



TUGAS AKHIR - RC14 1501

PERENCANAAN JARINGAN PERPIPAAN PIPA PENDINGIN PLTU LOMBOK TIMUR BESERTA FASILITASNYA

**AYUB SETYA ADE PRIBADI
NRP. 3111 100 012**

**Dosen pembimbing :
Dr. Techn. Umboro L., S.T., M.Sc
M. Bagus Ansori , S.T., M.Sc**

**Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - RC14 1501

THE DESIGN OF COOLING PIPING NETWORK AND ITS FACILITIES DESIGN FOR EAST LOMBOK STEAM POWER PLANT

AYUB SETYA ADE PRIBADI
NRP. 3111 100 012

Promotor :
Dr. Techn. Umboro L., S.T., M.Sc
M. Bagus Ansori , S.T., M.Sc

Civil Engineering Department
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

**PERENCANAAN JARINGAN PERPIPAAN PIPA
PENDINGIN PLTU LOMBOK TIMUR BESERTA
FASILITASNYA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Hidroteknik
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

AYUB SETYA ADE PRIBADI

NRP. 3111100 012

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir

1. Dr. Techn. Umbora L., S.T., M.Sc.(pembimbing 1)
2. M. Bagus Ansori, S.T., M.Sc.(pembimbing 2)



**SURABAYA
JUNI 2015**

PERENCANAAN JARINGAN PERPIPAAN PLTU LOMBOK TIMUR BESERTA FASILITASNYA

Nama Mahasiswa : Ayub Setya Ade Pribadi
NRP : 3111 100 012
Jurusan : Teknik Sipil FTSP - ITS
Dosen Konsultasi : Dr. Techn Umboro L., ST.,MT
M. Bagus Ansori , S.T., M.Sc

Abstrak

Salah satu kekurangan pulau Lombok sebagai tujuan destinasi wisata adalah kurangnya fasilitas penunjang listrik yang memadai. Perbaikan jaringan listrik di Lombok telah dilakukan, namun hal ini hanya bersifat sementara, sebab masalah ini hanya menanggulangi masalah di sebagian Lombok timur, bukan di seluruh NTB. Selain itu sebagai rencana jangka panjang, pemerintah berencana untuk membangun PLTU baru di Lombok timur dengan kapasitas $2 \times 2 \times 25$ MW sebagai tambahan suplai listrik untuk NTB.

PLTU Lombok timur direncanakan akan dibangun pada tahun 2015 pada kuartal kedua, namun masih terkendala oleh desain PLTU sendiri. Saat ini desain yang telah ada, masih sekitar 50% tidak termasuk pipa pendingin beserta fasilitasnya. Pipa pendingin memiliki fungsi sebagai pemasok air pendingin yang diperlukan untuk mengkondensasikan uap bekas dan drain uap di dalam kondensor. Sedangkan yang termasuk fasilitas pipa pendingin adalah: desain pompa, rumah pompa dan *Pipe Rack* pipa pendingin.

Dari hasil analisa jaringan didapat skema yang digunakan adalah skema jaringan dengan mengutamakan dampak lingkungan yaitu skema ke 4. Dalam perencanaan jaringan perpipaan untuk straight pipe menggunakan diameter 24 inch sedangkan untuk node menggunakan 22 inch.

Untuk memompa air sebanyak 65000 GPM dibutuhkan 6 pompa dengan masing-masing kapasitas 5500 GPM dengan head

80 ft. selain itu sebagai penyangga yaitu *Pipe Rack* menggunakan profil baja BJ 41 dengan dimensi terbesar yaitu WF 400 x 300 x 10 x 16. Sedangkan untuk pondasi, menggunakan pondasi dangkal dengan bahan beton bertulang yang berkedalaman 6.125m.

Kata kunci: node, straight pipe , piperack, pompa, pondasi dangkal.

PIPING NETWORK AND FACILITIES DESIGN FOR EAST LOMBOK STEAM POWER PLANT

Name	: Ayub Setya Ade Pribadi
NRP	: 3111 100 012
Department	: Teknik Sipil FTSP - ITS
Promotor	: Dr. Techn Umbooro L., ST.,MT M. Bagus Ansori , S.T., M.Sc

Abstrak

One lacked of Lombok island as a destination for tourism is the lack of adequate electrical support facilities. Improvements of electrical networks in Lombok has been done, but this is only temporary, for it is only solve the problem in eastern Lombok, not in the whole NTB. In addition, as a long-term plan, the government plans to build a new power plant in east lombok 2x2x25 MW capacity as an additional electricity supply to NTB.

East Lombok plant planned to be built in 2015 in the second quarter, but is still constrained by the design of the power plant itself. Currently existing design, is still around 50% excluding the cooling pipes and facilities. Cooling pipe has a function as a supplier of the necessary cooling water to condense steam and the former steam in the condenser drain. While that cooling pipes facilities are: design of the pump, pump house, *Pipe Rack* cooling pipes and foundation of *Pipe Rack*.

From the analysis of network obtained scheme 4 is a scheme that used for a piping network by prioritizing environmental impacts. In the calculation for piping network, straight pipe using a 24 inch diameter to a node while using 22 inch.

To pump 65000 GPM waters it takes 6 pump with each capacity of 5500 GPM and head of 80 ft. besides as a buffer that *Pipe Rack* using steel profiles BJ 41 with the largest dimensions,

is WF 400x300x10x16. As for the foundation, use a shallow foundation with reinforced concrete material that depth 6.125m.

Keywords: node, straight pipe, piperack, pumps, shallow foundation.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Bapa Yesus Kristus dan Roh Kudus, atas segala kasih karunia, anugrah dan penyertaaNya yang begitu luar biasa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini dengan dengan baik dan lancar. Tugas Akhir ini berjudul “Perencanaan Jaringan Perpipaan Beserta Fasilitasnya”

Proposal tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan (FTSP) , Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Tugas Akhir ini membahas Perencanaan jaringan perpipaan, desain kapasitas pompa, perencanaan rumah pompa, *Pipe Rack*, dan perencanaan pondasi.

Kami menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik sangat penulis harapkan sebagai bahan penyempurnaan laporan selanjutnya. Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi perkembangan teknologi di bidang rekayasa konstruksi, bagi pembaca umumnya dan penulis pada khususnya.

Surabaya, 03 Juni 2015

Ayub Setya Ade Pribadi

(Halaman ini Sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Analisa Sistem Jaringan Pipa Pendingin PLTU	5
2.1.1. Sistem Air Pendingin PLTU.....	5
2.2 <i>Pre-eliminary</i> Desain Jaringan Perpipaan	6
2.3. Penentuan dan Pemilihan Pompa	6
2.4 Pressure design untuk pipa	10
2.5 Desain Struktur Rumah Pompa	11
2.6 Desain <i>Pipe Rack</i>	11

2.7 Komponen <i>Pipe Rack</i>	12
2.7.1 Plat.....	12
2.7.2 Balok	12
2.7.3 Kolom.....	13
2.8 Perencanaan Sambungan	13
2.8.1 Sambungan Las	13
2.8.2 Sambungan Baut.....	15
2.9 Pondasi <i>Pipe Rack</i>	15
2.9.1. Pemilihan Jenis Pondasi	15
2.9.2 Perhitungan Daya Dukung Desain Pondasi <i>Pipe Rack</i>	16
BAB III METODOLOGI	19
3.1 Studi Literatur.....	19
3.2 Pengumpulan Data	20
3.3 Perencanaan Jaringan Perpipaan	20
3.3.1 <i>Pre-eliminary</i> Desain Pipa	20
3.3.2 Pemodelan Jaringan Perpipaan.....	21
3.3.3 Analisa Hasil Epanet	21
3.4 Desain Kapasitas Pompa	21
3.4.1 Desain Struktur Rumah Pompa	22
3.5 Desain <i>Pipe Rack</i>	22
3.5.1 Pemilihan Kriteria desain	22
3.5.2 Pre Eliminary Desain <i>Pipe Rack</i>	22

3.5.3 Pemodelan Struktur <i>Pipe Rack</i>	23
3.5.4 Pembebaan Struktur <i>Pipe Rack</i>	23
3.5.5 Analisa Struktur.....	26
3.5.6 Perencanaan Sambungan	27
3.6 Desain Struktur Bangunan Bawah.....	28
3.6.1 Perencanaan Pondasi	28
3.7 Gambar Teknik	30
BAB IV ANALISA DATA DAN PENENTUAN JARINGAN PERPIPAAN	33
4.1 Analisa Data Tanah	33
4.2 Kriteria Desain Jaringan Perpipaan	34
4.2.1 Penentuan Jaringan Perpipaan	36
4.2.2 Perencanaan Jaringan Perpipaan	42
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	43
5.1 Desain Hidrolik.....	43
5.1.1 Pre Eliminary Desain Pipa.....	43
5.1.2. Pemodelan Dan Analisa Jaringan Perpipaan Menggunakan Epanet	43
5.1.3 <i>Pressure</i> Desain Untuk Pipa.....	48
5.1.4 Desain Kapasitas Pompa	52
5.1.5 Desain Rumah Pompa	55
5.2 Desain Struktur <i>Pipe Rack</i>	55
5.2.1 Pre Eliminary Desain <i>Pipe Rack</i>	56
5.2.3 Perencanaan Sambungan	64

5.3 Desain Pondasi	68
5.3.1 Perencanaan Pondasi	68
5.3.2 Gambar Pondasi.....	74
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	75
6.1 Kesimpulan.....	75
1.Skema Jaringan Perpipaan.....	75
2. Pompa	75
3 Fasilitas Jaringan Perpipaan Pipa Pendingin	76
6.2 Saran.....	77
DAFTAR PUSTAKA.....	79
LAMPIRAN	81
BIODATA PENULIS.....	116

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Nilai Kekasaran Pada Berbagai Jenis Bahan Pipa.....	8
Tabel 2.2 Nilai KL Pada Komponen Pipa	10
Tabel 2.3 Tabel Harga Nc, N γ , Nq	16
Tabel 2.4 Tabel harga α dan β Dalam Fungsi ϕ	18
Tabel 5.1 Data Properties <i>Junction</i>	44
Tabel 5.2 Data Properties <i>Junction (lanjutan)</i>	45
Tabel 5.3 Dimensi Setiap Komponen Pada Piperack	56

(Halaman ini Sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Proyek	2
Gambar 2. 1 Persamaan Energi Bernoulli pada Saluran Tertutup	7
Gambar 2. 2 <i>Friction Faktor</i> sebagai Fungsi dari Bilangan Reynolds dan Kekasaran Relatif Pipa	9
Gambar 2. 3 <i>Pipe Rack</i> dengan Type 4 Tingkat yang Terdiri dari 8 Frame Penyalur yang Dihubungkan dengan <i>Longitudinal Strut</i> .	12
Gambar 2. 4 Profil WF	13
Gambar 2. 5a Sambungan Las Tumpul b, Sambungan Las Sudut	14
Gambar 2. 6 a Sambungan Lap, b Sambungan Butt.....	15
Gambar 3. 1 Sambungan Balok dan Kolom Menggunakan Simple Connection.....	27
Gambar 3.2Diagram Alir Penggerjaan Tugas Akhir	32
Gambar 4. 1 Alternatif 1 Desain Jaringan Perpipaan Untuk Tahap 1	36
Gambar 4. 2Alternatif 1 Desain Jaringan Perpipaan Untuk Tahap 2	37
Gambar 4. 3Alternatif 2 Desain Jaringan Perpipaan Untuk Tahap 1	38
Gambar 4. 4 Alternatif 2 Desain Jaringan Perpipaan Untuk Tahap 2	39
Gambar 4. 5Alternatif 3 Desain Jaringan Perpipaan Untuk Tahap 1	39
Gambar 4. 6 Alternatif 3 Desain Jaringan Perpipaan Untuk Tahap 2	40
Gambar 4. 7 Alternatif 4 Desain Jaringan Perpipaan Untuk Tahap 1	41
Gambar 4. 8 Alternatif 4 Desain Jaringan Perpipaan Untuk Tahap 2	41

Gambar 5.1 Bentuk/Skema Jaringan Perpipaan Pipa Pendingin	46
Gambar 5.2 Output Untuk <i>NodeJunctions</i>	47
Gambar 5.3 Output Untuk Links/Pipa.....	48
Gambar 5.4 Hubungan <i>Branch</i> Pada Pipa.....	50
Gambar 5.5 Berbagai Area Perkuatan Untuk Koneksi Cabang... <td>51</td>	51
Gambar 5. 6 Bagian Utama Pompa Sentrifugal	53
Gambar 5.7 Grafik Efisiensi Pompa Untuk Pompa Sentrifugal ..	54
Gambar 5. 8 Grafik pompa Sentrifugal Untuk Melihat Tenaga Yang Dibutuhkan	55
Gambar 5.9 Input Respon Spektrum pada SAP 2000	58
Gambar 5.10 Pemodelan <i>Pipe Rack</i> pada SAP	59
Gambar 5. 11 Deformasi Struktur Akibat Beban Mati.....	59
Gambar 5.12 Dimensi Pondasi <i>Pipe Rack</i>	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran I	Gambar Layout Pembangunan PLTU Tahap 1 dan 2.....	81
Lampiran II	Gambar Potongan Kontur Tanah.....	83
Lampiran III	Appendix A ASME b31.1 Maximum Allowable Stress pada Pipa Karbon.....	84
Lampiran IV	Appendix A ASME B31.1 weld Joint efficiency	
Lampiran V	Desain Rumah Pompa.....	86
Lampiran VI	NAVCO Pipe Datalog Untuk Pipa Karbon	87
Lampiran VII	Output SAP Untuk Tumpuan dan Gaya Maksimum pada Frame.....	90
Lampiran VIII	Kontrol Dimensi untuk Balok Melintang dan Kolom.....	94
Lampiran IX	Kontrol Sambungan untuk Kolom dan Batang Diagonal.....	105
Lampiran X	Gambar Sambungan untuk Balok melintang memanjang	114
Lampiran XI	Gambar Sambungan Untuk Batang Diagonal.	115
Lampiran XII	Gambar Desain Pondasi.....	116

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Lombok merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki potensi pariwisata yang sangat menarik. Pantai-pantai di Lombok, sangat menarik dan tidak bisa dipungkiri bahwa daerah tersebut memiliki panorama yang tidak kalah menarik dari tetangganya, Bali. Namun potensi pariwisata tersebut tidak akan tergarap maksimal tanpa adanya dukungan infrastruktur yang memadai, salah satunya adalah listrik.

