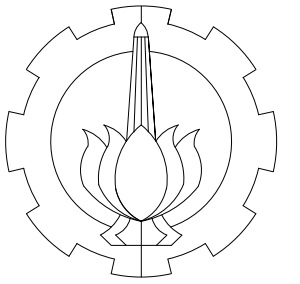
ARS	02	19
-----	----	----



 **SITE PLAN JEMBATAN**
SKALA 1:1000



 **LAY OUT JEMBATAN**
SKALA 1:200



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR
JEMBATAN TAAP SUMOROTO
KABUPATEN PONOROGO
DENGAN MENGGUNAAN
BRACING BAJA

JUDUL GAMBAR SKALA

LAY OUT
JEMBATAN 1:200

MAHASISWA

NUR HUDA
NRP. 10111815000038

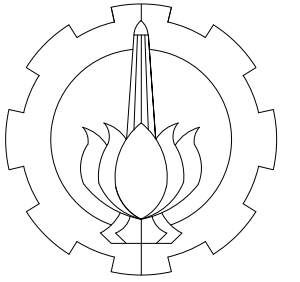
DOSEN PEMBIMBING

Ir.Ibnu Pudji Rahardjo,MS
NIP. 196001051986031003

Ir.Chomaedhi,CES.Geo
NIP. 195503191984031001

KODE GAMBAR NO GBR JML GBR

ARS 03 19



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR
 JEMBATAN TAAP SUMOROTO
 KABUPATEN PONOROGO
 DENGAN MENGGUNAAN
 BRACING BAJA

JUDUL GAMBAR SKALA

CROSS SECTION
 JEMBATAN
 EXISTING 1:200

MAHASISWA

NUR HUDA
 NRP. 10111815000038

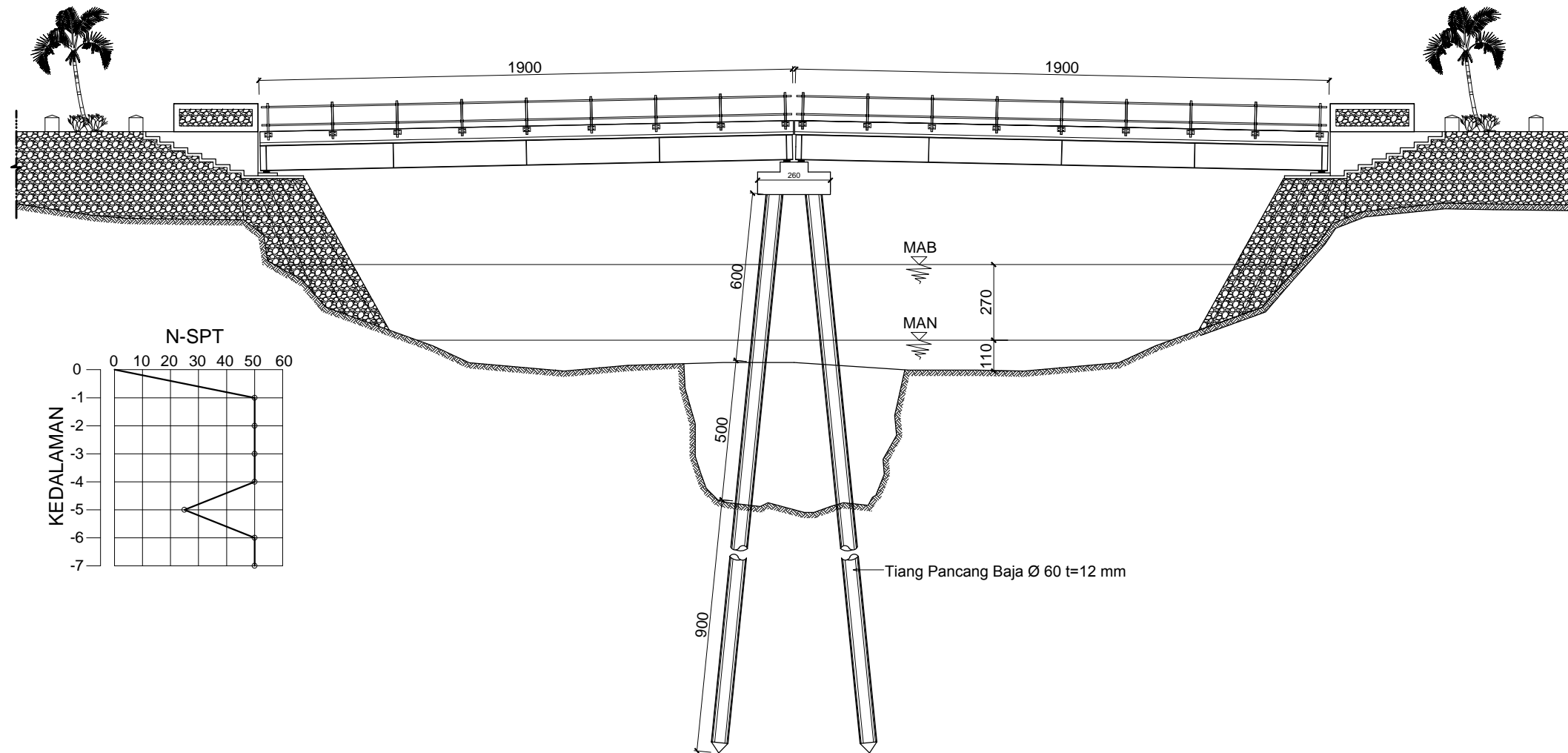
DOSEN PEMBIMBING

Ir.Ibnu Pudji Rahardjo,MS
 NIP. 196001051986031003

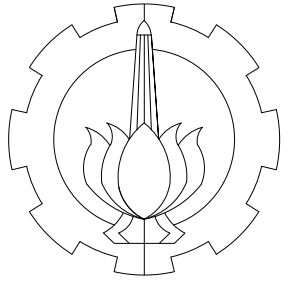
Ir.Chomaedhi,CES.Geo
 NIP. 195503191984031001

KODE GAMBAR NO GBR JML GBR

STR 04 19



CROSS SECTION JEMBATAN EXISTING
 SKALA 1:200



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

No	Uraian

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR
JEMBATAN TAAP SUMOROTO
KABUPATEN PONOROGO
DENGAN MENGGUNAAN
BRACING BAJA

JUDUL GAMBAR SKALA

DENAH JEMBATAN 1:200

MAHASISWA

NUR HUDA
NRP. 10111815000038

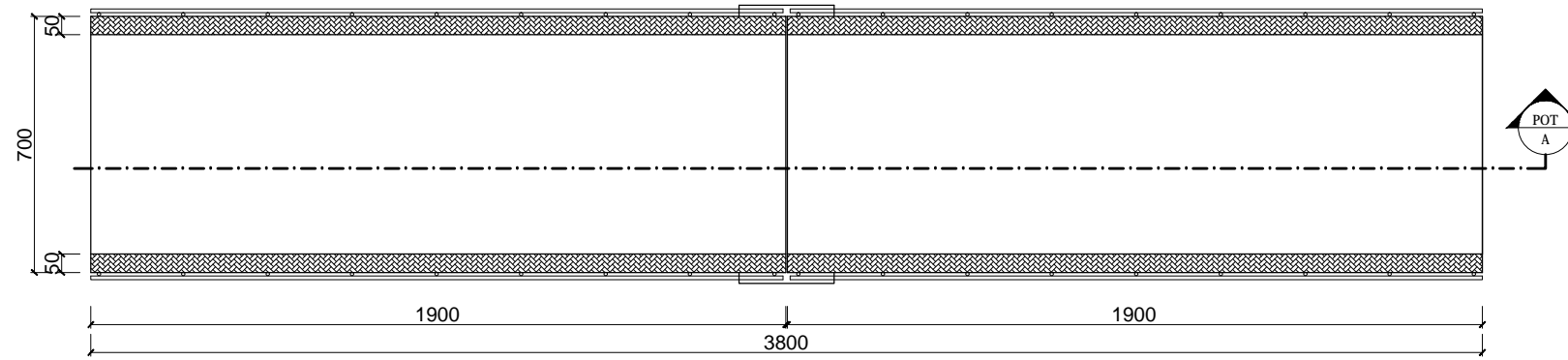
DOSEN PEMBIMBING

Ir.Ibnu Pudji Rahardjo,MS
NIP. 196001051986031003

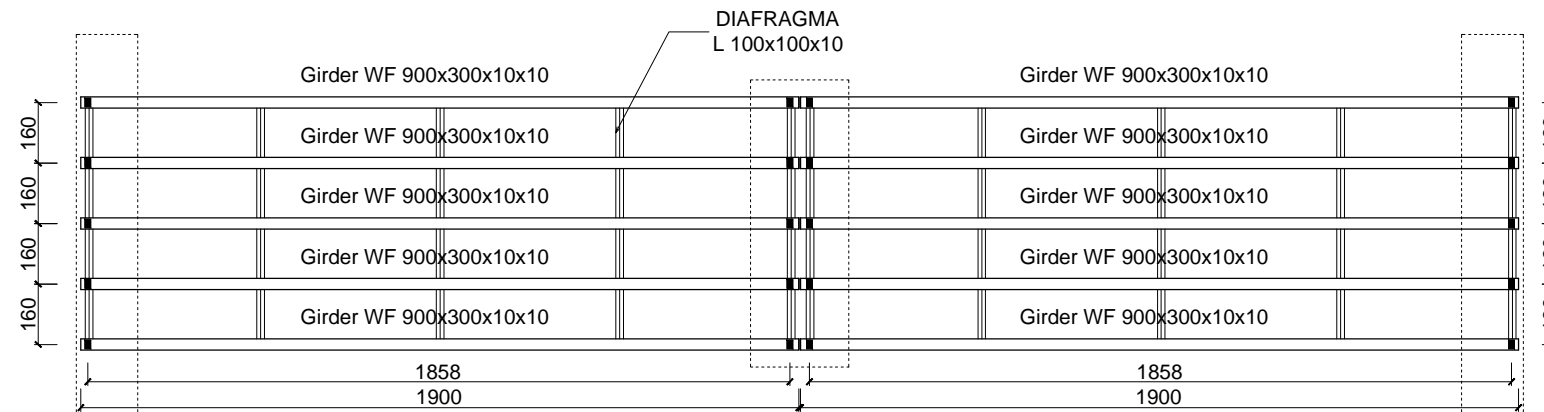
Ir.Chomaedhi,CES.Geo
NIP. 195503191984031001

KODE GAMBAR NO GBR JML GBR

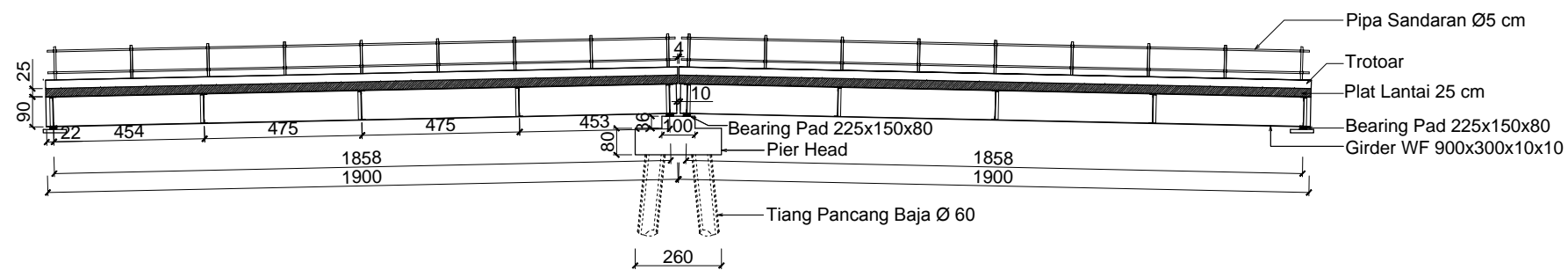
STR 05 19



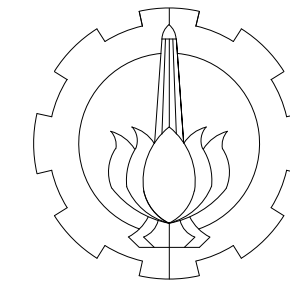
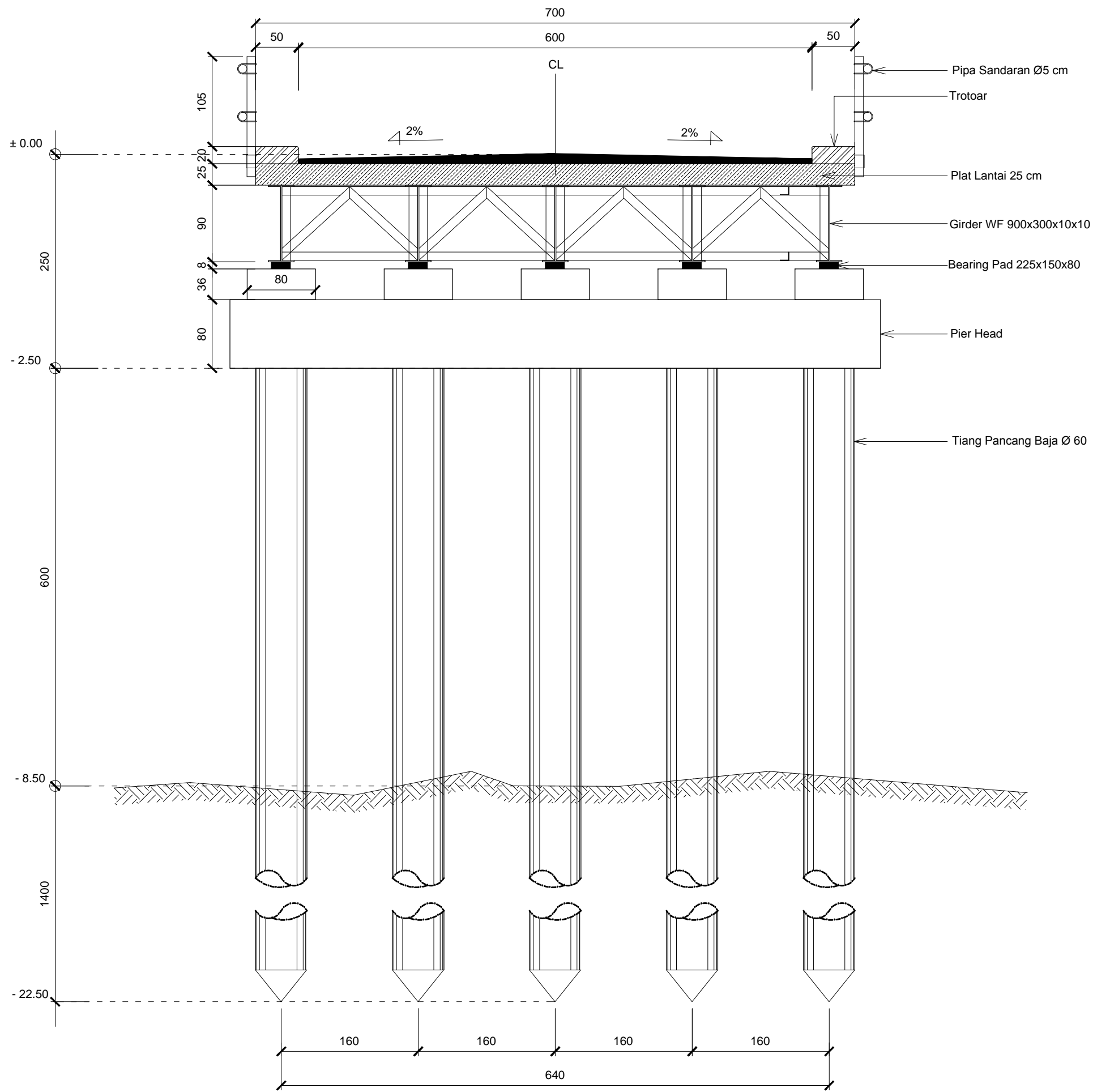
DENAH JEMBATAN
SKALA 1:200



DENAH GIRDER
SKALA 1:200



POTONGAN A
SKALA 1:200



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI	

JUDUL TUGAS AKHIR
 PERKUATAN STRUKTUR
 JEMBATAN TAAP SUMOROTO
 KABUPATEN PONOROGO
 DENGAN MENGGUNAAN
 BRACING BAJA

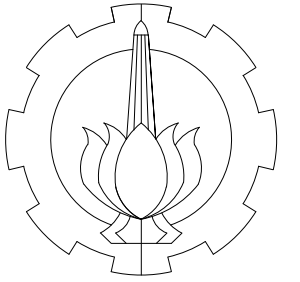
JUDUL GAMBAR	SKALA
GAMBAR PILAR EXISTING	1:50

MAHASISWA
 NUR HUDA
 NRP. 10111815000038

DOSEN PEMBIMBING
 Ir.Ibnu Pudji Rahardjo,MS
 NIP. 196001051986031003
 Ir.Chomaedhi,CES.Geo
 NIP. 195503191984031001

KODE GAMBAR	NO GBR	JML GBR
STR	06	19

GAMBAR PILAR EXISTING
 SKALA 1:50



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR
 JEMBATAN TAAP SUMOROTO
 KABUPATEN PONOROGO
 DENGAN MENGGUNAAN
 BRACING BAJA

JUDUL GAMBAR SKALA

GAMBAR PILAR
 EXISTING 1:50

MAHASISWA

NUR HUDA
 NRP. 10111815000038

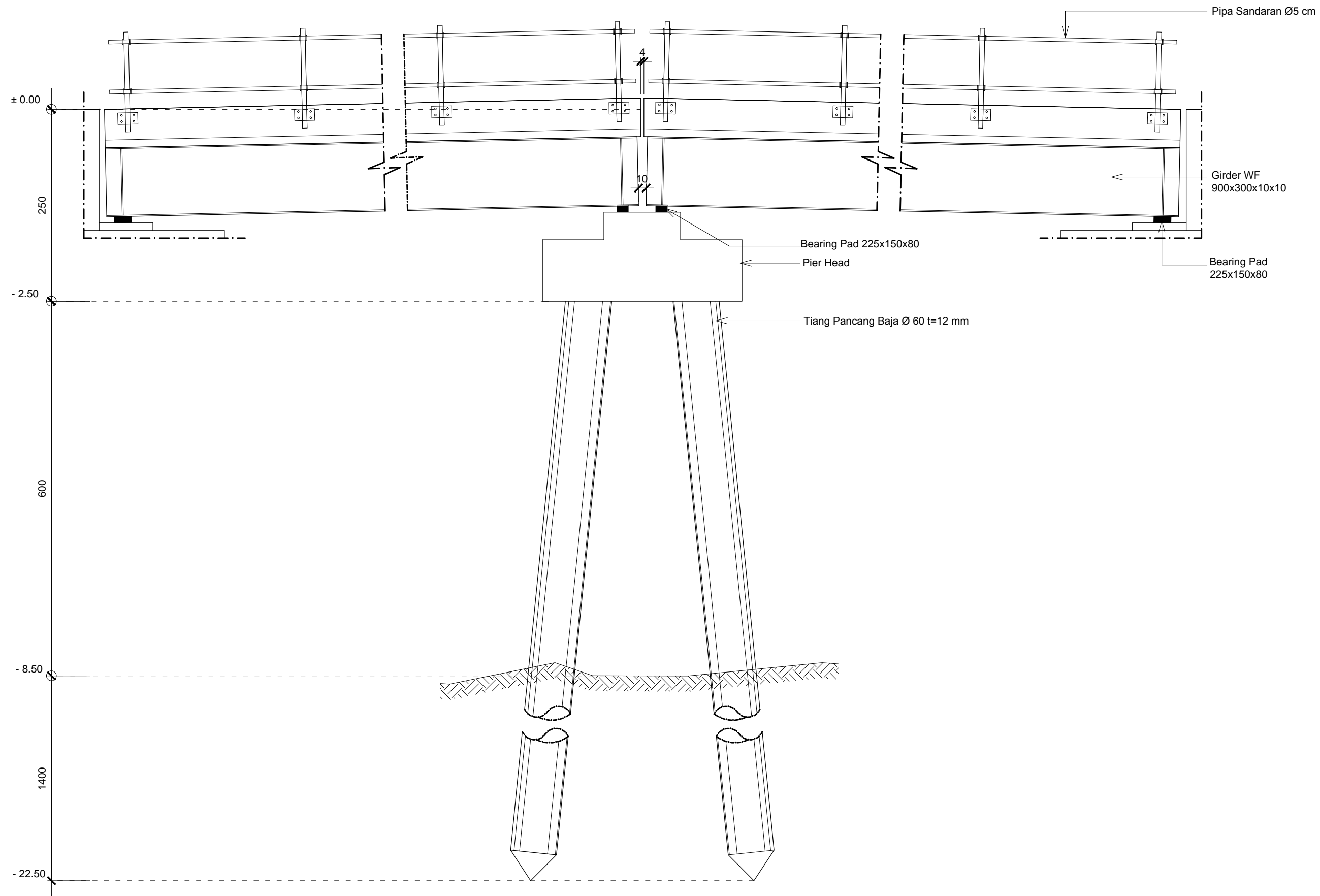
DOSEN PEMBIMBING

Ir.Ibnu Pudji Rahardjo,MS
 NIP. 196001051986031003

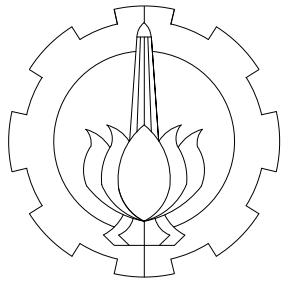
Ir.Chomaedhi,CES.Geo
 NIP. 195503191984031001

KODE GAMBAR NO GBR JML GBR

STR 07 19



GAMBAR PILAR EXISTING
 SKALA 1:50



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR
JEMBATAN TAAP SUMOROTO
KABUPATEN PONOROGO
DENGAN MENGGUNAAN
BRACING BAJA