Fakta berbicara bahwa, seringnya pemadaman listrik di Lombok berdampak pada ekonomi masyarakat setempat pada semua sektor. Laporan menyebutkan bahwa Lombok sebagai ibukota provinsi NTB sering terjadi pemadaman listrik secara berlarut larut. Salah satu daerah yang dianggap paling rawan pemadaman adalah Lombok timur dengan intensitas pemadaman 85 kali sebulan.

Selain itu pertumbuhan kebutuhan listrik di NTB sangat meningkat drastis. Hal ini merupakan akibat dari pertumbuhan sektor ekonomi dengan rata rata 8% pertahun serta pertumbuhan penduduk rata rata 0.8% pertahun. Diproyeksi kebutuhan listrik NTB pada tahun 2017 akan meningkat dua kali lipat.

Salah satu upaya yang diambil untuk mengatasi masalah ini adalah perbaikan jaringan listrik di Lombok. Namun hal ini hanya bersifat sementara, sebab masalah ini hanya menanggulangi masalah di sebagian Lombok timur ,bukan di seluruh NTB. Selain itu sebagai rencana jangka panjang, pemerintah berencana untuk membangun PLTU baru di Lombok timur (lihat gambar 1.1) dengan kapasitas $2 \times 2 \times 25$ MW sebagai tambahan suplai listrik untuk NTB.

PLTU Lombok timur direncanakan akan dibangun pada tahun 2015 pada kuartal kedua. Namun masih terkendala oleh berbagai hal, salah satunya adalah desain PLTU sendiri. Saat ini

desain yang telah ada, masih sekitar 50% tidak termasuk pipa pendingin beserta fasilitasnya. Pipa pendingin merupakan hal penting di dalam pengoperasian PLTU. Pipa pendingin memiliki fungsi sebagai pemasok air pendingin yang diperlukan untuk mengkondensasikan uap bekas dan drain uap di dalam kondensor. Sedangkan yang termasuk fasilitas pipa pendingin adalah: desain pompa, rumah pompa dan *Pipe Rack* pipa pendingin.

Di dalam tugas akhir ini akan direncanakan jaringan perpipaan pipa pendingin, pompa, rumah pompa serta *Pipe Rack* menggunakan *Epanet* dan *Sap 2000*. Dengan sistem air pendingin siklus terbuka.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi Proyek

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi kajian tugas akhir ini antara lain:

1. Bagaimana desain jaringan perpipaan saluran pendingin?
2. Berapakah kapasitas pompa yang dipakai berdasarkan *headloss* yang terjadi?
3. Bagaimana desain fasilitas pipa pendingin seperti rumah pompa dan *Pipe Rack*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Mampu mendesain skema jaringan perpipaan saluran pendingin
2. Mampu mendesain pompa yang dipakai berdasarkan debit dan *head* yang dibutuhkan
3. Mampu Mendesain fasilitas pipa pendingin seperti rumah pompa dan *Pipe Rack*

1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini dapat memberikan masukan untuk keperluan desain jaringan perpipaan pipa pendingin PLTU beserta fasilitasnya yang tepat, guna menunjang pembangunan PLTU Lombok timur.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut

1. *Piping system* diasumsikan berada dalam keadaan *steady state*
2. Tidak memperhitungkan vibrasi yang terjadi pada pipa
3. Diasumsikan tidak terjadi perubahan suhu air di dalam pipa
4. Pipa jaringan yang dimodelkan pada jaringan distribusi adalah pipa jenis transmisi primer dan transmisi sekunder
5. Pola waktu pemakaian air adalah sepanjang waktu
6. Tidak mencakup desain *intake* dan *long storage*
7. Suhu air yang masuk *intake* diasumsikan memenuhi syarat sebagai air pendingin
8. Tidak memperhitungkan analisa ekonomi

(Halaman ini Sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Analisa Sistem Jaringan Pipa Pendingin PLTU

2.1.1. Sistem Air Pendingin PLTU

Sistem Air Pendingin PLTU Berdasarkan siklusnya, terdapat 2 macam sistem air pendingin utama yang lazim diterapkan di PLTU yaitu :

A. Sistem siklus terbuka (*once through*)

Dalam sistem siklus terbuka, air pendingin dipasok secara kontinyu dari sumber tak terbatas seperti sungai, danau atau laut yang dipompaikan ke kondensor untuk akhirnya dibuang kembali keasalnya. Dengan menggunakan pompa, air dari sumber dipompa dan dialirkan ke kondensor dan heat exchanger kemudian dibuang ke saluran pembuangan. Letak saluran masuk dan saluran pembuangan air pendingin harus dibuat terpisah sejauh mungkin. Pemisahan ini bertujuan untuk mencegah terjadinya resirkulasi air dari sisi pembuangan mengalir ke sisi masuk. (*Rahman, 2013*)

B. Sistem siklus tertutup (*recirculation – cooling tower*).

Secara prinsip, sistem air pendingin utama siklus tertutup menggunakan media air pendingin yang sama secara berulang disebabkan terbatasnya sumber air yang ada namun kehilangan air pendingin relative sedikit. Sistem ini membutuhkan biaya investasi yang lebih besar dibanding sistem siklus terbuka karena dibutuhkan menara pendingin yang harga satuan dan biaya operasionalnya cukup mahal. (*Rahman, 2013*)

Di tugas akhir ini direncanakan akan menggunakan sistem siklus terbuka karena pengoperasiannya yang lebih murah dibanding system siklus tertutup.

2.2 Pre-eliminary Desain Jaringan Perpipaan

Analisa jaringan perpipaan akan menggunakan software bantu epanet sebab *interfacenya* yang mudah dipahami selain itu analisis yang relevan untuk digunakan pada pipa pendingin.

Epanet adalah program komputer yang menggambarkan simulasi hidrolis dan kecendrungan kualitas air yang mengalir dalam jaringan pipa. Jaringan itu sendiri terdiri dari pipa, node (titik koneksi), pompa, katub dan tangki atau reservoir. Epanet dikembangkan oleh *Water Supply and Water Resources Division USEPA'S National Risk Management Research Laboratory* dan pertama kali diperkenalkan pada tahun 1993 dan versi yang baru diterbitkan pada tahun 1999. Epanet menjajaki aliran air di tiap pipa, kondisi tekanan air di tiap titik dan kondisi konsentrasi bahan kimia yang mengalir di dalam pipa selama dalam periode pengaliran. (*Rahman, 2013*)

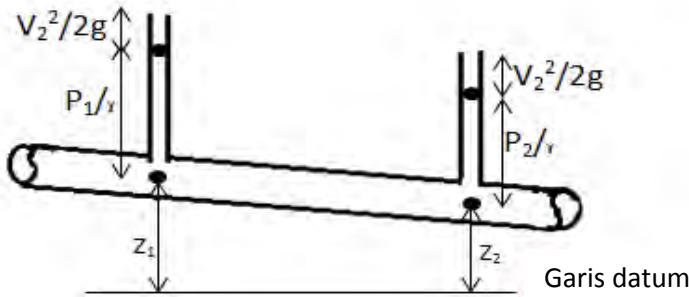
Di dalam analisis menggunakan epanet diperlukan adanya pre-eliminary desain untuk jenis pipa dan diameter pipa. Di dalam perencanaan Tugas Akhir ini diameter dan jenis pipa berdasarkan NAVCO pipe datalog.

2.3. Penentuan dan Pemilihan Pompa

Untuk menentukan Pompa yang akan dipakai Diperlukan *head* pada *system* dan debit air pendingin. Pompa harus mempunyai daya yang dapat mengatasi *head* dan *pressure drop* tiap peralatan dan *pressure drop* sistem. Besar *Pressure drop* sistem tergantung pada komponen yang terdapat pada sistem dan instalasinya.

Pressure drop terdiri dari *major* dan *minor losses*. *major losses* berupa *friction losses*, sedangkan *minor losses* disebut *head dinamis* yang diakibatkan oleh kecepatan alir baik pipa lurus maupun komponen penunjang seperti alat ukur tekanan, suhu, pipa belokan dan lurus, cabang, serta *valve*.

Total head diperoleh dengan persamaan bernoulli pada saluran terutup seperti pada gambar 2.1



(Henryk, 2009)

Gambar 2. 1 Persamaan Energi Bernoulli pada Saluran Tertutup

$$H_1 = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} = H_2 \quad \dots \dots \dots \quad (2.1)$$

(Henryk, 2009)

dimana

Z = Elevation Head (m)

ρ = Masa Jenis Fluida (kg/m^3)

γ = Viskositas Kinematik (m^2/s)

V = kecepatan Fluida (m/s)

g = Percepatan Gravitasi ($9.8 \text{ m}^2/\text{s}$)

Untuk menghitung head major losses menggunakan rumus darcy-weisbach

$$hf = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad \dots \dots \dots \quad (2.2)$$

(Henryk, 2009)

Dimana

hf = Headloss yang terjadi (m)

f = koefisien *friction*

D = Diameter pipa (m)

L = Panjang pipa (m)

V = Kecepatan air (m/s)

g = gaya gravitasi (9.8 m/s^2)

untuk koefisien friksi menggunakan dicari menggunakan moody chart(lihat gambar2.2) yaitu dengan menghubungkan besarnya bilangan Reynold dengan perbandingan koefisien kekasaran dan diameter pipa.

Rumus mencari bilangan Reynold yaitu

$$Re = 4 \frac{Q}{\pi d} \quad (2.3)$$

(Henryk, 2009)

Dimana

Q = Debit pada pipa (m^3/s)

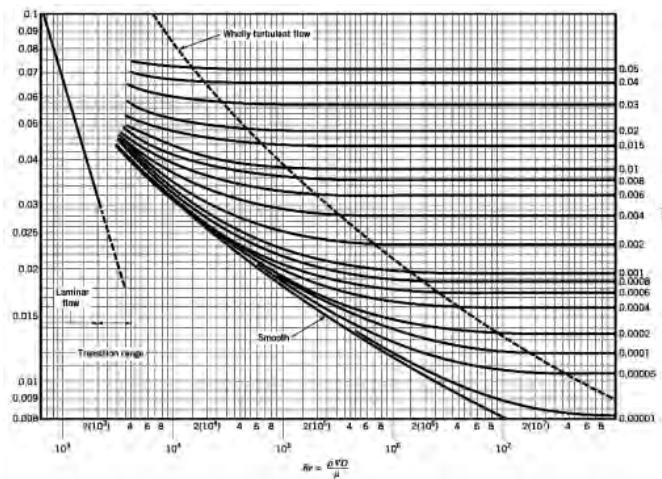
d = Diameter pipa (m)

Untuk besarnya koefisien kekasaran, tergantung pada jenis bahan pipa yang dipakai. Besarnya koefisien kekasaran dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Nilai Kekasaran Pada Berbagai Jenis Bahan Pipa

PIPING MATERIAL	ROUGHNESS ϵ mm
Cast iron	0.26
Commercial steel and wrought iron	0.045
Concrete	0.3-3.0
Drawn tubing	0.0015
Galvanized iron	0.15
Plastic,(and glass)	0.0 (smooth)
Riveted steel	0.9-9.0

(Henryk, 2009)



(Henryk, 2009)

Gambar 2. 2 *Friction Faktor* sebagai Fungsi dari Bilangan Reynolds dan Kekasaran Relatif Pipa

sedangkan untuk *minor losses* menggunakan

$$hl = K \frac{v^2}{2g} \quad \dots \dots \dots \quad (2.4)$$

(Henryk, 2009)

Dimana

hl = minor Losses (m)

K = Loss koeficient

V = kecepatan aliran (m/s)

g = percepatan gravitasi (9.8 m/s^2)

untuk nilai Loss koeficient bisa dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Nilai KL Pada Komponen Pipa

Component	K_L	
a. Elbows		
Regular 90°, flanged	0.3	
Regular 90°, threaded	1.5	
Long radius 90°, flanged	0.2	
Long radius 90°, threaded	0.7	
Long radius 45°, flanged	0.2	
Regular 45°, threaded	0.4	
b. 180° return bends		
180° return bend, flanged	0.2	
180° return bend, threaded	1.5	
c. Tees		
Line flow, flanged	0.2	
Line flow, threaded	0.9	
Branch flow, flanged	1.0	
Branch flow, threaded	2.0	
d. Union, threaded	0.08	
e. Valves		
Globe, fully open	10	
Angle, fully open	2	
Gate, fully open	0.15	
Gate, $\frac{1}{8}$ closed	0.26	
Gate, $\frac{1}{4}$ closed	2.1	
Gate, $\frac{3}{8}$ closed	17	
Swing check, forward flow	2	
Swing check, backward flow	∞	
Ball valve, fully open	0.05	
Ball valve, $\frac{1}{8}$ closed	5.5	
Ball valve, $\frac{3}{8}$ closed	210	

(Henryk, 2009)

2.4 Pressure design untuk pipa

Pressure design berguna untuk melihat kemampuan pipa dalam menahan tekanan pada pipa yg lurus maupun percabangan. kemampuan pipa dalam menahan tekanan didasarkan pada ketebalan yang dimiliki serta perkuatan yang digunakan. Peraturan yang dipakai yaitu ASME B3.3.1

Untuk mencari ketebalan pipa minimum menggunakan rumus

$$T_{mh} = \left[\frac{P \cdot Do}{2(SE + Py)} \right] + A \quad \dots \dots \dots \quad (2.5)$$

(Brian, 2007)

dimana

- P = *internal Pressure* (psig)
- Do = Diameter luar (inch)
- S = *maximum allowable stress* bergantung pada temperature (Ksi)
- E = *weld joint efficiency*
- Y = koefisien untuk *creep*
- A = *additional thickness Pressure untuk korosi (inch)*

2.5 Desain Struktur Rumah Pompa

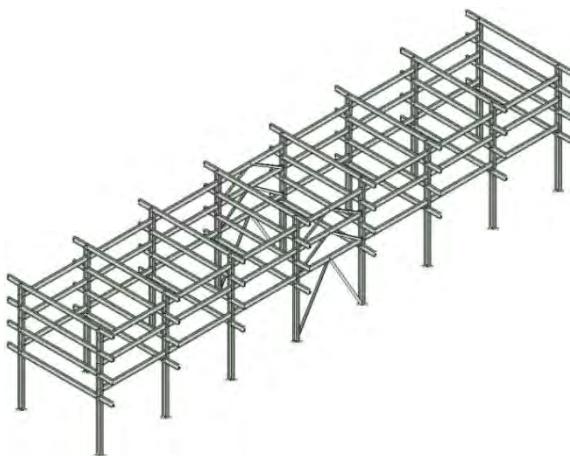
Agar pompa mampu berfungsi maksimal dan tahan lama maka perlu di bangun rumah pompa, yang berfungsi untuk melindungi pompa dari berbagai kerusakan, seperti air hujan gangguan binatang dan lain lain. (*Rakhman, 2010*)

Setelah kapasitas pompa diketahui dari hasil Epanet, maka kita dapat menentukan jumlah pompa dan tipe model pompa yang dipakai sehingga kita mampu mengestimasi lahan yang dibutuhkan guna membangun rumah pompa. Desain Rumah pompa yang digunakan merupakan desain rumah pompa sederhana.