JUDUL GAMBAR SKALA

GAMBAR PILAR
PERKUATAN 1:50

MAHASISWA

NUR HUDA
NRP. 10111815000038

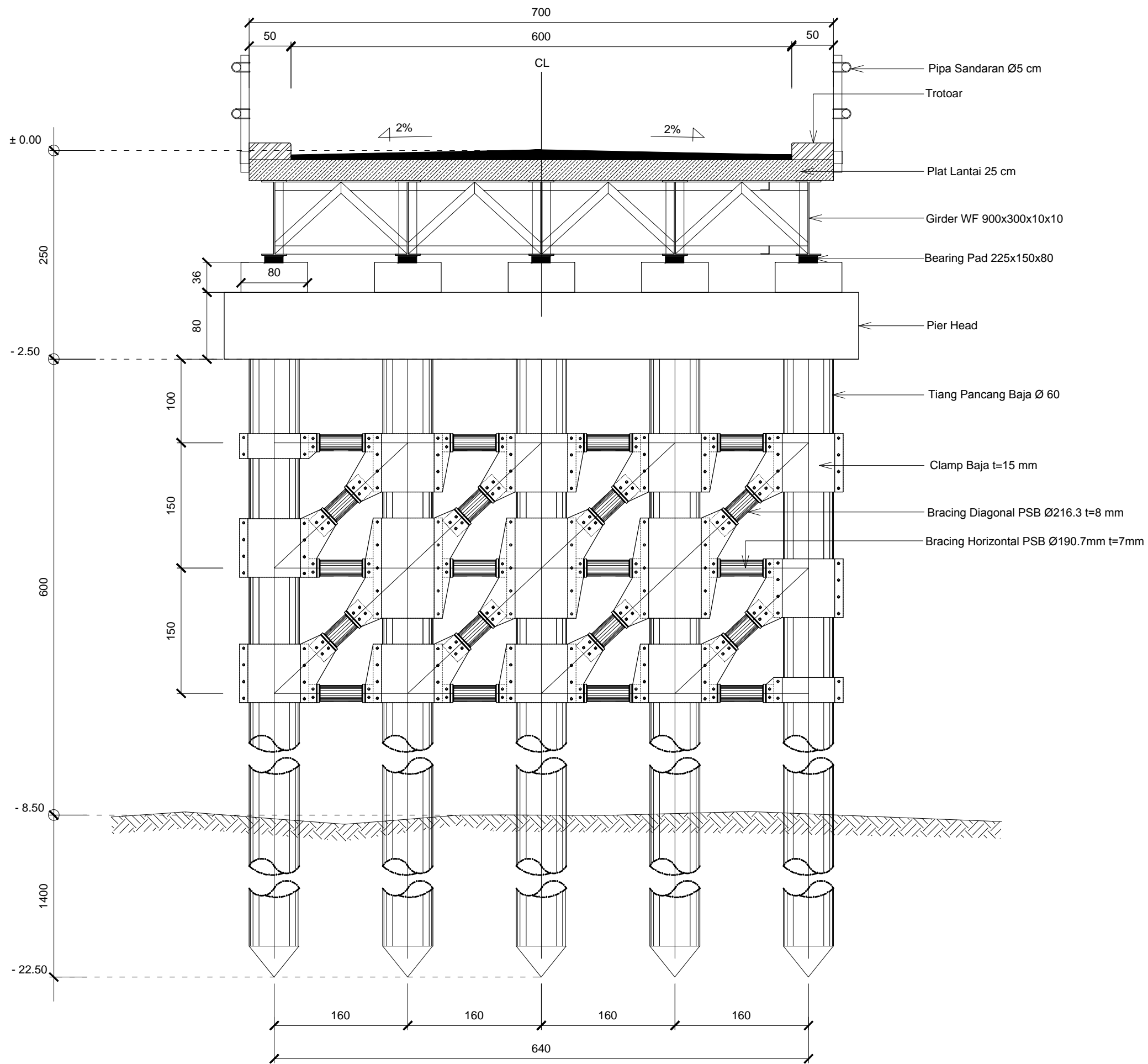
DOSEN PEMBIMBING

Ir.Ibnu Pudji Rahardjo,MS
NIP. 196001051986031003

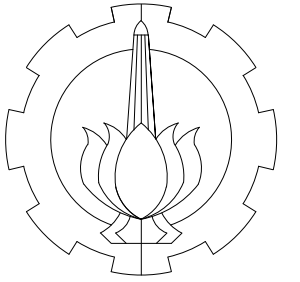
Ir.Chomaedhi,CES.Geo
NIP. 195503191984031001

KODE GAMBAR NO GBR JML GBR

STR 08 19



GAMBAR PILAR PERKUATAN
SKALA 1:50



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR
JEMBATAN TAAP SUMOROTO
KABUPATEN PONOROGO
DENGAN MENGGUNAAN
BRACING BAJA

JUDUL GAMBAR SKALA

GAMBAR PILAR
PERKUATAN 1:50

MAHASISWA

NUR HUDA
NRP. 10111815000038

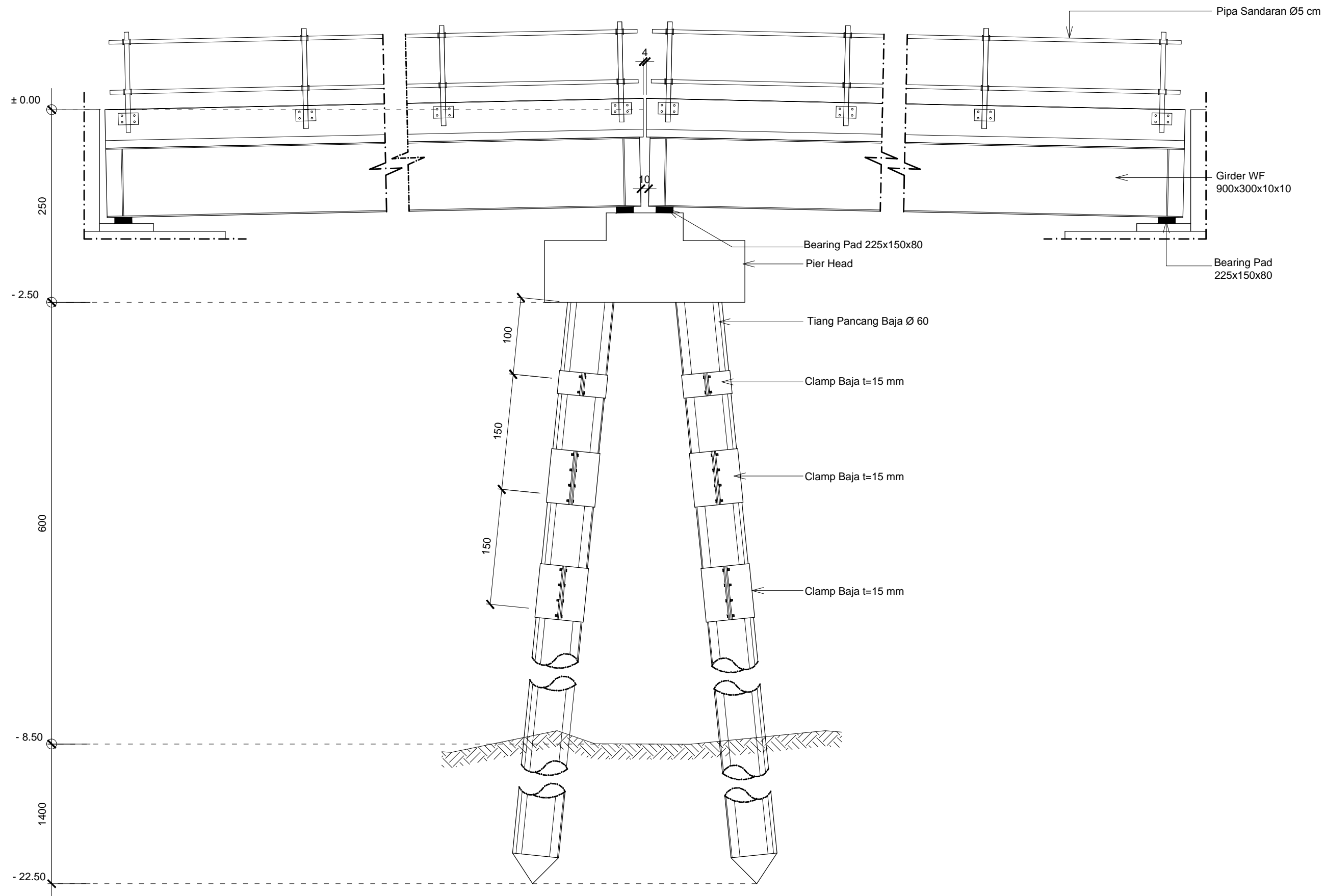
DOSEN PEMBIMBING

Ir.Ibnu Pudji Rahardjo,MS
NIP. 196001051986031003

Ir.Chomaedhi,CES.Geo
NIP. 195503191984031001

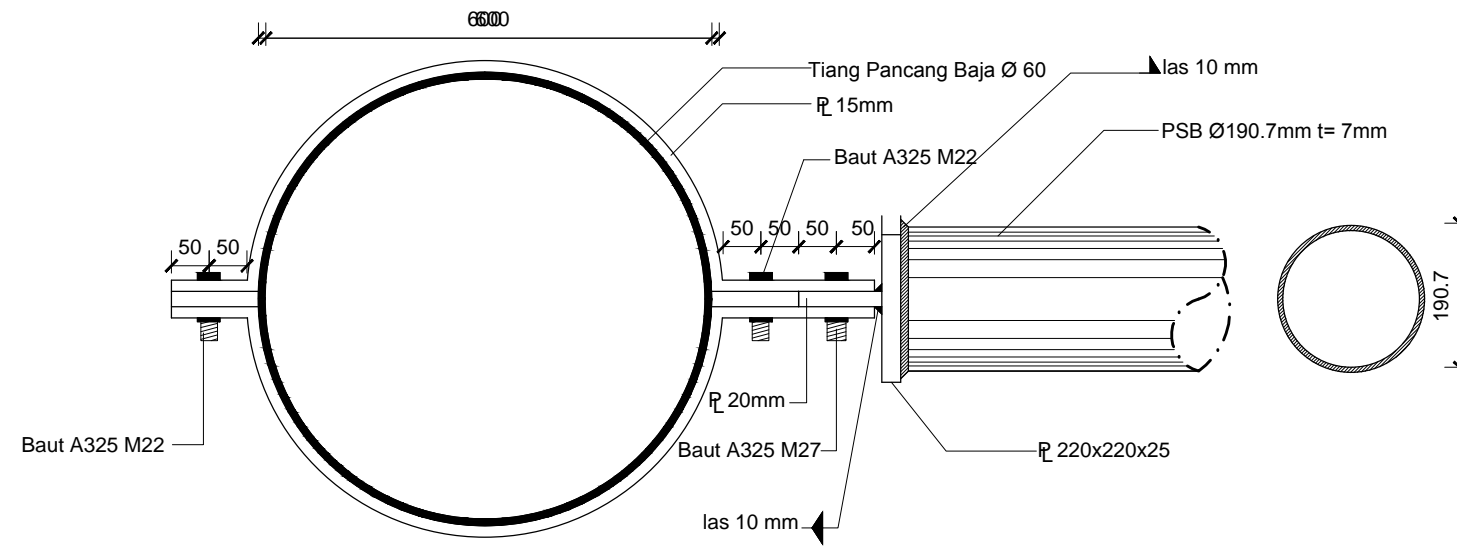
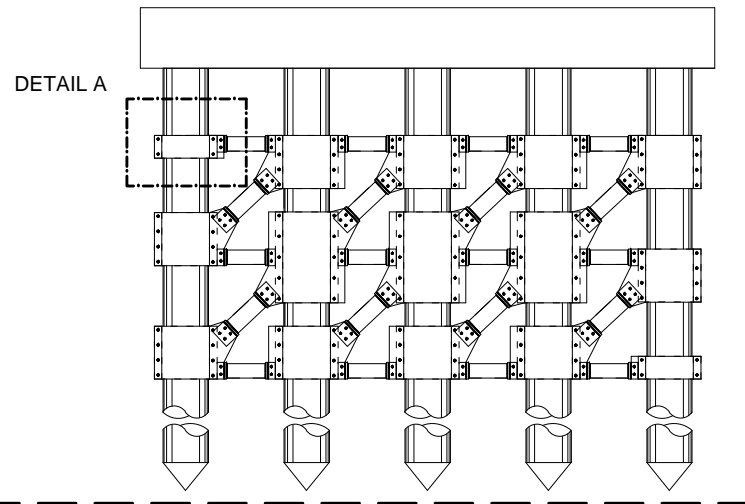
KODE GAMBAR NO GBR JML GBR

STR 09 19

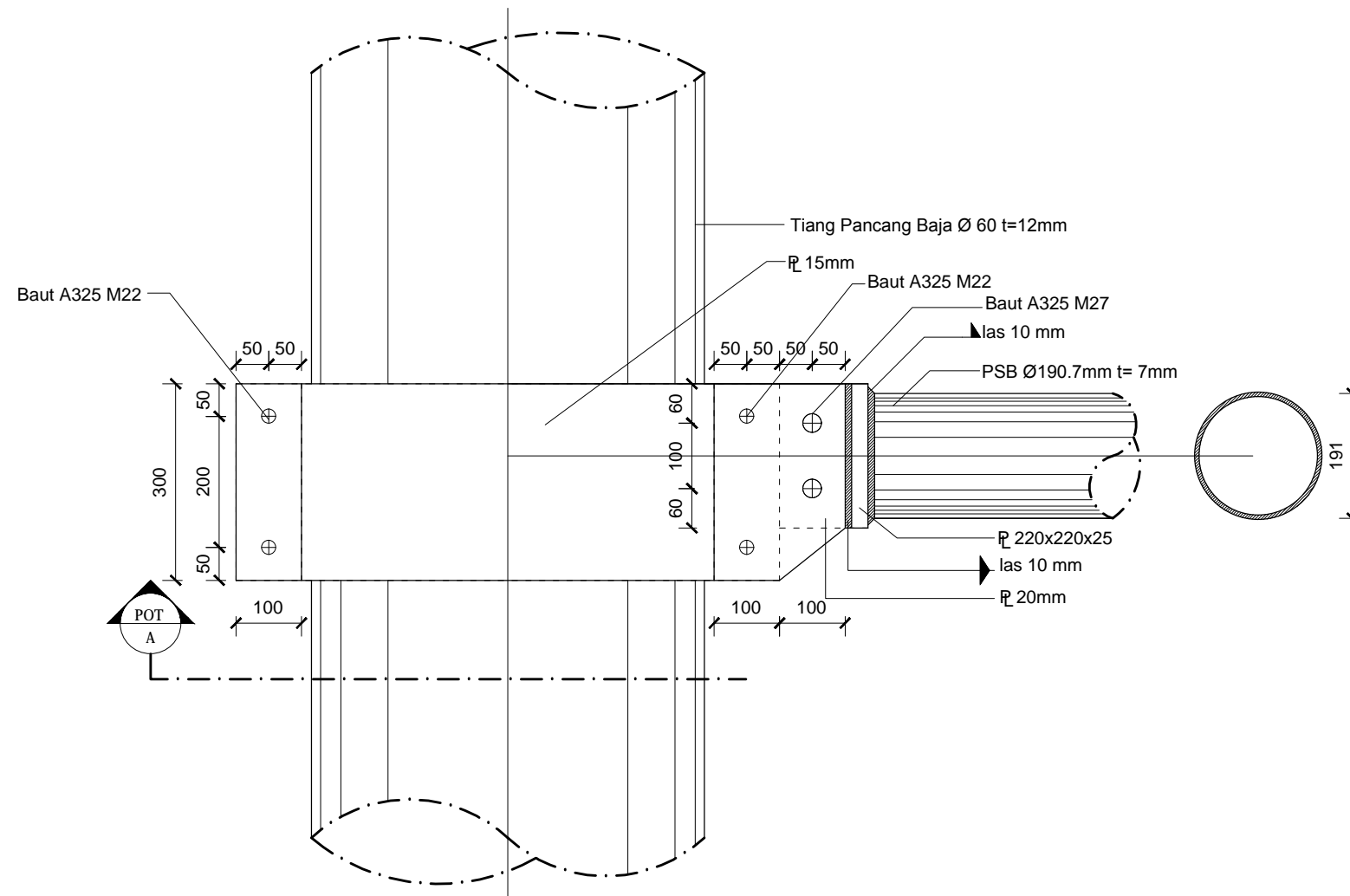


GAMBAR PILAR PERKUATAN
SKALA 1:50

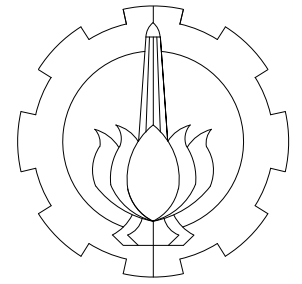
KEY PLAN



POTONGAN A
SKALA 1:10



DETAIL A
SKALA 1:10



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

No	Revisi

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR
JEMBATAN TAAP SUMOROTO
KABUPATEN PONOROGO
DENGAN MENGGUNAAN
BRACING BAJA

JUDUL GAMBAR **SKALA**

DETAIL A 1:10

MAHASISWA

NUR HUDA
NRP. 10111815000038

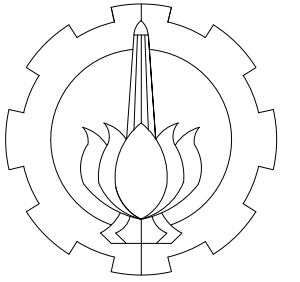
DOSEN PEMBIMBING

Ir.Ibnu Pudji Rahardjo,MS
NIP. 196001051986031003

Ir.Chomaedhi,CES.Geo
NIP. 195503191984031001

KODE GAMBAR **NO GBR** **JML GBR**

STR 10 19



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

No	Revisi

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR
 JEMBATAN TAAP SUMOROTO
 KABUPATEN PONOROGO
 DENGAN MENGGUNAAN
 BRACING BAJA

JUDUL GAMBAR SKALA

DETAIL A NTS

MAHASISWA

NUR HUDA
 NRP. 10111815000038

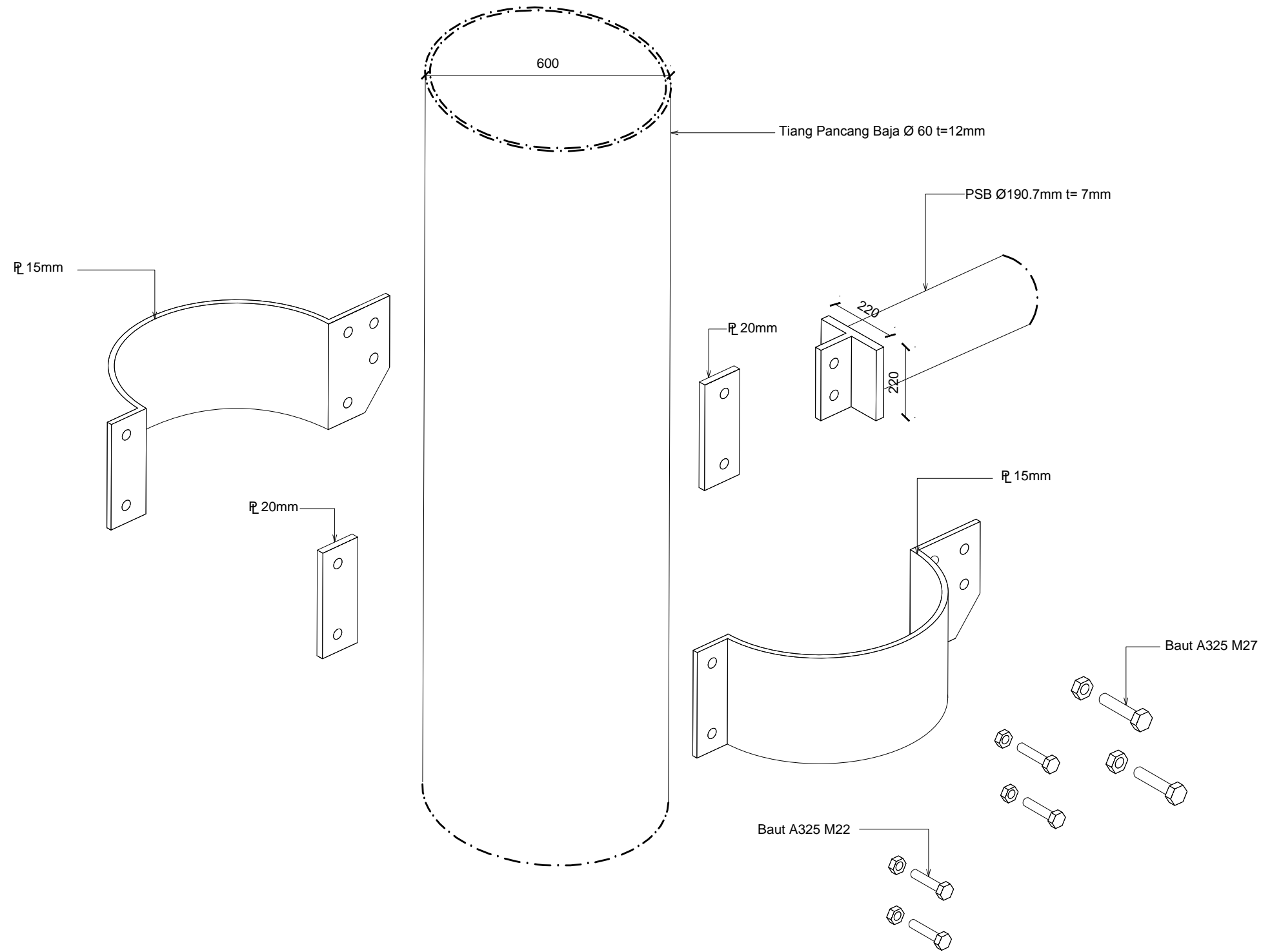
DOSEN PEMBIMBING

Ir.Ibnu Pudji Rahardjo,MS
 NIP. 196001051986031003

Ir.Chomaedhi,CES.Geo
 NIP. 195503191984031001

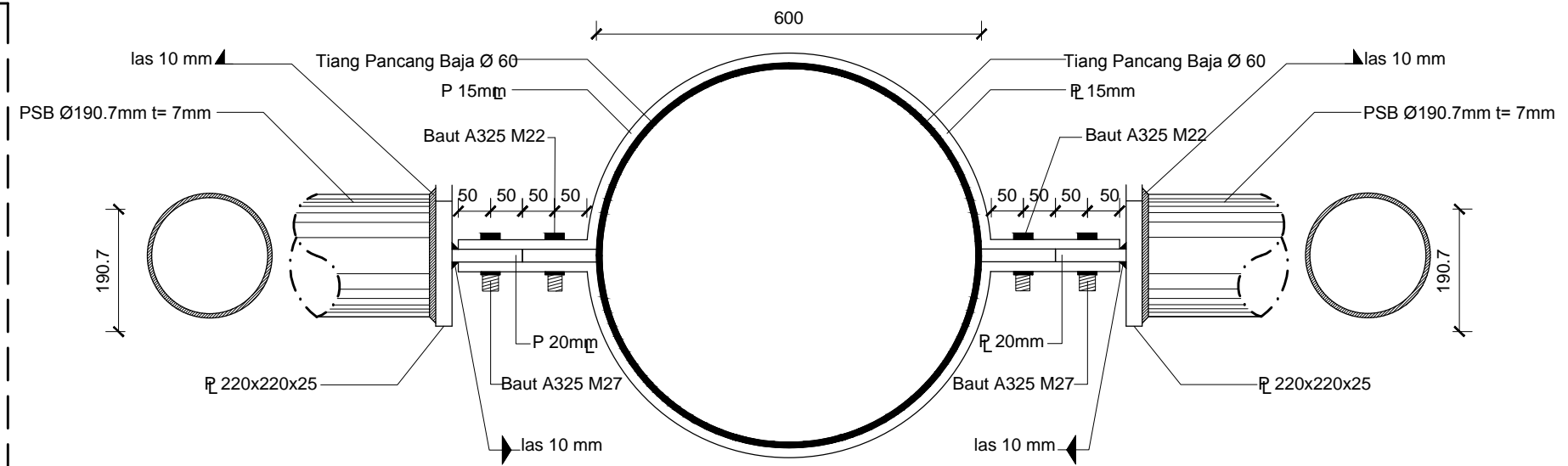
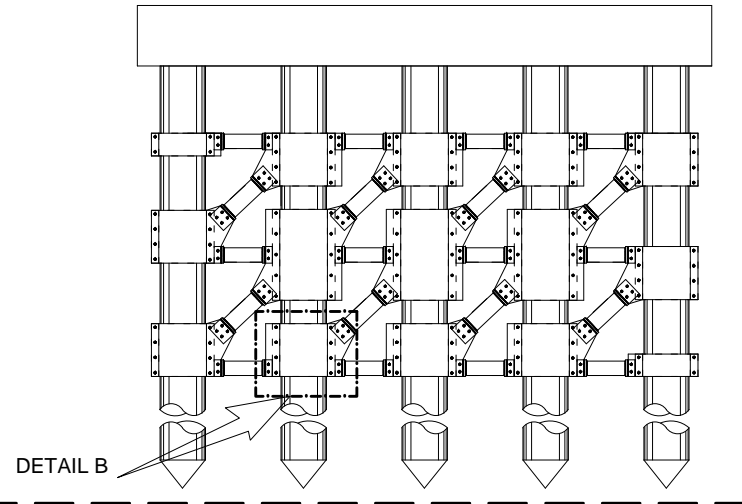
KODE GAMBAR NO GBR JML GBR