Di dalam tugas akhir ini menggunakan tipe pompa sentrifugal untuk *salt water* berdasarkan EBARA fluid handling

2.6 Desain Pipe Rack

Pipe Rack merupakan struktur pipa rak baja yang biasanya terdapat dipabrik di petrokimia, perminyakan, power plant dan lain lain yang berguna sebagai tiang sandaran untuk pipa, kabel listrik, alat alat mesin, *vessels* dan lain lain. *Pipe Rack* umumnya mentransfer material antara peralatan dan penyimpanan atau utilias (lihat gambar 2.3). *Pipe Rack* terdiri dari serangkaian batang baja melintang yang berada di sepanjang jaringan perpipaan dengan jarak interval yang seragam. (*Walter, 2010*)



(Walter, 2010)

Gambar 2. 3*Pipe Rack* dengan Type 4 Tingkat yang Terdiri dari 8 Frame Penyalur yang Dihubungkan dengan *Longitudinal Strut*

2.7 Komponen *Pipe Rack*

2.7.1 Plat

Pelat merupakan struktur tipis yang dibuat dari baja dengan bidang yang arahnya horizontal dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut. Pada baja sangat cenderung untuk terjadi tekuk. Oleh sebab itu diperlukan adanya pengaku tambahan untuk mengurangi adanya tekuk.

2.7.2 Balok

Balok adalah bagian dari struktur bangunan yang menerima beban tegak lurus sumbu memanjang batang sedangkan beban horizontal di terima sejajar dengan sumbu batang. Balok baja biasanya menggunakan profil WF(lihat gambar 2.4). Penggunaan ini disebabkan profil WF lebih ekonomis dan mudah ditemukan dipasaran.



Gambar 2. 4 Profil WF

2.7.3 Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom merupakan suatu elemen struktur tekan yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuuhnya (*collapse*) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (*total collapse*) seluruh struktur.

Dalam perencanaan tugas akhir ini mengaplikasikan kolom baja.

2.8 Perencanaan Sambungan

Proses penyatuan komponen-komponen struktur baja menjadi sebuah struktur bangunan yang monolit merupakan hal yang penting dalam pengaplikasian teknologi baja. Oleh karena itu, perencanaan sambungan harus diperhatikan dengan seksama sehingga tidak menyulitkan pada saat pelaksanaan. Berikut adalah macam-macam sambungan pada struktur bangunan baja.

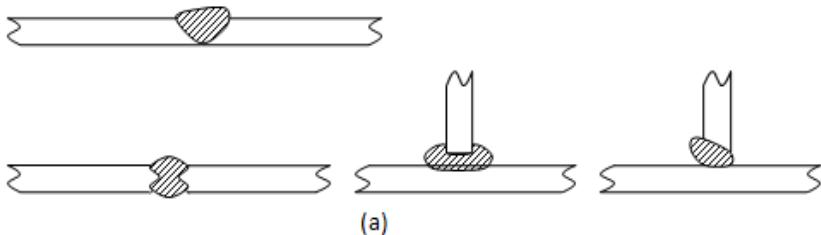
2.8.1 Sambungan Las

Alat sambung jenis ini menggunakan plat baja yang di las di kolom baja yang akan disambung ke balok. Kedua pelat ini selanjutnya disambung atau disatukan dengan bantuan las.

Melalui pelat baja inilah gaya-gaya yang akan diteruskan ke komponen yang terkait.

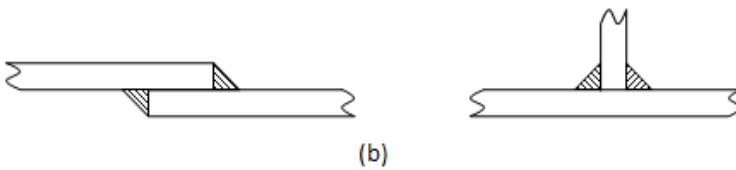
Sambungan las dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu Sambungan las tumpul, seperti gambar 2.5 a dan sambungan las sudut 2.5 b.

Las Tumpul - Tidak seluruh ketebalan plat tersambung dengan las



(a)

Las Sudut - Seluruh ketebalan plat tersambung dengan bahan las



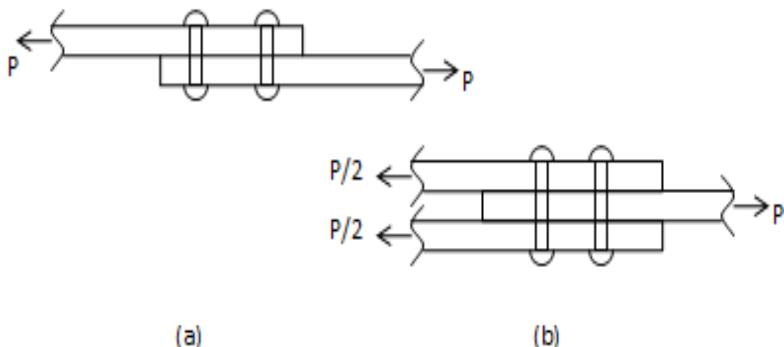
(b)

Gambar 2. 5a Sambungan Las Tumpul b, Sambungan Las Sudut

Umumnya, pada pertemuan balok dan kolom, ujung balok di dukung oleh corbels atau biasa disebut dengan konsol yang menjadi satu dengan kolom. Penyatuan antara dua komponen tersebut menggunakan las yang dilaksanakan pada pelat baja yang tertanam dengan balok dengan pelat baja yang telah disiapkan pada sisi kolom.

2.8.2 Sambungan Baut

Penyambungan cara ini diperlukan pelat baja di kedua elemen, yaitu balok dan kolom yang akan disatukan. Kedua komponen tersebut disatukan melalui pelat dengan alat sambung berupa baut dengan kuat tarik tinggi. Pada bangunan baja terdapat 2 macam tipe sambungan baut, yaitu sambungan lap seperti gambar 2.6 a dan sambungan butt pada gambar 2.6 b.



Gambar 2. 6 a Sambungan Lap, b Sambungan Butt

2.9 Pondasi Pipe Rack

2.9.1. Pemilihan Jenis Pondasi

Menurut bahannya pondasi dapat dibedakan menjadi pondasi kayu (bambu), pondasi beton dan pondasi baja. Dalam pemilihan jenis pondasi didasarkan pada jenis tanah dan beban yang diatasnya .

Jenis pondasi ada dua yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Dikatakan pondasi dangkal jika D/B lebih besar 4 atau 5. Beberapa macam tipe pondasi dangkal yaitu pondasi sumuran dan *micro pile*. Sedangkan pondasi dalam yaitu jika perbandingan D dan B lebih besar atau sama dengan 10. Contoh konkret dari pondasi dalam yaitu pondasi tiang pancang dan pondasi bor. Namun ada juga pondasi dengan nilai D/B antara 4

dan 10, maka pondasi tersebut dinamakan pondasi semi dalam. (*Herman, 2012*)

2.9.2 Perhitungan Daya Dukung Desain Pondasi *Pipe Rack*

Untuk mencari kemampuan pondasi menahan beban, kita harus mencari dulu kemampuan daya dukung tanah atau biasa disebut $Q_{ultimate}$. $Q_{ultimate}$ adalah daya dukung batas (*limit*) yang didasarkan pada kemampuan batas maksimum dari tanah terhadap keruntuhan (*failure*). Perhitungan Q_{ult} pada pondasi dalam berbeda berikut adalah perhitungan $Q_{ultimate}$ pada pondasi dangkal dan dalam.

- Pondasi dangkal

(Herman, 2012)

Dimana

Qult = daya dukung tanah (Kpa)

γ = berat volume (KN/m³)

B = lebar pondasi (m)

C = kohesi pada tanah (Kpa)

D = kedalaman pondasi (m)

Untuk mencari nilai N_c , N_γ , N_q tergantung pada sudut geser tanah yaitu ϕ , berikut adalah tabel 2.3 yaitu harga N_c , N_γ , N_q dari Caquot & Kerisel

Tabel 2.3 Tabel Harga Nc, N γ , Nq

ϕ^o	Nc	Nv	Nq
0	5.14	0	1
5	6.5	0.1	1.6
10	8.4	0.5	2.5
15	11	1.4	4

Tabel harga 2.3 Nc, N γ , Nq (lanjutan)

20	14.8	3.5	6.4
25	20.7	8.1	10.7
30	30	18.1	18.4
35	46	41.1	33.3
40	75.3	100	64.2
45	134	254	135

(Herman, 2012)

Sedangkan untuk pondasi dalam menggunakan dasar teori klasik (laboratorium) yaitu :

- $Qult = Qp + Qs = Cub \times Ap \times Nc + Cc \times As \times \alpha \dots (2.7)$

(Herman, 2012)

Dimana

Qp = kemampuan daya dukung tiang untuk *point bearing* (Kpa)

Qs = kemampuan daya dukung tiang untuk gaya gesek (*friction*) (Kpa)

Cub = harga kohesi pada tiang yang tidak terganggu (KN/m²)

Ap = Luas *section* pada tiang pancang (m²)

Cc = harga rata rata kohesi di sekeliling tiang pancang yang terbenam ke tanah (KN/m²)

As = luas permukaan tiang pancang (m²)

α = Faktor lekat (lihat tabel 2.4) yang nilainya tergantung dari

- Harga Cu (lb/ft² atau KN/m²)
- Kedalaman tiang (L) yang tertanam pada Clay
- Type lapisan tanah

Tabel 2.4 Tabel harga α dan β Dalam Fungsi ϕ

ϕ^o	α untuk $\delta = -\phi$	α untuk $\delta = -2/3 \phi$	β'
10	0.285	0.186	1.6
15	0.567	2.06	2.06
20	1.03	2.7	2.7
25	1.81	3.62	3.62
30	3.21	5.01	5.01
35	5.85	7.27	7.27
40	11.3	10.36	10.36
45	23.7	17.97	17.97

(Herman,2012)

BAB III

METODOLOGI

Metode perencanaan disusun untuk mempermudah pelaksanaan studi, guna memperoleh pemecahan masalah sesuai dengan tujuan studi yang telah ditetapkan melalui prosedur kerja yang sistematis, teratur dan tertib, sehingga dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

3.1 Studi Literatur

Studi literatur ini ditujukan untuk mempelajari dan mengetahui bagaimana perencanaan dan peraturan peraturan atau *code* yang dipakai dalam merencanakan jaringan perpipaan dan fasilitasnya. Selain itu mempelajari latar belakang dan analisa desain, dan mempelajari tentang daya dukung pondasi dangkal dan dalam.

Literatur yang dipakai adalah literatur yang berkaitan dengan permasalahan, buku-buku dan hasil penelitian yang memiliki tujuan yang sama ,antara lain :

- Brian Sillowash. 2007. *Facility Piping System Handbook*
- McDonald. 1994. *Introduction to Fluid Mechanics*. John Wiley & Sons, Inc.
- Andrew Parr. 2006. Hidrolika dan Pneumatika
- Richrard M Drake Walter. 2010 *Design of structural Pipe Rack*
- Herman. 2012. Analisa daya dukung pondasi

Selain itu terdapat juga peraturan peraturan atau code yang dipakai sebagai acuan dalam tugas akhir ini , yaitu:

- Badan Standarisasi Nasional. 2002. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012)
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)
- American National Standards Institute. 2009. *International Building Code*
- American Society Of Civil Engineers. 2003. *Minimum Design Loads for building and other Structure*
- ASME B31.3 Codes. 2006. *Process Piping*. ASME. New York. USA
- American Institute Of Steel Construction. 2005. *Design Example*
- Process Industry Practice. 2007. *Structural Design Criteria PIP STC01015*

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang diperoleh yaitu :

- Peta topografi
- Peta lokasi kawasan
- Peta potongan melintang tanah

3.3 Perencanaan Jaringan Perpipaan

3.3.1 Pre-eliminary Desain Pipa

Untuk merencanakan suatu jaringan perpipaan perlu dilakukan pre-eliminary desain untuk menetukan pipa yang dipakai. Hal ini digunakan sebagai input *software epanet* guna mengetahui *headloss* dan *pressure* yang terjadi pada jaringan perpipaan. *Pre-eliminary* desain pipa meliputi:

- Diameter pipa: dengan debit masuk sekitar 31700 gpm maka direncanakan diameter pipa 24 inch

- Material pipa: material yang digunakan adalah pipa baja

3.3.2 Pemodelan Jaringan Perpipaan

Setelah mendapatkan data layout. Maka kita bisa mendesain jaringan perpipaan air pendingin PLTU. Penetapan jaringan PLTU Di dasarkan pada kondensor, letak *intake* dan letak *outlet*. Didasarkan pada kondensor sebab pipa pendingin mendistribusi air dari *intake* ke kondensor. Jika kondensor lebih dari 1 maka akan terjadi percabangan. Selain itu Letak *outlet* dan *intake* harus dibuat berjauhan agar air yang keluar dari *outlet* tidak kembali masuk ke dalam *intake* mengingat *outlet* dan *intake* berada di dalam laut.