STR II 19

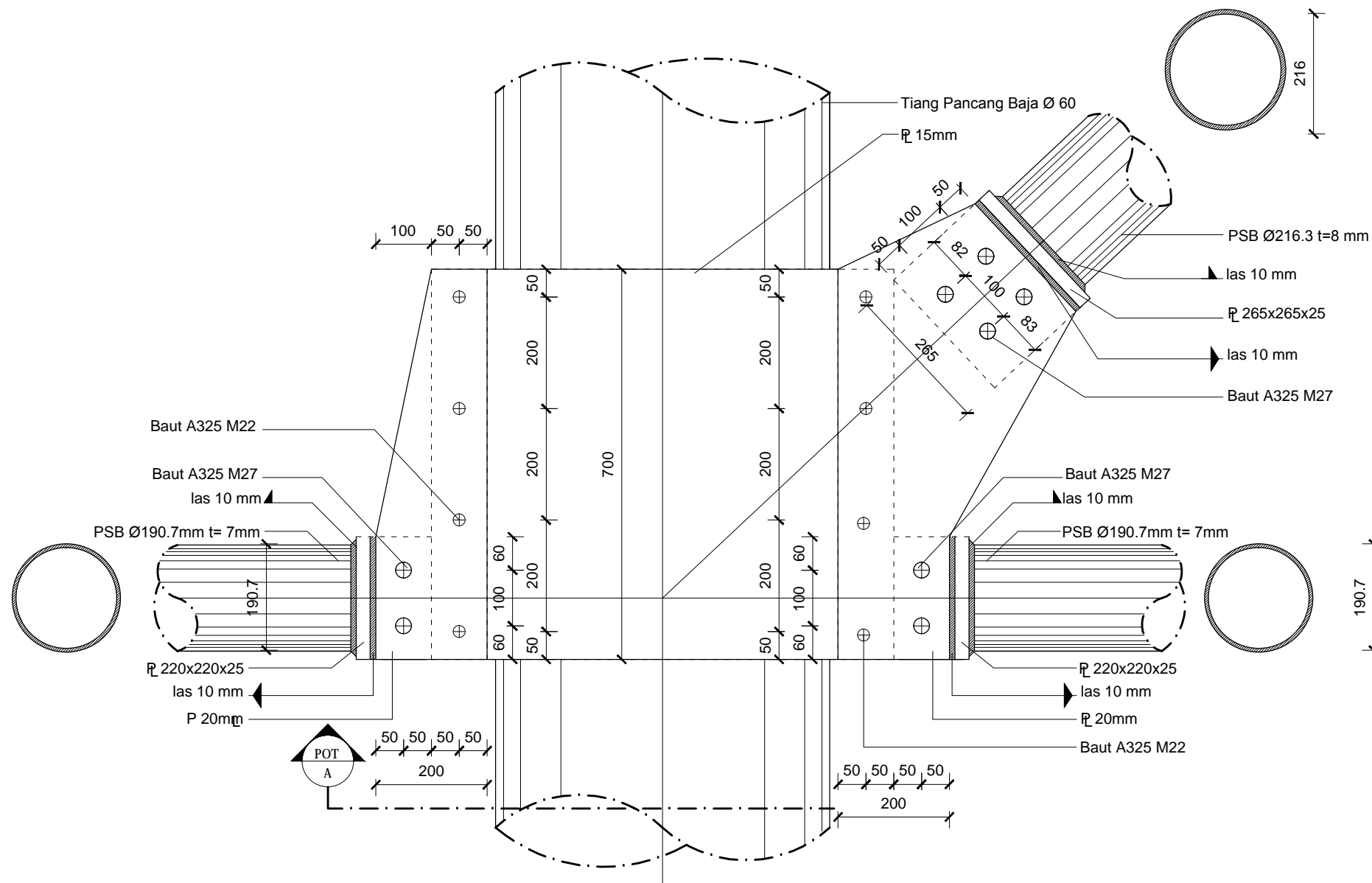


PRESPEKTIF DETAIL A
 SKALA NTS

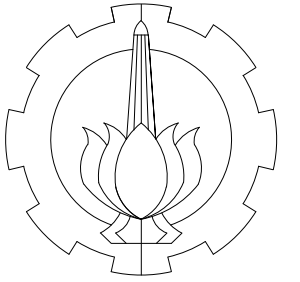
KEY PLAN



POTONGAN A
SKALA 1:10



DETAIL B
SKALA 1:10



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

No	Revisi

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR
JEMBATAN TAAP SUMOROTO
KABUPATEN PONOROGO
DENGAN MENGGUNAAN
BRACING BAJA

JUDUL GAMBAR **SKALA**

DETAIL B 1:10

MAHASISWA

NUR HUDA
NRP. 10111815000038

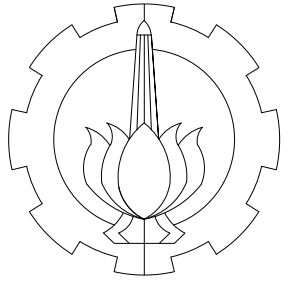
DOSEN PEMBIMBING

Ir.Ibnu Pudji Rahardjo,MS
NIP. 196001051986031003

Ir.Chomaedhi,CES.Geo
NIP. 195503191984031001

KODE GAMBAR **NO GBR** **JML GBR**

STR 12 19



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

No	Revisi

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR
 JEMBATAN TAAP SUMOROTO
 KABUPATEN PONOROGO
 DENGAN MENGGUNAAN
 BRACING BAJA

JUDUL GAMBAR SKALA

DETAIL B NTS

MAHASISWA

NUR HUDA
 NRP. 10111815000038

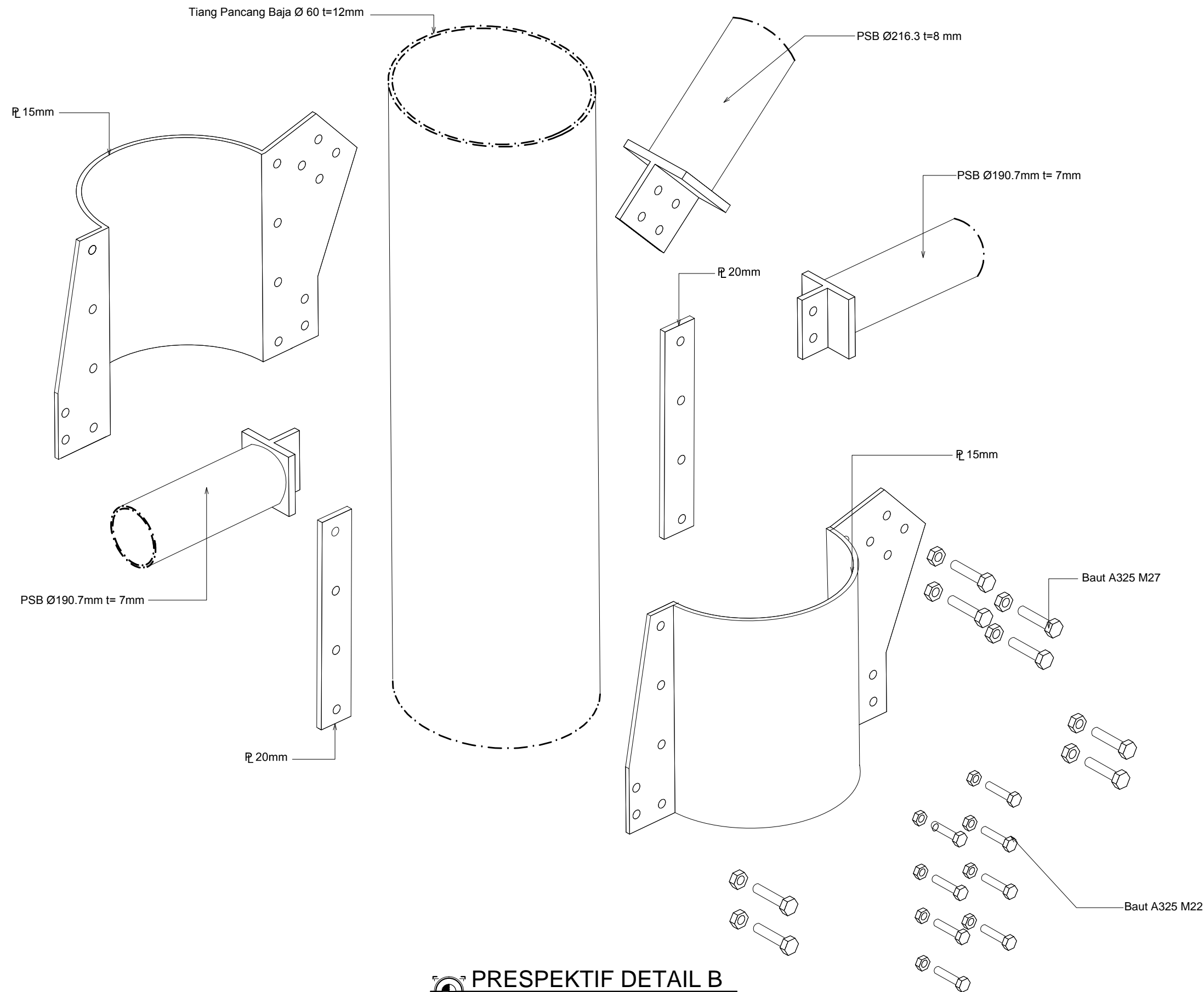
DOSEN PEMBIMBING

Ir.Ibnu Pudji Rahardjo,MS
 NIP. 196001051986031003

Ir.Chomaedhi,CES.Geo
 NIP. 195503191984031001

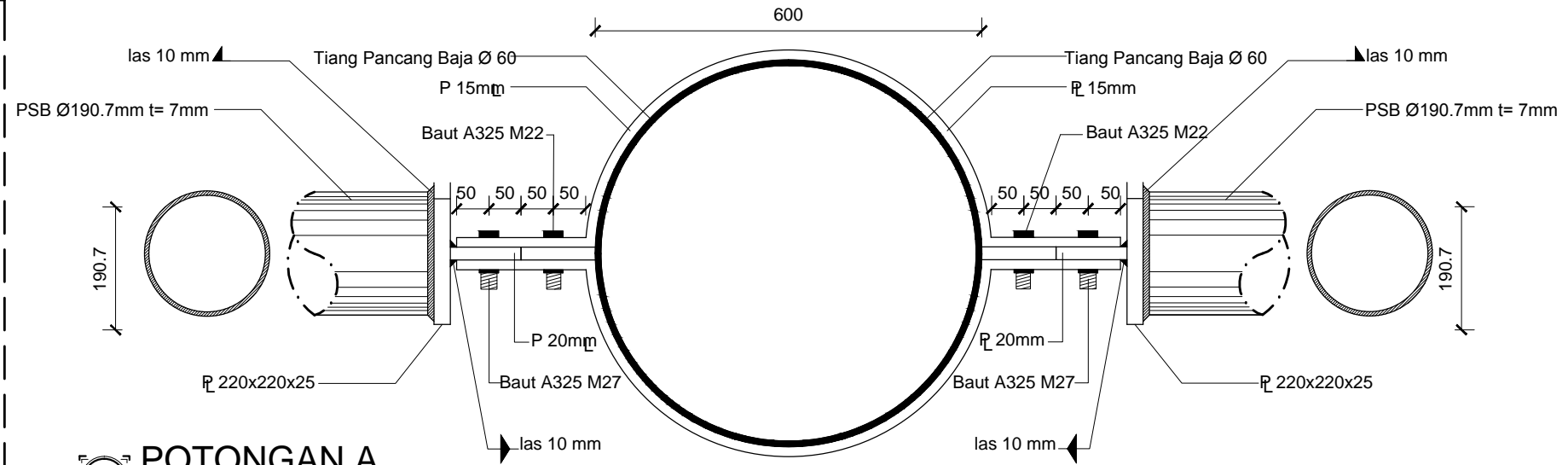
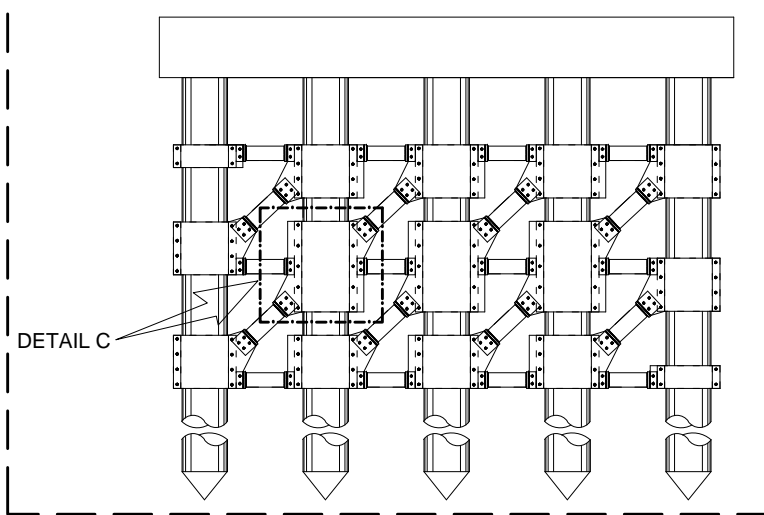
KODE GAMBAR NO GBR JML GBR

STR 13 19

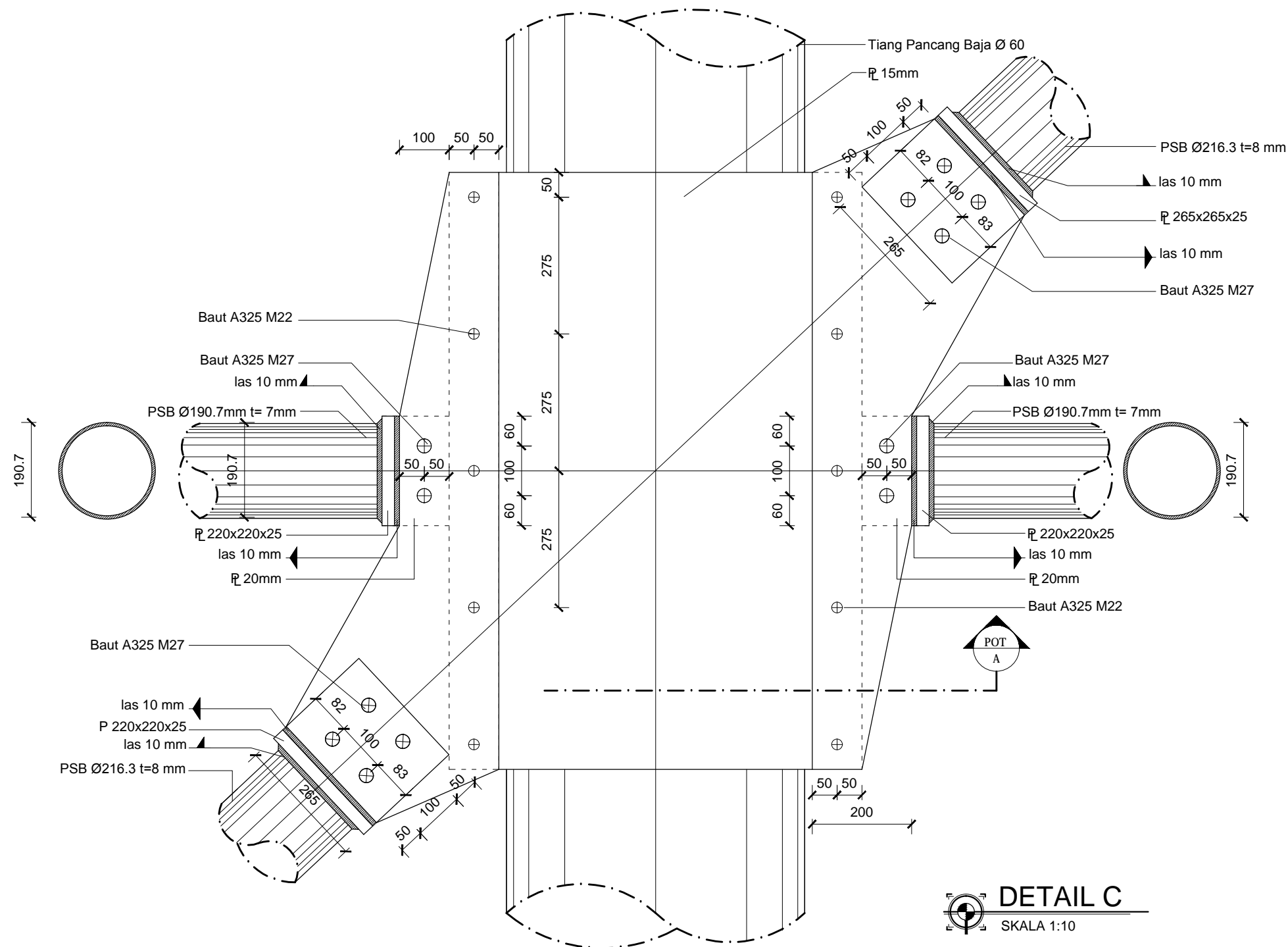


PRESPEKTIF DETAIL B
 SKALA NTS

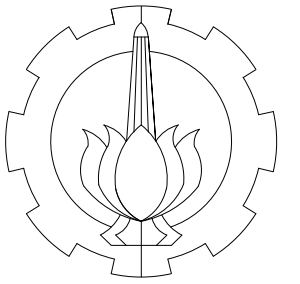
KEY PLAN



POTONGAN A
SKALA 1:10



DETAIL C
SKALA 1:10



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

No	Revisi

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR
JEMBATAN TAAP SUMOROTO
KABUPATEN PONOROGO
DENGAN MENGGUNAAN
BRACING BAJA

JUDUL GAMBAR **SKALA**

DETAIL C 1:10

MAHASISWA

NUR HUDA
NRP. 10111815000038

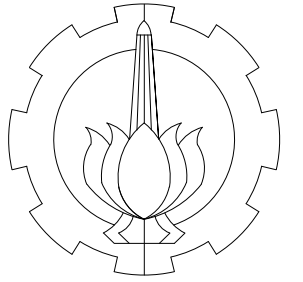
DOSEN PEMBIMBING

Ir.Ibnu Pudji Rahardjo,MS
NIP. 196001051986031003

Ir.Chomaedhi,CES.Geo
NIP. 195503191984031001

KODE GAMBAR **NO GBR** **JML GBR**

STR 14 19



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

No	Uraian

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR
 JEMBATAN TAAP SUMOROTO
 KABUPATEN PONOROGO
 DENGAN MENGGUNAAN
 BRACING BAJA

JUDUL GAMBAR SKALA

DETAIL C NTS

MAHASISWA

NUR HUDA
 NRP. 10111815000038

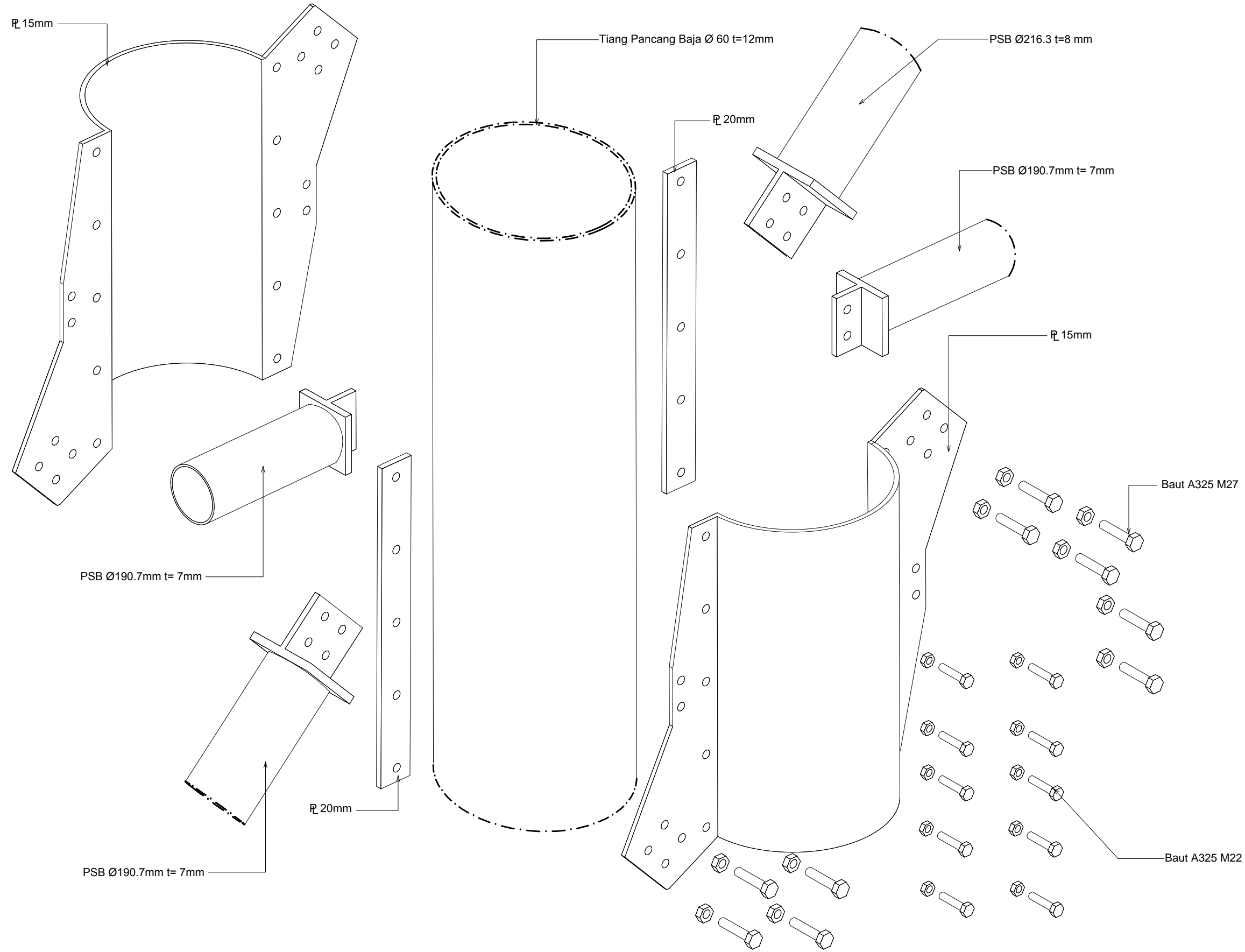
DOSEN PEMBIMBING

Ir.Ibnu Pudji Rahardjo,MS
 NIP. 196001051986031003

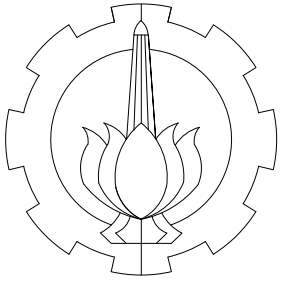
Ir.Chomaedhi,CES.Geo
 NIP. 195503191984031001