Pemodelan dilakukan menggunakan bantuan *software* epanet, yaitu pemodelan sistem jaringan perpipaan lalu melakukan analisa untuk mencari tahu debit yang mengalir pada pipa serta *headloss* yang terjadi.

3.3.3 Analisa Hasil Epanet

Di dalam Epanet input yang kita masukkan adalah gambar jaringan perpipaan dan data data yang diperlukan seperti elevasi, pipa, *reservoir* dan lain lain. Jika input telah dilakukan maka selanjutnya adalah running program epanet. Adapun hal-hal yang diperhatikan dalam analisa jaringan antara lain:

- Bentuk Jaringan
- Dimensi elemen dari pre eliminary desain
- Arah aliran
- *Demand* yang dibutuhkan

3.4 Desain Kapasitas Pompa

Setelah *headloss* diketahui dari hasil running *software* Epanet, maka langkah selanjutnya adalah menghitung desain pompa yang akan digunakan. Dengan tujuan untuk mengetahui berapa kapasitas pompa yang diperlukan. Setelah itu langkah

selanjutnya adalah memilih jenis dan jumlah pompa yang dipakai agar seefektif mungkin.

3.4.1 Desain Struktur Rumah Pompa

Setelah kapasitas dan jumlah pompa diketahui, maka kita dapat menentukan tipe model pompa yang dipakai sehingga kita mampu mengestimasi lahan yang dibutuhkan guna membangun rumah pompa. Rumah pompa yang akan di desain adalah rumah pompa sederhana beserta kelengkapannya.

3.5 Desain *Pipe Rack*

3.5.1 Pemilihan Kriteria desain

a. Kuat

Kuat mempunyai artian bahwa kemampuan suatu struktur harus didesain agar mempunyai kekuatan desain paling sedikit sama dengan kekuatan perlu yang dihitung untuk beban dan gaya berfaktor dalam kombinasi yang ditetapkan pada standar ini.

b. Layak

Layak berarti suatu struktur atau elemen struktur harus memiliki lendutan, simpangan, dan retaknya yang masih dalam batas toleransi sehingga penghuni struktur tersebut tidak merasa terancam bahaya.

Tugas akhir ini menggunakan desain kriteria AISC 2005 sedangkan pembebanannya menggunakan ASCE 7 2003, dan SNI Ketahanan Gempa SNI 03-1726-2012. Selain itu digunakan tambahan desain kriteria yang lebih detail menggunakan STC 01015 PIP 2007

3.5.2 Pre Eliminary Desain Pipe Rack

Di dalam Tugas besar ini akan direncanakan menggunakan Struktur baja dengan profil member berdasarkan Syarat kelangsungan yaitu

Dimana

L_k = Panjang batang (cm)

i_{min} = inersia minimal profil (cm)

jika panjang batang telah diketahui maka kita akan mendapatkan I minimal. Ketika I minimal didapatkan, maka kita bisa memilih batang dengan $i > i_{min}$.

3.5.3 Pemodelan Struktur *Pipe Rack*

Saat pemasangan dan akhir konstruksi, balok dimodelkan sebagai balok sederhana di atas dua tumpuan. Pelat dimodelkan sebagai beban yang dipikul oleh elemen balok. Pada saat pemasangan distribusi beban adalah setengah dari kiri dan setengah dari kanan.

3.5.4 Pembebanan Struktur *Pipe Rack*

3.5.4.1 Beban Mati (D)

Beban Mati adalah berat sendiri material konstruksi termasuk, tapi tidak dibatasi untuk item struktural, dan berat layan tetap seperti crane, batang pipa dll.(*IBC 2009*)

- Beban mati Struktur: beban yang terdiri dari berat material sendiri penyusun struktur.
- Beban Mati ketika oberoperasi terdiri dari : berat pipa , sekat pipa kabel *tray*, dan fasilitas pipa seperti *valve* dan lain lain, termasuk beban fluida.
- Beban Mati kosong : merupakan berat kosong dari pipa ,sekat pipa dan alat alat pemrosesan.
- Beban Mati test : berat kosong dari pipa plus berat medium test.

3.5.4.2 Beban Hidup (L)

Beban hidup adalah beban yang dihasilkan oleh penggunaan dan peralatan dari struktur dan tidak termasuk

konstruksibeban lingkungan seperti angin, salju hujan, gempa, banjir dan lain lain.(*IBC 2009*)

Minimum beban hidup yang mungkin dipakai untuk platform dan tangga untuk *Pipe Rack* dengan menggunakan IBC building code yaitu :

- Tangga : per item tangga sebaiknya di desain sebesar 100-psf sebagai beban terbagi rata atau 300-lb untuk beban terpusat pada area 4in^2 .
- *Platforms* : untuk *platform* sebaiknya di desain 60 –psf sebagai beban terbagi rata.

3.5.4.2 Beban Suhu (T)

Beban suhu merupakan reaksi yang dihasilkan dari penyusutan dan pengembangan yang dihasilkan dari perubahan suhu (*PIP, 2010*) Secara Spesifik desain kriteria PIP membagi beban Suhu menjadi 3 untuk *Pipe Rack* yaitu :

- Beban Suhu (T) : gaya reaksi yang diakibatkan oleh pemuaian oleh struktur *Pipe Rack*.
- Angkur pipa (Af) : Angkur pipa menerima gaya akibat pemuaian pipa akibat Suhu.
- Gaya Gesekan pipa (F_f) : merupakan beban yang terjadi akibat gesekan pipa dengan pipa dengan *Pipe Rack* sebagai respon dari perubahan suhu selama operasi. Dipakai 10 % dari total berat pipa.

3.5.4.3 Beban Gempa (E)

Beban gempa berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012) daerah Lombok timur. Pembebanan gravitasi struktur pada Sistem Rangka Pemikul Momen hanya diterima oleh frame. Pembebanan ini termasuk beban mati dan beban hidup yang terjadi pada struktur. Perencanaan Beban Gempa pada struktur menggunakan metode diafragma, dimana pengaruh pada struktur dibebankan langsung kepusat massa bangunan (*center of mass*).

Gaya geser dasar akibat gempa diperoleh dengan mengalikan berat struktur dengan faktor-faktor modifikasi sesuai dengan peraturan pembebanan yang ada.

Analisa beban gempa bedasarkan SNI 03-1726-2012 meliputi :

- Penentuan respon spektrum
Penentuan wilayah gempa dapat dilihat pada gambar 9 dan 10 SNI-03-1726-2012
 - Respon seismik (C_s)

(Persamaan 7.8-2 SNI 03-1726-2012)

Dimana :

S_{DS} = percepatan spektrum respons disain dalam rentan periode pendek

R = faktor modifikasi respons dalam tabel 7.2-1 (SNI 03-1726-2012)

Ie = faktor keutamaan hunian yang ditentukan sesuai dengan Tabel 6.4

- nilai Cs max tidak lebih dari

$$C_s = \frac{S_{dl}}{T\left(\frac{R}{I}\right)} \dots \quad (3.3)$$

- Gaya geser dasar dan gaya seismik lateral

$$V = CS \times W \dots \quad (3.4)$$

$$C_{v_x} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \quad \dots \quad (3.5)$$

dimana :

C_s = koefisien respons seismik yang ditentukan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1.1

W = berat seismik efektif menurut SNI 03-1726-2012 Pasal 7.7.2

3.5.4.4 Beban angin

Tekanan tiup (beban angin) di laut dan di tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai harus diambil minimum 40 kg/m^2 (ASME,2005)

3.5.4.5 Kombinasi Pembebatan

$$0.9D + 1.6W \dots \quad (3.10)$$

$$0.9D + 1.0E \dots \quad (3.11)$$

(IBC Eq. 16.1-16.7)

Keterangan :

D = Beban Mati

T = Beban Suhu

L = Beban Hidup

W = Beban Angin

E = Beban Gempa

F = beban akibat Gesekan pipa

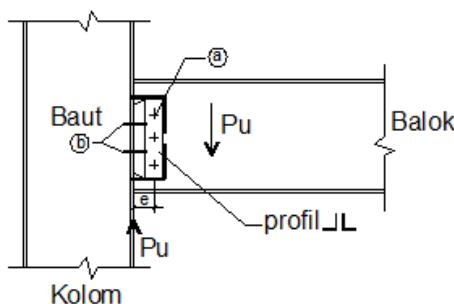
3.5.5 Analisa Struktur

Perhitungan gaya-gaya dalam struktur utama menggunakan bantuan program SAP2000. Adapun hal-hal yang diperhatikan dalam analisa struktur ini antara lain :

- Bentuk struktur
- Dimensi elemen-elemen struktur dari preliminary desain
- Wilayah gempa
- Pembebaan struktur dan kombinasi pembebaan

3.5.6 Perencanaan Sambungan

Sambungan antara balok dan kolom direncanakan menggunakan sambungan simple connection



Gambar 3. 1 Sambungan Balok dan Kolom Menggunakan Simple Connection

- Untuk penyambung dipakai sepasang profil $J-L$
- Sambungan memikul beban geser P_u
- Baut-baut (a) memikul beban P_u dan $M = P_u \times e$, namun M ini dianggap kecil, sering diabaikan karena e kecil.

Sambungan balok dengan kolom:

Kontrol Kekuatan Baut :

Baut (a) :

$$\text{Banyaknya baut } n = \frac{P_u}{\phi R_n}$$

dimana ϕR_n = Kekuatan rencana baut.(3.12)

- Baut type tumpu : $\phi R_n = 0,75 \times (0,5 f_u) 2 \cdot A_b$(3.13)

- F_u = tegangan patah baut
 A_b = luas baut = $\frac{\pi}{4} \cdot d^2$
 ϕR_n = $0,75 \times (2,4 \cdot d \cdot t_p \cdot f_u)$ → kuat tumpu
 d = diameter baut
 t_p = tebal pelat yang tipis 2 t_L atau t_W balok.
 f_u = tegangan patah terkecil pelat/baut.
 ϕR_n = harga terkecil kuat geser dan kuat tumpu.

- Bila baut type gesek (friksi) : $\phi R_n = \phi(1,13 \mu m T_b)$... (3.14)

- M = 1 → lubang standar
 μ = $0,35 / \text{bidang kontak bersih}$
 T_b = Gaya tarik minimal baut.
 d = diameter baut

Baut (b) :

$$\text{Banyaknya baut } n = \frac{P_u}{\phi R_n} \quad \dots \dots \dots \quad (3.15)$$

3.6 Desain Struktur Bangunan Bawah

3.6.1 Perencanaan Pondasi

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu konstruksi dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan tipe pondasi ini didasarkan atas:

- Fungsi bangunan atas yang akan dipikul oleh pondasi tersebut
- Besarnya beban dan beratnya bangunan atas
- Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan
- Biaya pondasi dibandingkan biaya bangunan atas

Pemakaian tiang pancang digunakan untuk pondasi suatu bangunan bila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat

bangunan dan bebannya atau bila tanah keras yang mampu memikul berat bangunan dan bebannya letaknya sangat dalam.

Struktur pondasi direncanakan dengan menggunakan pondasi dangkal. Perhitungan kekuatan pondasi berdasarkan data tanah yang didapat dari tes sondir.

➤ Kontrol Geser Ponds Pada Poer :

Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi persyaratan bahwa kekuatan gaya geser nominal harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Kuat geser yang disumbangkan beton diambil terkecil dari :

$$\nabla c = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta}\right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d \dots \dots \dots \quad (3.16)$$

SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.12.1(a)

- $\nabla c = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f' c b_o} d \dots \dots (3.17)$

SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.12.1(b)

SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.12.1(c)

Dimana :

β = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom

b_o = keliling pada penampang kritis pada poer

$$= 2(b_{kolom} + d) + 2(h_{kolom} + d)$$

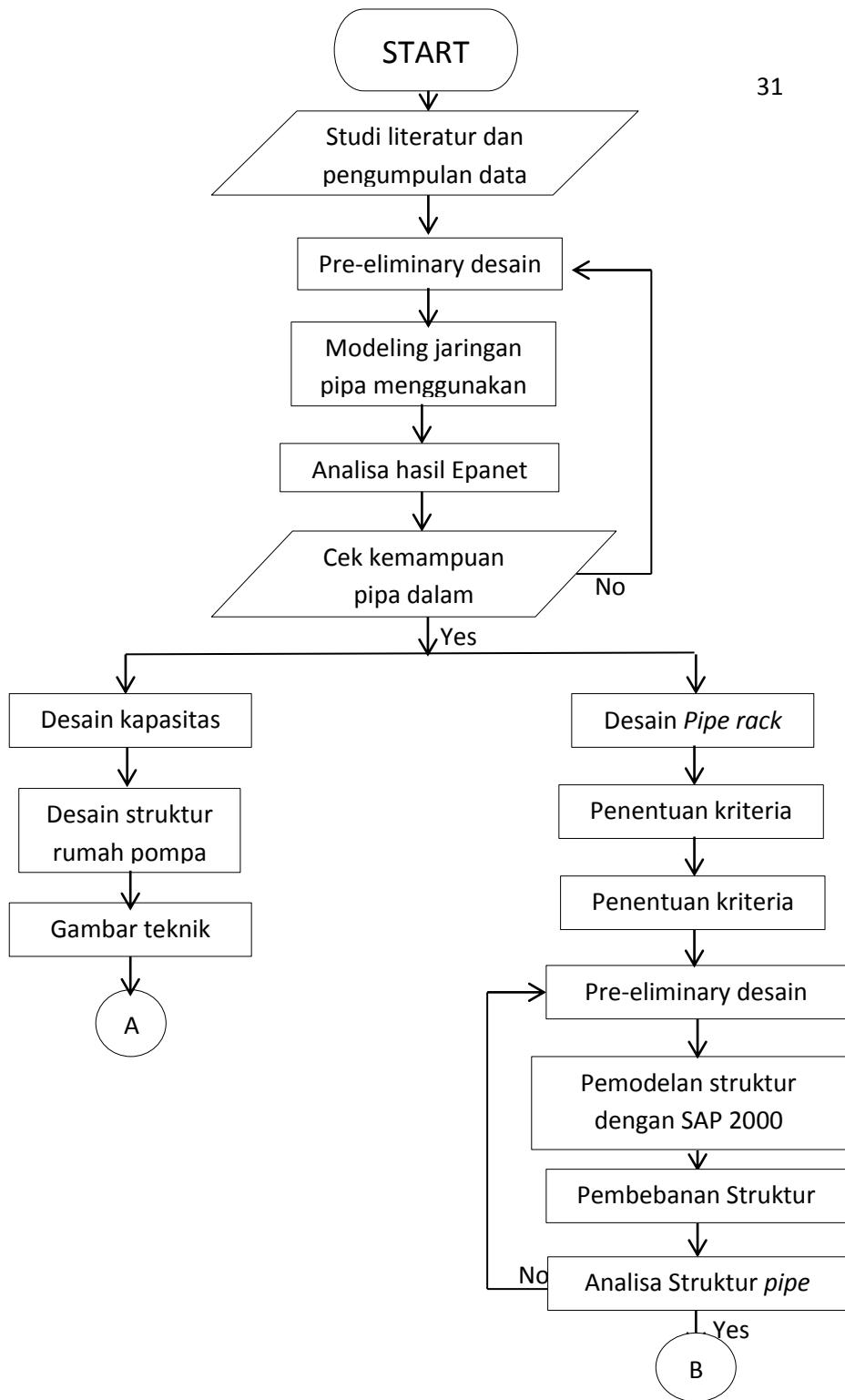
a_s \rightarrow 30, untuk kolom tepi

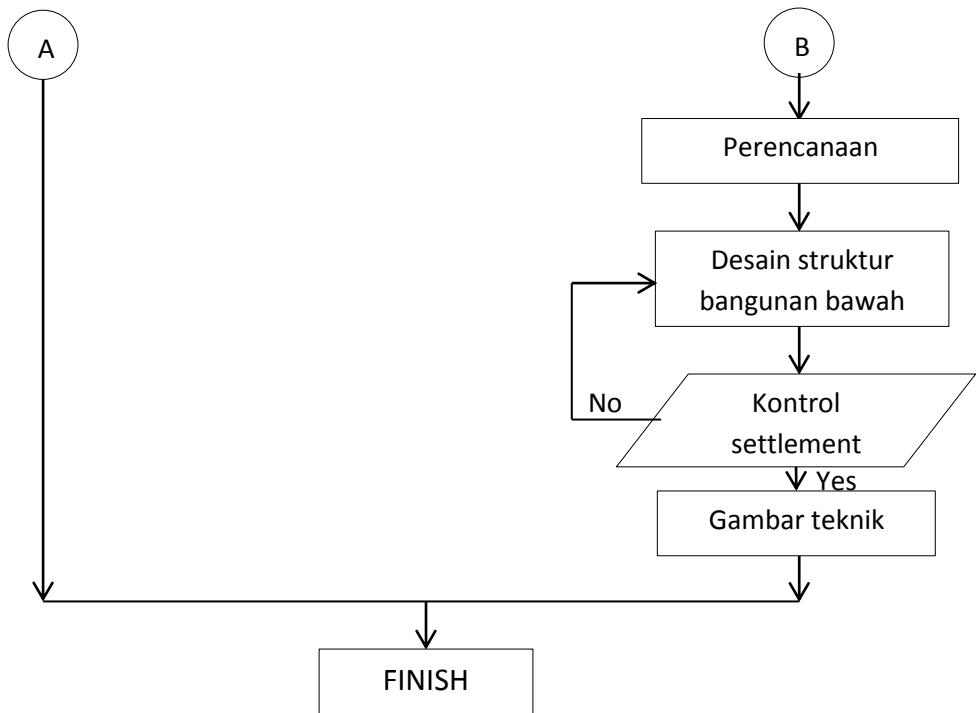
→ 40, untuk kolom tengah

→ 20, untuk kolom pojok

$\Phi V_c > P_u \dots \dots \text{OK (Ketebalan dan ukuran poer memenuhi syarat terhadap geser)}$

3.7 Gambar Teknik





Gambar 3.2 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

BAB IV

ANALISA DATA DAN PENENTUAN JARINGAN PERPIPAAN

4.1 Analisa Data Tanah

Hasil tes boring diketahui tanah yang dominan adalah tanah lempung yang berlanau. Analisa laboratorium juga menunjukkan bahwa tanah yang dites juga tanah lempung dengan plastisitas tinggi.

Untuk perhitungan daya dukung akan digunakan hasil tes lapangan yang lain, yaitu hasil tes sondir atau penetrometer statis. Alasan menggunakan hasil tes sondir ini ialah metode perhitungan daya dukung menggunakan hasil tes lapangan, seperti SPT, penetrometer statis, penetrometer dinamis, dan pressuremeter.

Berikut ini hasil dari pengamatan tes lapangan beserta analisanya:

- Lapisan 1 (0-1m)
Jenis tanah : Lempung berlanau
SPT : 0
- Lapisan 2 (1 - 4m)
Jenis tanah : Lempung berlanau
 γ_t : 1,56 t/m³
Nrata-rata : 10
Nkoreksi : 12,5
Cu : 12,5t/m²
 ϕ : 30,8°
- Lapisan 3 (4 - 10m)
Jenis tanah : Lempung berlanau berpasir
 γ_t : 1,61 t/m³
Nrata-rata : 17,5
Nkoreksi : 16,3
Cu : 16,3 t/m²
 ϕ : 33,1°
- Lapisan 4 (10 - 12m)

Jenis tanah	: Lempung berlanau berpasir
γ_t	: 1,76 t/m ³
Nrata-rata	: 24
Nkoreksi	: 19,5
Cu	: 19,5 t/m ²
ϕ	: 34,7°
• Lapisan 5 (12 - 16m)	
Jenis tanah	: Lempung berlanau berpasir
γ_t	: 1,79 t/m ³
Nrata-rata	: 25,33
Nkoreksi	: 20,2
Cu	: 20,2 t/m ²
ϕ	: 35,1°

Nilai γ dicari dari tabel J.E. Bowles (1984)

Nilai ϕ dicari dari rumus Osaki, yaitu: $\phi = (20N)^{0,5} + 15$.

Nilai Cu dicari dari rumus korelasi antara N dan Cu untuk tanah berlempung milik Terzaghi dan Peck, yaitu:

Lempung plastis, Cu=12,5N

Lempung berlanau, Cu=10N

Lempung berpasir, Cu=6,7N

dimana: Cu dalam Kpa

4.2 Kriteria Desain Jaringan Perpipaan

Dalam merencanakan suatu jaringan perpipaan, khususnya jaringan perpipaan pipa pendingin Pembangkit Listrik Tenaga Uap ada beberapa kriteria yang perlu diperhatikan yaitu :

1. Kriteria Makro

- Potensial Pengembangan Kapasitas PLTU

Melihat kebutuhan listrik di Lombok terus meningkat dan keterbatasan pasokan sumber daya listrik maka kedepannya PLTU Lombok timur ini memiliki potensi untuk pengembangan kapasitasnya

- Dampak Lingkungan dan sosial Ekonomi

Mempertimbangkan wilayah konservasi, kepadatan penduduk serta pembebasan lahan. Dalam pembangunan jaringan perpipaan khususnya letak *intake* ataupun *outlet* di usahakan tidak mencemari konservasi alam terumbu karang. Tata guna lahan (peternakan mutiara) harus diprioritaskan untuk terlayani dan tidak terganggu

2. Kriteria Teknis

Berkaitan dengan perencanaan yang bersifat teknis. Perencanaan jaringan perpipaan dilakukan pada peta dan layout PLTU dengan skala 1 : 2000 dan pengamatan langsung di lapangan. Batasan dalam perencanaan jaringan perpipaan dalam kriteria teknis ialah

- Letak *intake* dan *outlet*

Letak *intake* dan *outlet* harus dibuat sejauh mungkin sebab air yang keluar dari *outlet* suhunya tidak memenuhi standar untuk digunakan sebagai air pendingin sebab terlalu panas.

- Letak *boiler*

Letak *boiler* merupakan hal penting dalam perencanaan jaringan pipa pendingin, sebab air pendingin berguna untuk mendinginkan uap panas hasil pembakaran pada *boiler*.

- Galian timbunan

Dengan melihat peta topografi, perencanaan jaringan diusahan untuk tidak menghasilkan desain yang volume galian dan timbunan yang cukup besar karena galian dan timbunan juga berhubungan langsung dengan biaya metode pelaksanaan konstruksi.

- Perlintasan dengan *obstacle*

Obstacle yang dimaksud diantaranya adalah jalan, bangunan, *konveyor* dll. Jika terpaksa harus melewati *obstacle* maka pipa dibuat kebih rendah atau lebih tinggi. Hal ini akan berakibat pada *headloss* yang terjadi pada pompa

3. Kriteria biaya konstruksi

Kriteria ini memperhatikan hal yang berkaitan dengan pelaksanaan konstruksi pembangunan jaringan perpipaan seperti

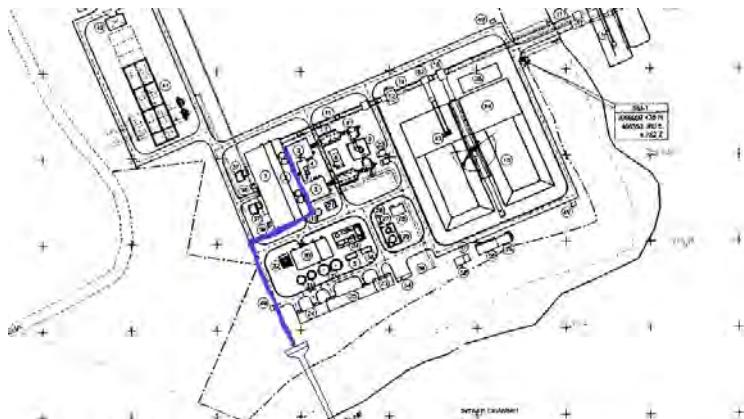
keterjangkauan lokasi untuk peralatan dan material, adanya sumber materia, dan lain – lain.

4.2.1 Penentuan Jaringan Perpipaan

Dalam penentuan jaringan perpipaan ada beberapa alternatif yang nantinya akan dipilih satu trase jalan dari beberapa alternative yang tersedia. Perlu diketahui bahwa PLTU Lombok timur memiliki kapasitas $2 \times 50\text{MW}$ dengan pembangunan yang bertahap sehingga jaringannya terbagi menjadi 2 seperti gambar 4.

4.2.1.1 Alternatif Jaringan Perpipaan I

Di dalam gambar 4. Menunjukkan bahwa letak inlet dengan *outlet* sangat jauh dan *intake* untuk kedua *boiler* adalah sama. Sehingga lenih efektif dan murah. Namun juga perlu diketahui bahwa *intake* seperti pada gambar akan berpengaruh pada peternakan tiram di dekatnya.



Gambar 4. 1 Alternatif 1 Desain Jaringan Perpipaan Untuk Tahap
1

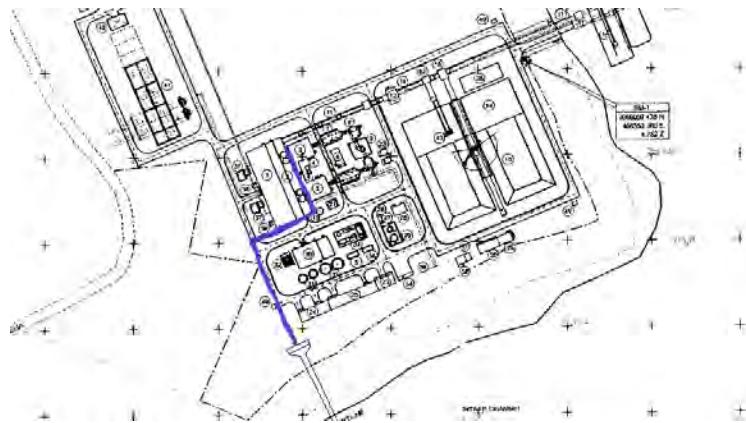


Gambar 4. 2Alternatif 1 Desain Jaringan Perpipaan Untuk Tahap 2

4.2.1.2 Alternatif Jaringan Perpipaan II

Pada alternatif yang kedua posisi *intake* dan jaringan pada pembangunan PLTU tahap 1 adalah sama. Namun pada pembangunan tahap 2 terjadi perubahan letak *intake* sehingga jaringan perpipaannya pun berubah.

Letak *intake* pada pembangunan tahap 1 tetap menganggu peternakan tiram yang ada di sebelahnya walaupun tidak sebesar pada alternatif 1. Sedangkan pada jaringan tahap ke 2 pembangunan mengalami perlintasan dengan beberapa *obstacle* yaitu sejajar dengan *konveyor* dan memotong jalan utama.



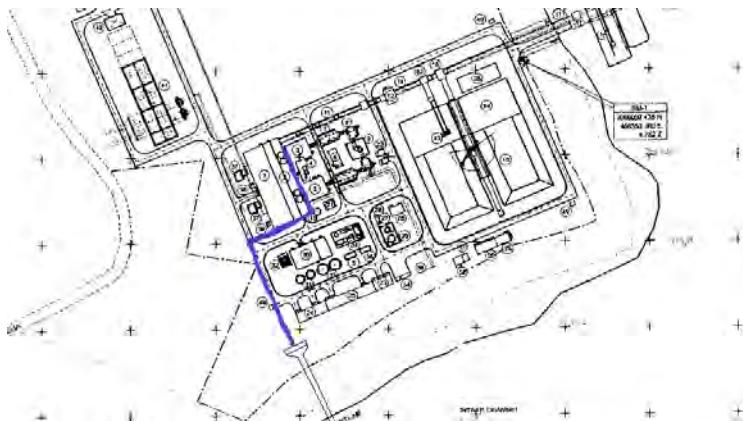
Gambar 4.3 Alternatif 2 Desain Jaringan Perpipaan Untuk Tahap 1



Gambar 4. 4 Alternatif 2 Desain Jaringan Perpipaan Untuk Tahap 2

4.2.1.3 Alternatif Jaringan Perpipaan III

Pada alternatif jaringan yang ke 3 letak *intake* dan jaringan pembangunan tahap 1 juga masih sama sehingga dampak yang diakibatkan pun juga masih sama. Namun pada jaringan pembangunan tahap ke 2 terjadi perubahan yaitu *intake* semakin dekat dengan *outlet* namun semakin jauh dengan *boiler*. walaupun dekat dengan *outlet* namun *intake* tidak terpengaruh oleh air yang keluar dari *outlet*, tapi jaringannya menjadi panjang sehingga harganya semakin mahal.



Gambar 4. 5 Alternatif 3 Desain Jaringan Perpipaan Untuk Tahap 1

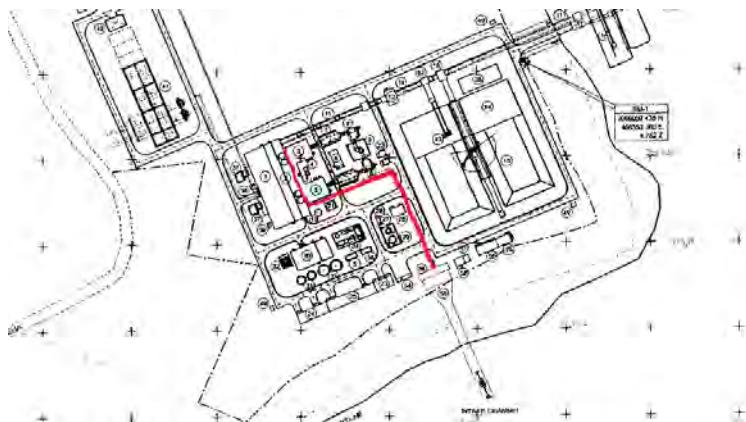


Gambar 4. 6 Alternatif 3 Desain Jaringan Perpipaan Untuk Tahap 2

4.2.1.4 Alternatif Jaringan Perpipaan IV

Seperti gambar 4.7 letak *intake* dan jaringan pada pembangunan tahap 1 telah berubah sehingga tidak mengganggu peternakan tiram walupun jaringannya menjadi lebih agak panjang.

Untuk jaringan pembangunan tahap ke 2 , letak *intake* dan jaringannya masih sama dengan alternatif 3 sebab walupun lebih panjang jaringan ini tidak mempengaruhi peternakan tiram dan tidak melewati *obstacle* yang ada.



Gambar 4. 7 Alternatif 4 Desain Jaringan Perpipaan Untuk Tahap 1



Gambar 4. 8 Alternatif 4 Desain Jaringan Perpipaan Untuk Tahap 2

4.2.2 Perencanaan Jaringan Perpipaan

Kesimpulan yang diambil untuk pemilihan jaringan adalah :

- Potensial pengembangan kapasitas PLTU
Potensial pengembangan kapasitas PLTU menyebabkan *intake* kedua tahap pembangunan tidak dapat dibuat menjadi satu sehingga harus dipisah, untuk mengatasi kemungkinan ini. Sebab ketika kapasitas PLTU bertambah maka debit untuk air pendingin pun bertambah.
- Dampak lingkungan sosial ekonomi
Lingkungan,sosial,ekonomi merupakan fakta yang harus diperhatikan sebab dalam pembangunan PLTU ini diharapkan tidak ada pihak yang merasa dirugikan.
- Perlintasan dengan *obstacle*
Perlintasan dengan *obstacle* juga merupakan hal yang cukup penting. Diharapkan perencanaan dengan memperhatikan *obstacle* yang ada, tidak mengganggu mobilitas setiap komponen PLTU.

Maka dengan pertimbangan faktor di atas, maka dapat disimpulkan bahwa penentuan jaringan yang digunakan yaitu alternatif 4.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Desain Hidrolik

Desain hidrolik yang dimaksud dalam tugas akhir ini adalah desain jaringan perpipaan pipa pendingin, pompa dan rumah pompa.

5.1.1 Pre Eliminary Desain Pipa

Pre-eliminary desain pipa dilakukan untuk menentukan pipa yang dipakai sebagai input pada software EPANET untuk mengetahui *headloss* dan *pressure* yang terjadi pada jaringan perpipaan. Dengan debit masuk 31700 gpm maka *pre-eliminary* desain pipa :

- *Node/junctions*

material	:	<i>carbon steel pipe</i>
diameter	:	22 inch
<i>schedule</i>	:	5S
ketebalan	:	0.165-0.188 inch
- Pipa

material	:	<i>carbon steel pipe</i>
diameter	:	24 inch
<i>schedule</i>	:	60
ketebalan	:	0.848-0.969 inch

5.1.2. Pemodelan Dan Analisa Jaringan Perpipaan Menggunakan Epanet

Dalam mendesain jaringan di epanet beberapa hal yang diperhatikan adalah:

- Penggunaan satuan yaitu menggunakan satuan imperial dengan flow units GPM
- Menggunakan formula *Hazen-William* dalam menghitung *headloss*
- Dengan Asumsi suhu rata-rata air laut sebesar 34° maka viskositas air laut 0.00083

Dengan memilih alternatif ke 4 sesuai dengan kesimpulan di bab 4 maka, data-data jaringan perpipaan yang ada yaitu :

- Pipa

Tabel 5.1 Data Properties Pipa

Pipe	Diameter (inch)	Roughness	length (ft)
P-1	24	150	85.3
P-2	24	150	65.6
P-3	24	150	49.2
P-4	24	150	41
P-9	24	150	45.93
P-10	24	150	41
P-11	24	150	4.92
P-12	24	150	3.28
P-13	24	150	13.12
P-14	24	150	3.28
P-15	24	150	4.92
P-16	24	150	3.28
P-17	24	150	13.12
P-18	24	150	3.28

- *junction*

Junction pada epanet merupakan titik yang memiliki elevasi . biasanya merupakan belokan(*elbow*) / tempat keluarnya air (*vessel*)

Tabel 5.1 Data Properties *Junction*

Junction	Deman(gpm)	elevation (ft)
J-1	0	9.84
J-2	0	13.12

Tabel 5.2 Data Properties Junction (*lanjutan*)

J-3	0	13.12
J-4	0	13.12
J-5	0	13.12
J-11	0	9.84
J-12	0	13.12
J-13	0	13.12
J-14	0	13.12
J-15	0	13.12
J-16	15850	13.12
J-17	15850	13.12
J-6	0	13.12
J-7	15850	13.12
J-8	0	13.12
J-9	15850	13.12

- *reservoir*

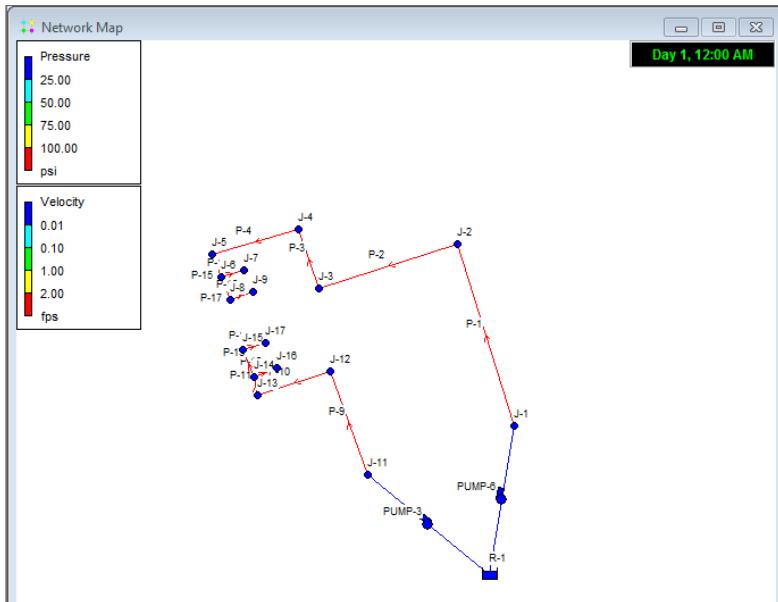
Di dalam tugas akhir ini menggunakan sumber air dari laut sehingga input yang dimasukkan hanya elevasi storage yaitu total head sebesar – 19.68 ft

- Pompa

Dalam merencanakan kapasitas pompa, input yang dimasukkan adalah flow dan head untuk membuat kurva pompa. Sedangkan untuk memperoleh flow dan head digunakan metode trial and error agar mendapatkan kurva pompa yang efektif.

Dengan memakai 6 pompa, hasil yang didapat dengan metode ini yaitu kurva pompa dengan flow 5500 gpm dengan head 80 ft

Setelah melakukan input-input tersebut maka bentuk jaringan perpipaan bisa dilihat dengan melihat gambar 5.1 dengan output untuk pipa pada gambar 5.2, sedangkan untuk *junction* pada gambar 5.3



Gambar 5.1 Bentuk/Skema Jaringan Perpipaan Pipa Pendingin

Node ID	Demand GPM	Head ft	Pressure psi	Quality
Junc J-1	0.00	27.92	7.83	0.00
Junc J-2	0.00	24.50	4.93	0.00
Junc J-3	0.00	21.88	3.79	0.00
Junc J-4	0.00	19.91	2.94	0.00
Junc J-5	0.00	18.26	2.23	0.00
Junc J-11	0.00	27.92	7.83	0.00
Junc J-12	0.00	26.08	5.62	0.00
Junc J-13	0.00	24.44	4.90	0.00
Junc J-14	0.00	24.24	4.82	0.00
Junc J-15	0.00	24.10	4.76	0.00
Junc J-16	15850.00	24.20	4.80	0.00
Junc J-17	15850.00	24.06	4.74	0.00
Junc J-6	0.00	18.07	2.14	0.00
Junc J-7	15850.00	18.03	2.13	0.00
Junc J-8	0.00	17.92	2.08	0.00
Junc J-9	15850.00	17.89	2.06	0.00

Gambar 5.2 Output Untuk *NodeJunctions*

Link ID	Flow GPM	Velocity fps	Unit Headloss ft/Kft	Friction Factor	Re
Pipe P-1	31700.00	22.48	40.04	0.010	
Pipe P-2	31700.00	22.48	40.04	0.010	
Pipe P-3	31700.00	22.48	40.04	0.010	
Pipe P-4	31700.00	22.48	40.04	0.010	
Pipe P-9	31700.00	22.48	40.04	0.010	
Pipe P-10	31700.00	22.48	40.04	0.010	
Pipe P-11	31700.00	22.48	40.04	0.010	
Pipe P-12	15850.00	11.24	11.09	0.011	
Pipe P-13	15850.00	11.24	11.09	0.011	
Pipe P-14	15850.00	11.24	11.09	0.011	
Pipe P-15	31700.00	22.48	40.04	0.010	
Pipe P-16	15850.00	11.24	11.09	0.011	
Pipe P-17	15850.00	11.24	11.09	0.011	
Pipe P-18	15850.00	11.24	11.09	0.011	
Pump PUMP-1	10566.67	0.00	-8.24	0.000	
Pump PUMP-2	10566.67	0.00	-8.24	0.000	
Pump PUMP-3	10566.67	0.00	-8.24	0.000	
Pump PUMP-4	10566.67	0.00	-8.24	0.000	
Pump PUMP-5	10566.67	0.00	-8.24	0.000	
Pump PUMP-6	10566.67	0.00	-8.24	0.000	

Gambar 5.3 Output Untuk Links/Pipa

5.1.3 Pressure Desain Untuk Pipa

Pressure desain merupakan salah satu kontrol untuk melihat kemampuan pipa dalam menahan tekanan. Spesifikasi pipa dalam tugas akhir ini menggunakan Spesifikasi pipa NAVCO pipe data log. Yang merupakan standarisasi pipa untuk Amerika.