KODE GAMBAR NO GBR JML GBR

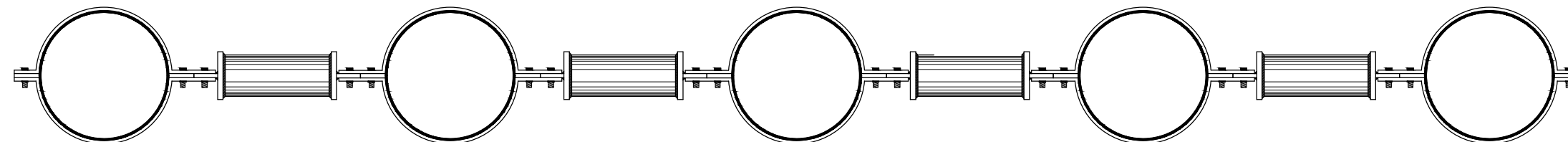
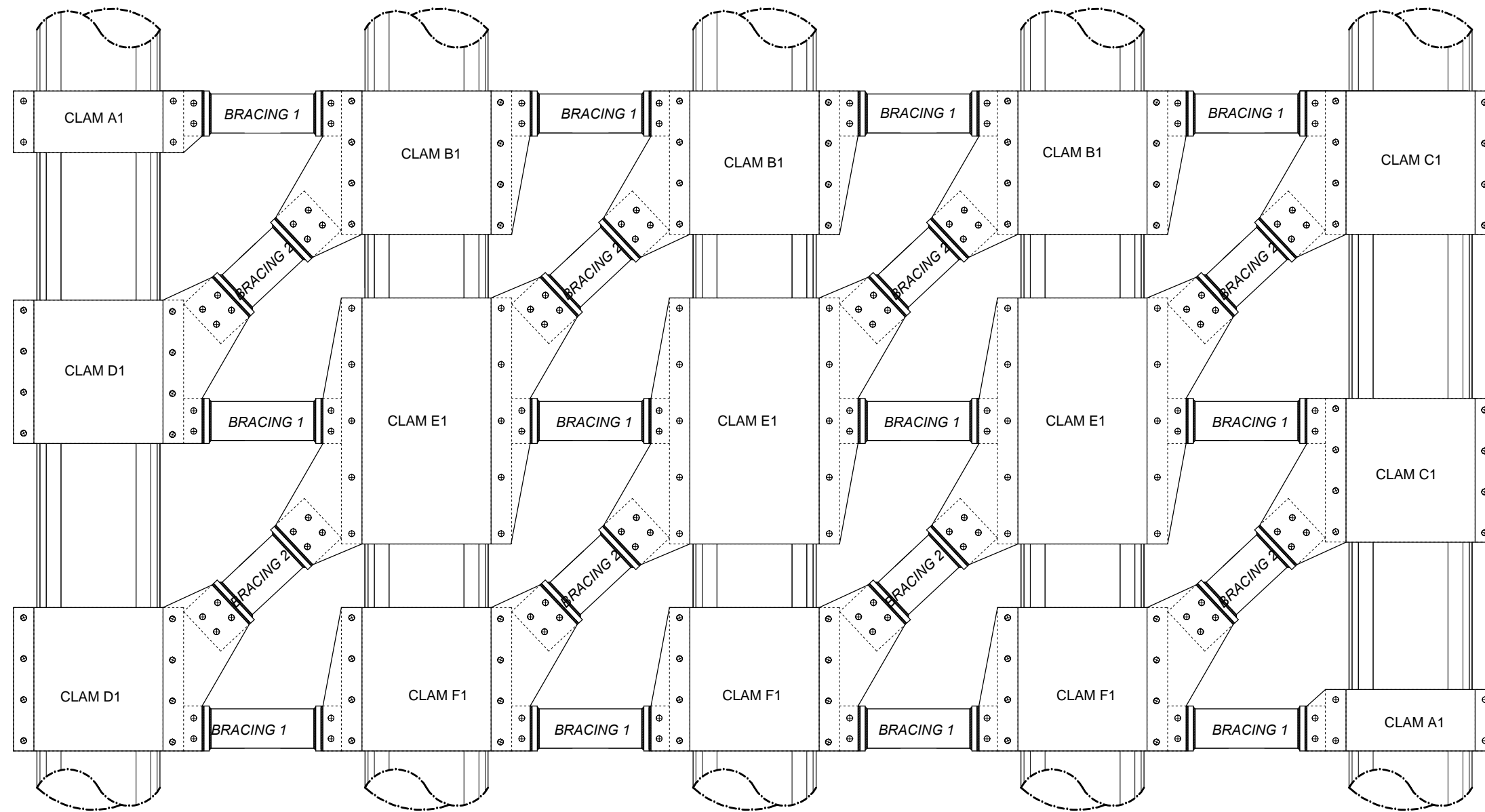
STR 15 19



PRESPEKTIF DETAIL C
 SKALA NTS



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER



DETAIL BRACING
 SKALA 1:25

REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR
 JEMBATAN TAAP SUMOROTO
 KABUPATEN PONOROGO
 DENGAN MENGGUNAAN
 BRACING BAJA

JUDUL GAMBAR SKALA

DETAIL BRACING 1: 25

MAHASISWA

NUR HUDA
 NRP. 10111815000038

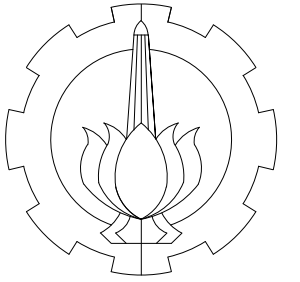
DOSEN PEMBIMBING

Ir.Ibnu Pudji Rahardjo,MS
 NIP. 196001051986031003

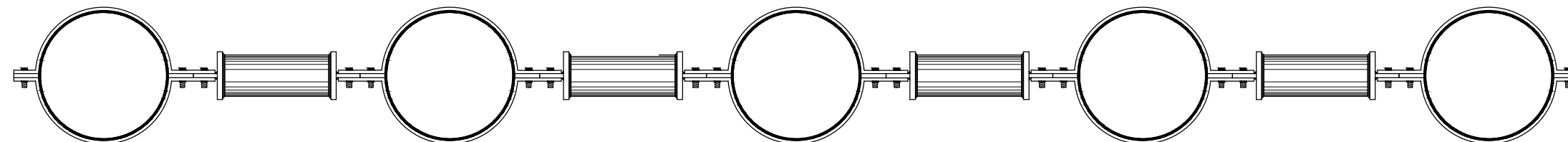
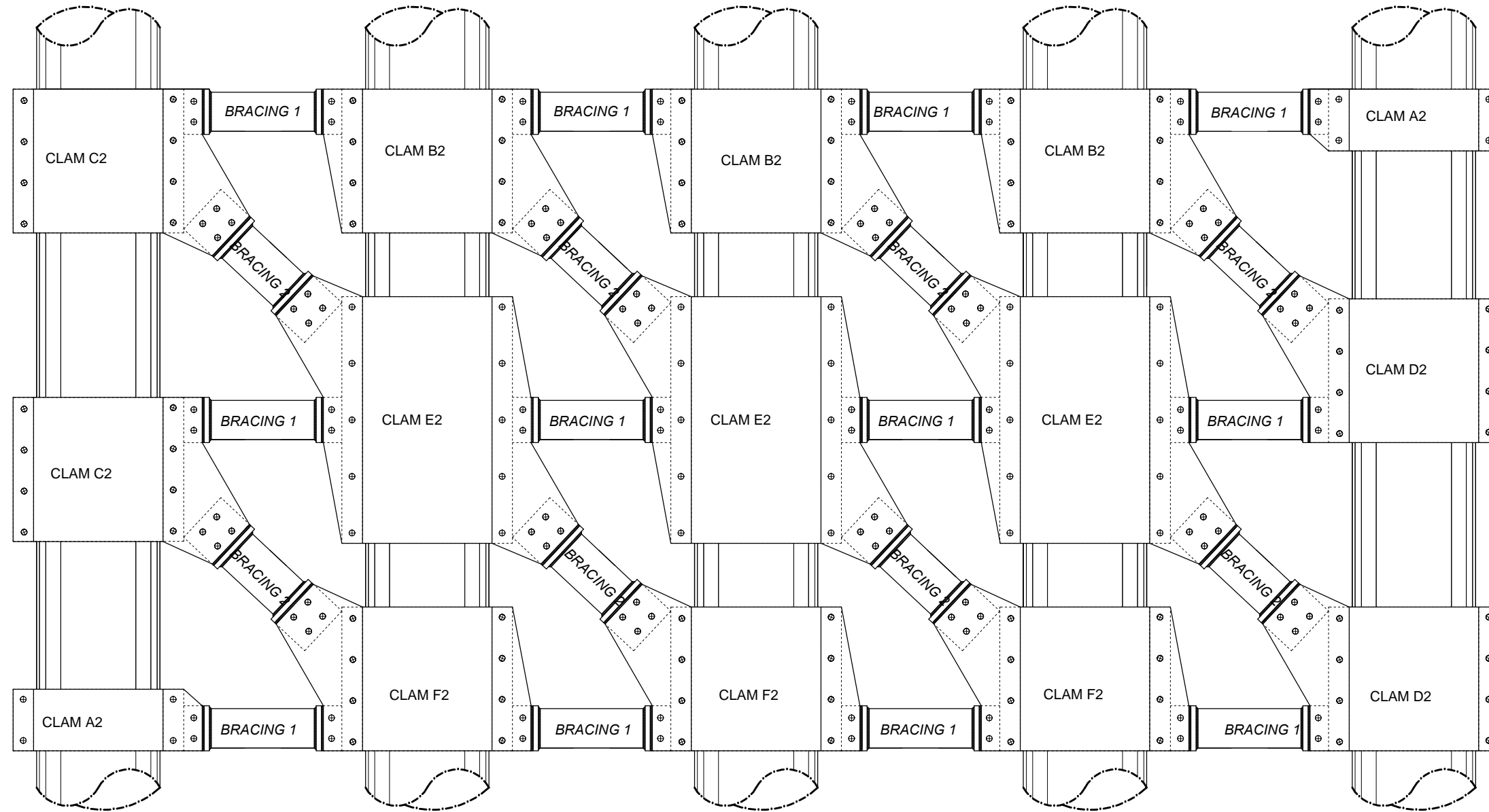
Ir.Chomaedhi,CES.Geo
 NIP. 195503191984031001