Dengan debit 31700 gpm digunakan *carbon steel pipe* dengan 24 inch A53/60 dengan spesifikasi seperti lampiran 1. Sedangkan untuk branch menggunakan diameter 22inch A53/5S

Ada dua hal yang akan kita kontrol untuk *pressure desain* yaitu ketebalan pipa untuk links dan node. Dalam menghitung *pressure* desain menggunakan peraturan ASME B31.1 Menggunakan rumus

$$T_m = \left[\frac{P \cdot D_o}{2(S_E + P_y)} \right] + A$$

P = internal *Pressure* (psig) dari epanet

D_o = Diameter luar (inch)

S = *maximum allowable stress* bergantung pada temperature pipa lihat pada Asme B3.31 appendix A(Lampiran III)

E = weld joint efficiency Asme B3.31 appendix A(Lampiran IV)

y = koefisien untuk *creep*

A = additional thickness untuk korosi

- Cek ketebalan pipa untuk pipa lurus

$$T_{mh} = \left[\frac{12.8 \times 24}{2(13.7.1 + 12.8 \times 0.4)} \right] + 0.0625 \\ = 0.0736 \text{ inch}$$

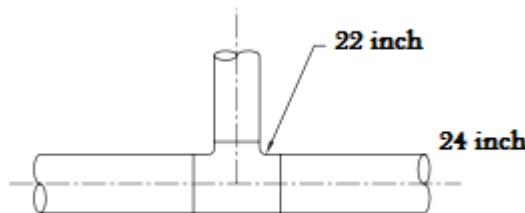
Actual tm pipe

$$T_h = \varphi \times 0.848 = 0.875 \times 0.848 = 0.742 \text{ inch}$$

T_{mh} < ketebalan pipa (ok)

- Cek ketebalan dan reinforcement untuk node

Untuk *node/ branch* di pipa cara perhitungannya mirip dengan penghitungan di *straight pipe* namun perlu diberi perkuatan (gambar 5.5)



Gambar 5.4 Hubungan Branch Pada Pipa

Langkah langkahnya

- Menghitung T_m branch

$$\begin{aligned} T_{mb} &= \left[\frac{12.8 \times 22}{2(13.71 + 12.8 \times 0.4)} \right] + 0.0625 \\ &= 0.073 \text{ inch} \end{aligned}$$

$T_{mb} <$ ketebalan pipa (ok)

Actual t_m pipe

$$T_h = \phi \times 0.188 = 0.875 \times 0.188 = 0.1645 \text{ inch}$$

$$\text{Excess pipe wall} = 0.1645 - 0.073 = 0.0915 \text{ inch}$$

- Menghitung A_7

A_7 merupakan area yang membutuhkan perkuatan

$$d_1 = \text{diameter dalam pipa cabang} = 21.624 \text{ inch}$$

$$A_7 = (t_m - A) d_1$$

$$= (0.0736 - 0.0625) 21.624$$

$$= 0.24 \text{ in}^2$$

- Menghitung d_2

d_2 adalah batas area perkuatan

$$d_2 = (T_b - A) + (T_h - A) + d_1/2$$

$$= (0.1645 - 0.0625) + (0.742 - 0.0625) + (21.642/2)$$

$$= 11.64 \text{ in}$$

- Menghitung L_4

L_4 adalah tinggi daerah perkuatan

$$L_4 < 2.5 (T_b - A) + t_r \text{ atau } 2.5 (T_h - A)$$

T_r = ketebalan dari perkuatan lapisan dari pabrik = 0

$$L_4 < 2.5(0.1645 - 0.0625)$$

$$= 0.225 \text{ in}$$

$$L_4 = 2.5(0.742 - 0.0625)$$

$$= 1.7 \text{ in}$$

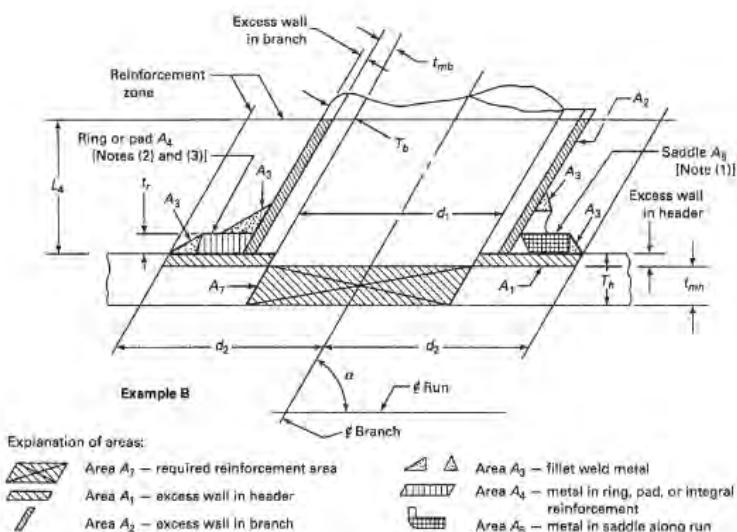
Maka dipakai $L_4 = 0.225 \text{ in}$

$$A_1 = (2d_2 - d_1)(T_h - t_{mh})$$

$$= (2 \times 11.64 - 21.624)(0.75 - 0.0736)$$

$$= 1.12$$

$A_1 > A_7$ (ok)



Gambar 5.5 Berbagai Area Perkuatan Untuk Koneksi Cabang

Maka branch connection memenuhi persyaratan

5.1.4 Desain Kapasitas Pompa

Pompa adalah suatu alat atau mesin yang digunakan untuk memindahkan cairan dari suatu tempat ke tempat yang lain melalui suatu media perpipaan dengan cara menambahkan energi pada cairan yang dipindahkan dan berlangsung secara terus menerus.

Pompa Sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa pemindah non positip adalah pompa sentrifugal yang prinsip kerjanya mengubah energi kinetis (kecepatan) cairan menjadi energi potensial (dinamis) melalui suatu impeller yang berputar dalam casing.

5.1.4.1 Klasifikasi Pompa Sentrifugal

Pompa Sentrifugal dapat diklasifikasikan, berdasarkan :

1. Kapasitas :

- Kapasitas rendah $< 20 \text{ m}^3 / \text{jam}$
- Kapasitas menengah $20 \text{ :- } 60 \text{ m}^3 / \text{jam}$
- Kapasitas tinggi $> 60 \text{ m}^3 / \text{jam}$

2. Tekanan Discharge :

- Tekanan Rendah $< 5 \text{ Kg/cm}^2$
- Tekanan menengah $5 \text{ :- } 50 \text{ Kg/cm}^2$
- Tekanan tinggi $> 50 \text{ Kg/cm}^2$

3. Jumlah / Susunan Impeller dan Tingkat :

- *Single stage* : Terdiri dari satu impeller dan satu casing
- *Multi stage* : Terdiri dari beberapa impeller yang tersusun seri dalam satu casing.
- Multi Impeller : Terdiri dari beberapa impeller yang tersusun paralel dalam satu casing.
- Multi Impeller Multi stage : Kombinasi multi impeller dan multi stage.

4. Posisi Poros :

- Poros tegak
- Poros mendatar

5. Jumlah Suction :

- *Single Suction*

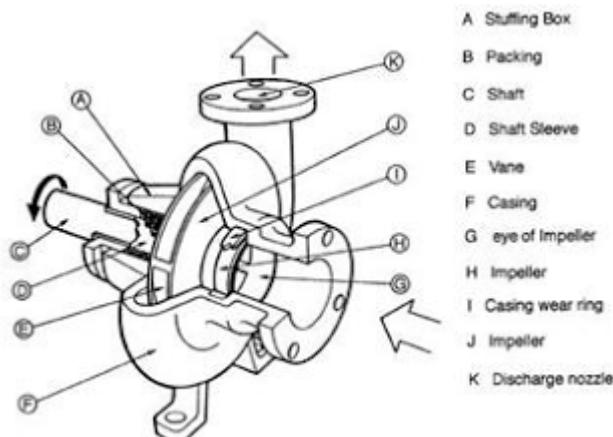
- *Double Suction*

6. Arah aliran keluar impeller :

- *Radial flow*
- *Axial flow*
- *Mixed flow*

5.1.4.3 Bagian-bagian Utama Pompa Sentrifugal

Secara umum bagian-bagian utama pompa sentrifugal dapat dilihat seperti gambar 5.5 :



Gambar 5. 6 Bagian Utama Pompa Sentrifugal

- Kapasitas pompa yang ditentukan dari epanet adalah

$$Q = 16500 \text{ gpm} = 1041 \text{ l/s}$$

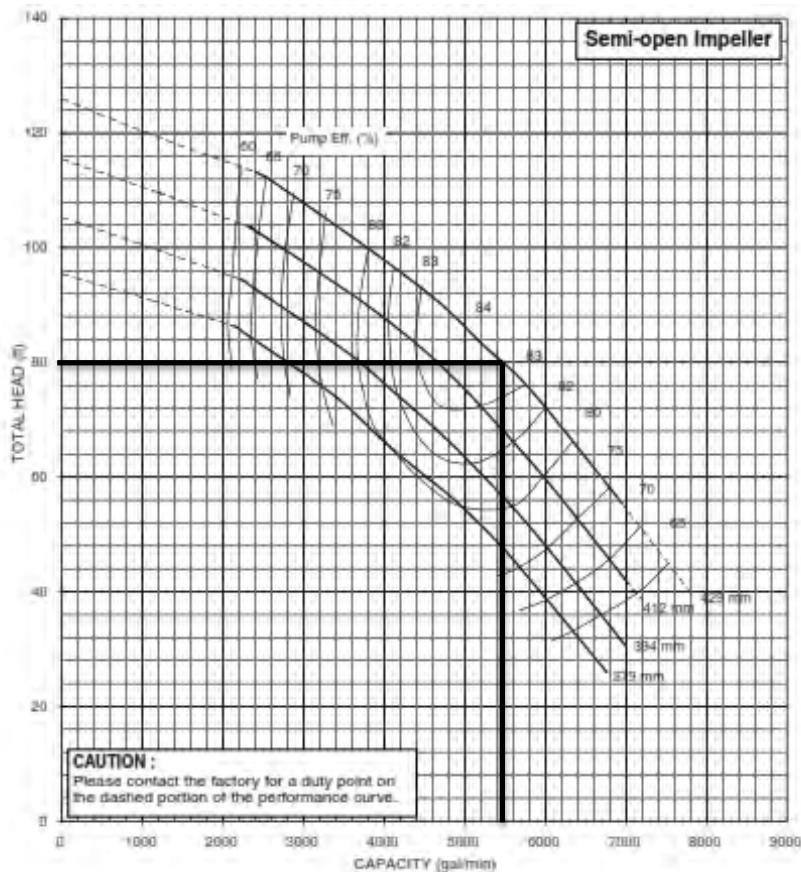
$$H = 80 \text{ ft} = 24.4 \text{ m}$$

Direncanakan menggunakan 3 pompa dengan kapasitas 5500 gpm dengan head 80 ft.

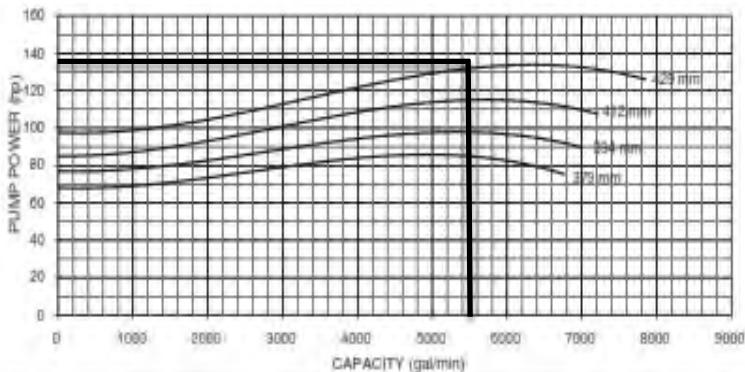
Dengan model 250DSC4, 400x250DSCA4

Untuk melihat efisiensi pompa dan diameter impeller maka harus menggunakan grafik pompa sentrifugal seperti gambar 5.6.

sedangkan untuk mengetahui energi yang diperlukan untuk mengoperasikan sebuah pompa lihat grafik pada gambar 5.7



Gambar 5.7 Grafik Efisiensi Pompa Untuk Pompa Sentrifugal



Gambar 5.8 Grafik pompa Sentrifugal Untuk Melihat Tenaga Yang Dibutuhkan

Dari gambar 5.5 yaitu grafik efisiensi pompa, didapatkan bahwa pompa ini menggunakan impeller dengan diameter 429 mm dengan efisiensi pompa sebesar 83.5 %.

Sedangkan dari gambar 5.6 diketahui bahwa dengan kapasitas pompa 5500 gpm dengan impeller 429 mm maka tenaga pompa yang dibutuhkan adalah 135 HP.

5.1.5 Desain Rumah Pompa

Rumah pompa di desain dengan beberapa kelengkapan yaitu long storage dan tampungan untuk endapan. Terlampir di lampiran V.

5.2 Desain Struktur *Pipe Rack*

Pipe Rack merupakan bangunan non-struktural yang berfungsi sebagai penopang/tiang sandaran pipa yang berguna melindungi pipa dari *obstacle* yang ada dan menjaga total head yang terjadi tidak terlalu besar.

Pada tugas akhir ini *Pipe Rack* yang digunakan yaitu *Pipe Rack* dengan 1 tingkat yang terbuat dari struktur baja dengan fy 40 MPa, serta tinggi dan interval sebesar 4m.

5.2.1 Pre Eliminary Desain *Pipe Rack*

Dalam merencanakan profil yang dipakai didasarkan pada syarat kelangsungan baja, yaitu

$$\frac{Lk}{I_{min}} < 300$$

Maka dengan rumus itu dapat ditentukan dimensi profil yang dipakai, sebagai contoh adalah perhitungan dimensi kolom seperti di bawah ini.:

$$\frac{Lk}{I_{min}} < 300$$

$$\frac{400}{I_{min}} < 300$$

$$I_{min} < 1.33 \text{ cm}$$

Maka profil dimensi kolom yang dipakai

400 x 300 x 10 x 16

A = 136 cm ²	tf = 16 mm	Zx = 2116 cm ³
W = 107 kg/m	I _x = 38700 cm ⁴	Z _y = 729 cm ³
a = 400 mm	I _y = 7210 cm ⁴	h = 332 mm
bf = 300 mm	tw = 10 mm	S _x = 1980 cm ³
iy = 7.28 cm	ix = 16.9 cm	

Dengan cara yang sama didapatkan dimensi masing-masing komponen *Pipe Rack* pada tabel 5.3

Tabel 5.3 Dimensi Setiap Komponen Pada Piperack

Komponen	Dimensi
kolom	400 x 300 x 10 x 16
Balok Melintang	400 x 300 x 10 x 16
Balok memanjang	200 x 100 x 8 x 11
Batang diagonal	120 x 120 x 11

5.2.2 Pemodelan Dan Analisa Struktur *Pipe Rack*

Pemodelan struktur *Pipe Rack* menggunakan program bantu SAP dengan beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu:

5.2.2.1 Pembebanan

Dalam tugas akhir ini menggunakan beberapa peraturan sebagai acuan untuk mencari beban yang digunakan. Untuk mencari beban suhu, pipa, dan *Operating platforms* menggunakan PIP dan ASME, sedangkan untuk beban gempa menggunakan SNI gempa dengan metode beban gempa dinamis.

5.2.2.1.1 Beban Mati

Beban mati terdiri dari berat sendiri struktur *Pipe Rack*, berat piperack, berat pipa dan berat air yang mengalir. Untuk berat pipa dan berat air yang mengalir dapat dilihat melalui tabel pipa NAVCO di lampiran VI.