KODE GAMBAR NO GBR JML GBR

STR 16 19



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER



DETAIL BRACING
 SKALA 1:25

REVISI

NO	REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR
 JEMBATAN TAAP SUMOROTO
 KABUPATEN PONOROGO
 DENGAN MENGGUNAAN
 BRACING BAJA

JUDUL GAMBAR SKALA

DETAIL BRACING	1: 25
----------------	-------

MAHASISWA

NUR HUDA
 NRP. 10111815000038

DOSEN PEMBIMBING

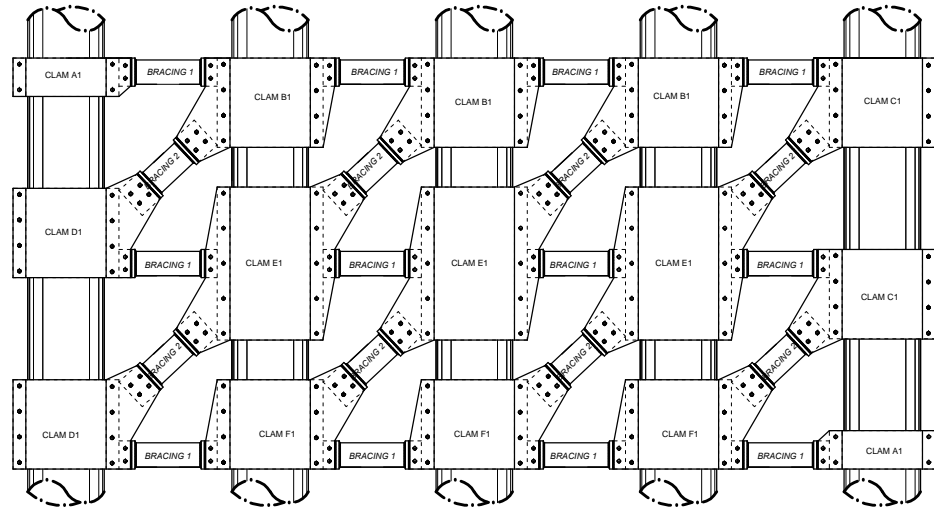
Ir.Ibnu Pudji Rahardjo,MS
 NIP. 196001051986031003

Ir.Chomaedhi,CES.Geo
 NIP. 195503191984031001

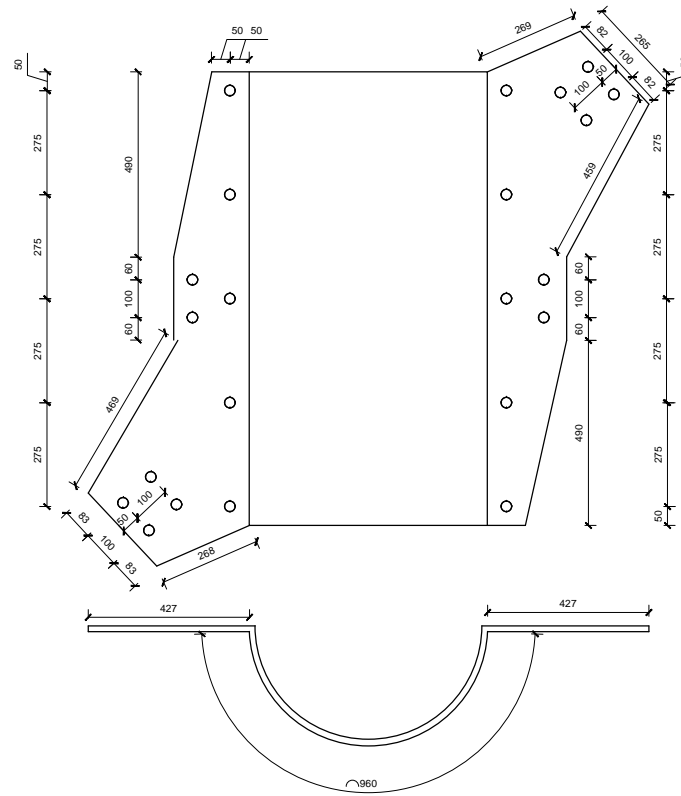
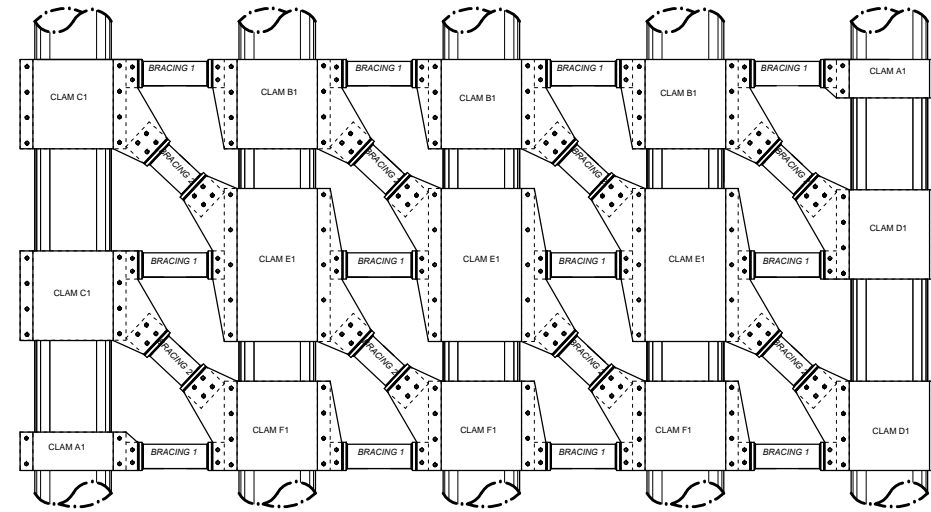
KODE GAMBAR NO GBR JML GBR

STR	17	19
-----	----	----

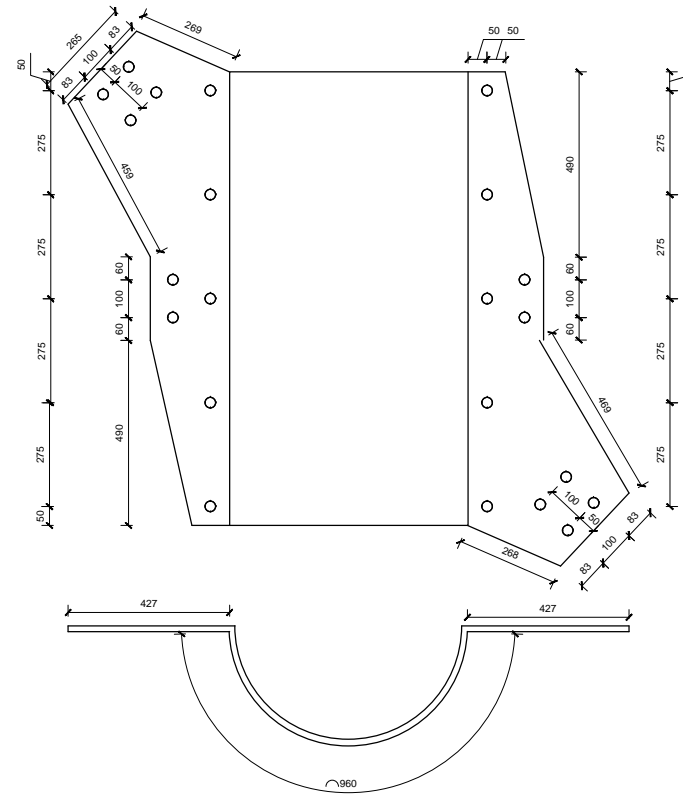
KEY PLAN



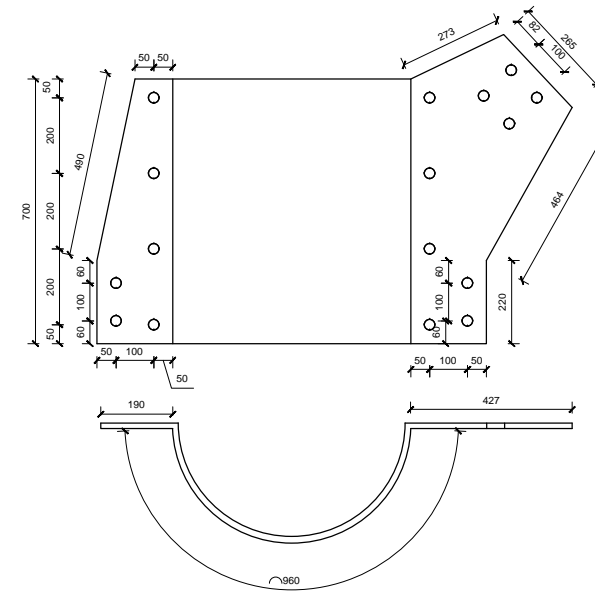
KEY PLAN



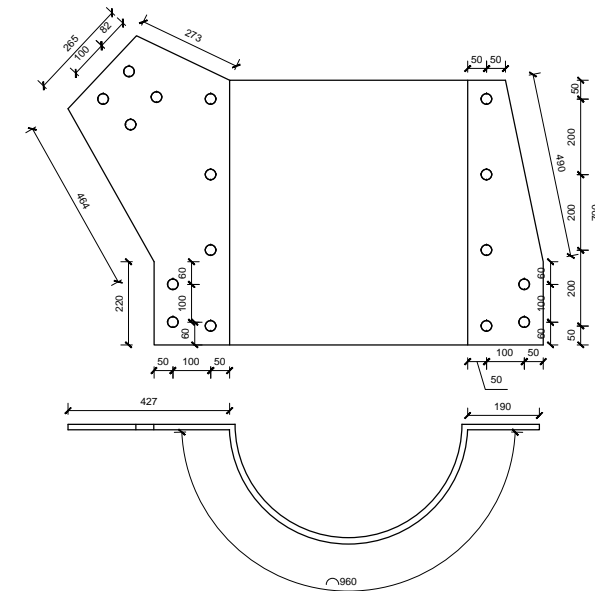
CLAM E1



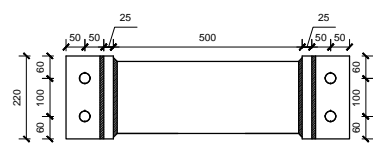
CLAM E2



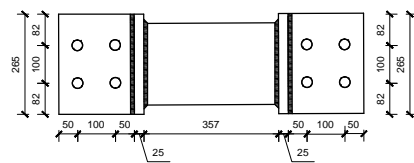
CLAM F1



CLAM F2



BRACING 1

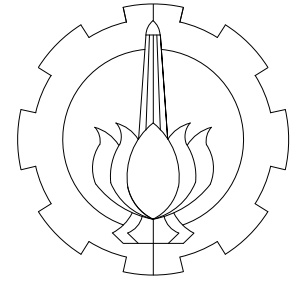


BRACING 2



DETAIL BRACING DAN CLAM BAJA

SKALA 1:20



TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

REVISI

NO	REVISI

JUDUL TUGAS AKHIR

PERKUATAN STRUKTUR
JEMBRAN TAAP SUMOROTO
KABUPATEN PONOROGO
DENGAN MENGGUNAAN
BRACING BAJA

JUDUL GAMBAR **SKALA**

DETAIL BRACING 1:20

MAHASISWA

NUR HUDA
NRP. 10111815000038

DOSEN PEMBIMBING

Ir.Ibnu Pudji Rahardjo,MS
NIP. 196001051986031003

Ir.Chomaedhi,CES.Geo
NIP. 195503191984031001

KODE GAMBAR **NO GBR** **JML GBR**

STR 19 19