- Kolom = 107 kg/m
- Balok melintang = 107 kg/m
- Balok memanjang = 21.3 kg/m
- Batang diagonal = 19.9 kg/m
- Pipa = 32.6 kg/m
- Air = 24.8 kg/m

5.2.2.1.2 Beban Hidup

Beban hidup yang digunakan dalam perencanaan ini hanya *Operating platforms* dan manusia. *Operating platforms* dapat dilihat di peraturan PIP dan ASME, sedangkan beban manusia dilihat pada peraturan pembebanan SNI.

- *Operating platforms* = 4.5 KN
- Manusia = 100 kg

5.2.2.1.3 Beban Suhu

Beban suhu ada karena diakibatkan adanya pemuaian pada pipa dan *Pipe Rack* sehingga memiliki gaya tekan yang

menekan ke segala arah. Suhu yang digunakan adalah suhu rata-rata pantai di sambelia yaitu 35°

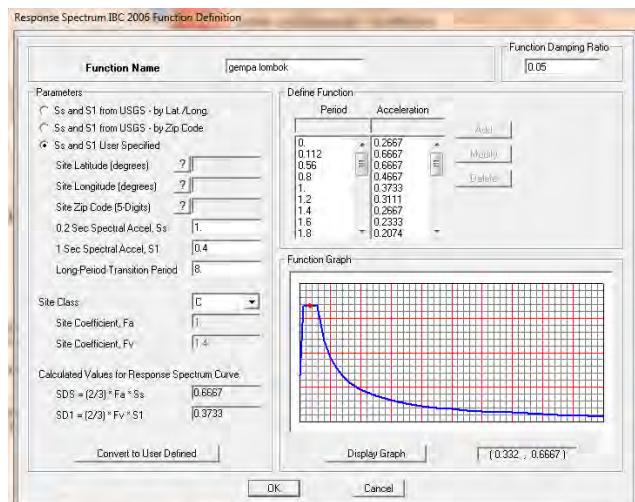
Sedangkan Pipe action forces (AF) merupakan beban yang dihasilkan oleh gesekan air dengan pipa. Yaitu didapat dari asumsi 10% dari total berat jaringan perpipaan.

- Thermal forces = 30°
- Pipe action forces = 65.2 kg

5.2.2.1.4 Beban Gempa

Beban gempa yang dimasukkan dalam sap merupakan beban gempa dinamis. Ada beberapa parameter yang dimasukkan pada SAP untuk mendapatkan respon spektrum gempa(lihat gambar 5.9) , yaitu Ss,S1 dan Site class yang didapat dari SNI gempa

Karena Gempa bekerja pada arah X atau Y maka kombinasinya ada dua, yaitu gempa arah X dengan prosentase X 70 % dan arah Y 30 % serta gempa arah Y dengan prosentase arah X 30% dan arah Y 70%.

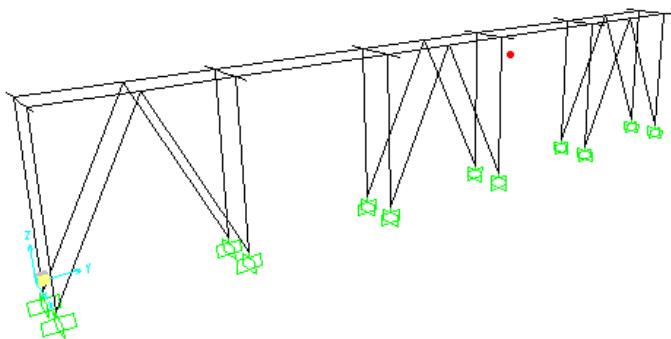


Gambar 5.9 Input Respon Spektrum pada SAP 2000

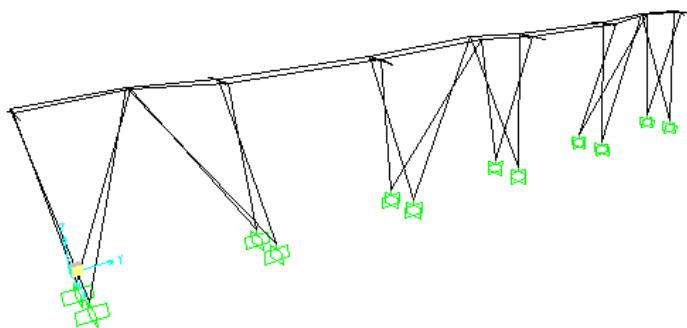
5.2.2.2 Output Pemodelan struktur SAP

Output yang didapatkan dalam SAP merupakan gaya-gaya dalam yang bekerja pada *Pipe Rack*. Gaya yang bekerja dibagi menjadi dua berdasarkan letaknya yaitu gaya yang bekerja pada frame dan gaya pada tumpuan yang bisa dilihat pada lampiran VII.

Gambar 5.10 merupakan bentuk model *Pipe Rack* sebelum di running. Sedangkan gambar 5.11 merupakan gambar deformasi *Pipe Rack* akibat beban mati.



Gambar 5.10 Pemodelan *Pipe Rack* pada SAP



Gambar 5. 11 Deformasi Struktur Akibat Beban Mati

5.2.2.3 Kontrol Dimensi

Kontrol dimensi secara manual berguna untuk mengecek hasil output SAP apakah sudah benar atau belum. Sebagai contoh diambil komponen balok memanjang untuk di kontrol secara manual, sedangkan komponen yang lain bisa dilihat di lampiran VIII.

Dari Hasil Sap 2000

Beban Ultimate -

$$\begin{array}{lll}
 Sbx \rightarrow M_{utx} = 0 \text{ Kgm} & & M_{ax} = 224.6 \text{ Kgm} \\
 M_{uty} = 224.6 \text{ kgm} & & M_{bx} = -87 \text{ Kgm} \\
 N_u = 172.4 \text{ Kg} & & M_{sx} = 64.22 \text{ Kgm} \\
 V_u = 2140.5 \text{ kg} & &
 \end{array}$$

Profil baja yang digunakan yaitu

200 x 100 x 8 x 11

$$\begin{array}{lll}
 A = 27.16 \text{ cm}^2 & t_f = 11 \text{ mm} & Z_x = 200 \text{ cm}^3 \\
 W = 21.3 \text{ kg/m} & I_x = 1840 \text{ cm}^4 & Z_y = 41 \text{ cm}^3 \\
 a = 200 \text{ mm} & I_y = 134 \text{ cm}^4 & h = 142 \text{ mm} \\
 b_f = 100 \text{ mm} & t_w = 5.5 \text{ mm} & S_x = 771 \text{ cm}^3 \\
 i_y = 2.22 \text{ cm} & i_x = 8.24 \text{ cm} &
 \end{array}$$

Mutu Baja = BJ 41

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

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

5.2.2.3.1 Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{400}{360} = 1.11 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5L^2}{48EI}(Ms - 0.1(Ma - Mb))$$

$$f = \frac{5.16^2}{48.200000.38700} (64.2 \times 0.1(224.6 \times 87))$$

$$f = 0.03\text{cm}$$

$$f < f_{ijin}(ok)$$

5.2.2.3.2 Kontrol Tekuk

- Untuk arah X

$$k_{cx} = 1 \text{ (sendi-sendi)}$$

$$L = 400 \text{ cm}$$

$$L_{kx} = 400 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{L_{kx}}{i_x} = 48.54\text{cm}$$

$$N_{crbx} = \frac{\pi^2 EA}{\lambda_x^2} \quad N_{crbx} = \frac{3.14^2 \times 200000 \times 136}{48.54^2}$$

$$N_{crbx} = 227493\text{kg}$$

- Untuk arah Y

$$k_{cy} = 1 \text{ (jepit sendi)}$$

$$L = 400 \text{ cm}$$

$$L_{ky} = 400 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{ky}}{i_y} = 180.18\text{cm} \text{ (menentukan)}$$

$$N_{crby} = \frac{\pi^2 EA}{\lambda_y^2} \quad N_{crby} = \frac{3.14^2 \times 200000 \times 136}{24.473^2}$$

$$N_{crby} = 3556688\text{kg}$$

Maka dipakai λ_y karena $\lambda_y > \lambda_x$

$$\lambda_c = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad \lambda_c = \frac{180.18}{\pi} \sqrt{\frac{2400}{200000}}$$

$$\lambda_c = 1.98$$

$0.25 < 1.2 < \lambda_c$ maka rumus w adalah

$$\omega = 1.25 \times \lambda c^2 = 4.93$$

$$P_n = \frac{Ag.F_y}{\omega} = \frac{27.16 \times 2400}{4.93} = 13210.2 \text{ kg}$$

$$\frac{Pu}{\varphi c P_n} = \frac{172.4}{0.85 \times 13210.2} = 0.015 < 0.2$$

Maka memakai rumus = $\frac{Pu}{2\varphi c P_n} + \frac{M_{ux}}{\varphi b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\varphi b M_{ny}} \leq 1$

- X batang dianggap tidak bergoyang

$$S_{bx} = \frac{C_{mx}}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{crbx}} \right)} \geq 1$$

$$C_{mx} = 1 \quad S_{bx} = \frac{1}{1 - \left(\frac{172.4}{227493} \right)} \geq 1$$

$$S_{bx} = 1.00076 < 1$$

$$S_{bx} = 1.00076$$

$$M_{ux} = M_{utx} * S_{bx}$$

$$M_{ux} = 0 \times 1.00076 = 0 \text{ kgm}$$

- Y batang dianggap tidak bergoyang

$$S_{by} = \frac{C_{my}}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{crby}} \right)} \geq 1$$

$$C_{mx} = 1 \quad S_{bx} = \frac{1}{1 - \left(\frac{172.4}{227493} \right)} \geq 1$$

$$S_{by} = 1.00076 < 1$$

$$S_{by} = 1.00076$$

$$M_{uy} = M_{uty} * S_{by}$$

$$M_{uy} = 224.6 \times 1.00076 = 224.43 \text{ kgm}$$

5.2.2.3.3 Menentukan M_{nx}

- kontrol penampang profil

untuk sayap

$$\frac{b}{2tf} \leq \frac{170}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{100}{12} \leq \frac{170}{15.811}$$

$$4.545 \leq 10.75 (\text{ok})$$

untuk badan

$$\frac{h}{t} \leq \frac{1680}{\sqrt{f_y}}$$

$$\frac{142}{5.5} \leq \frac{1680}{\sqrt{2400}}$$

$$25.8 \leq 106.253 (\text{ok})$$

Maka penampang profil kompak $M_{nx} = M_{px}$

Lateral buckling $L_b = 400 \text{ cm}$

$$L_p = 1.76 * i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 362.401 \text{ cm}$$

$$L_r = 1130.174$$

$L_p < L_b < L_r$ (inelastic Buckling)

$$M_{nx} = C_b * \left[Mr + \left(\frac{(Mp - Mr)(Lr - Lb)}{Lr - Lp} \right) \right]$$

$$C_b = \frac{12.5M_{\max}}{2.5M_{\max} + 3Ma + 3Mb + 3Mc}$$

$$C_b = 1.6$$

$$Mr = S_x(f_y - f_r) = 331200 \text{ kgcm}$$

$$Mp = Z_x \cdot f_y = 500000 \text{ kgcm}$$

$$My = S_x \cdot f_y = 460000 \text{ kgcm}$$

$$1.5 My > Mp$$

$$690000 \text{ kgcm} > 500000 \text{ Kgcm} \text{ (ok)}$$

$$M_{nx} = M_p = 500000 \text{ kgcm}$$

$$\begin{aligned} M_{ny} &= Z_y (1 \text{ flens}) . F_y \\ &= 0.25 \times 1.1 \times 100 \times 2400 \\ &= 66000 \text{ kgcm} = 660 \text{ kgm} \end{aligned}$$

5.2.2.3.4 Persamaan Interaksi

$$\begin{aligned} \frac{P_u}{2\phi c P_n} + \frac{M_{ux}}{\phi b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\phi b M_{ny}} &\leq 1 \\ \frac{172.4}{1.7 \times 13210.2} + 0 + \frac{224.43}{0.9 \times 660} &\leq 1 \\ 0.38 &\leq 1 \end{aligned}$$

5.2.2.3.5 Kontrol Kuat rencana Geser

$$\begin{aligned} \frac{h}{tw} &\leq \frac{1100}{\sqrt{f_y}} \\ \frac{142}{2400} &\leq \frac{1100}{\sqrt{2400}} \end{aligned}$$

$$0.05 \leq 69.57$$

Plastic

$$\begin{aligned} V_n &= 0.6 F_y A_w \\ &= 0.6 \times 2400 \times 0.55 \times 20 \\ &= 15840 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$2140.5 \leq 0.9 \times 15840$$

$$2140.5 \leq 14256 \quad (\text{ok})$$

5.2.3 Perencanaan Sambungan

Sambungan dalam perencanaan *Pipe Rack* ini ada 3 macam yaitu sambungan balok melintang memanjang,

sambungan kolom dengan balok melintang dan sambungan batang diagonal. Di subbab ini akan dibahas sambungan balok melintang dan balok memanjang, sedangkan sambungan yang lain terdapat di lampiran IX.

5.2.3.1 Sambungan Balok Memanjang Dan Melintang

Data perencanaaan

Profil balok memanjang : Wf 200x100x8x11

Profil balok melintang : Wf 400x300x10x16

Baut : $\phi 4$ mm mutu normal

Ab : 12.57 mm^2

Direncanakan menggunakan simple connection

Sambungan di web balok memanjang direncanakan 2 tampang
 $m = 2$

Sedangkan sambungan di web balok melintang direncanakan 1
tampang

$m=1$

5.2.3.1 Kekuatan Geser Baut

Bj $F_{nv} = 2400 \text{ kg/cm}^2$

- Untuk sambungan 2 tampang

$$\begin{aligned} V_d &= f_f \cdot f_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 0.75 \times 2400 \times 0.1257 \times 2 \\ &= 452.2 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Untuk sambungan 1 tampang

$$\begin{aligned} V_d &= f_f \cdot f_{nv} \cdot A_b \cdot m \\ &= 0.75 \times 2400 \times 0.1257 \times 1 \\ &= 226.26 \text{ kg} \end{aligned}$$

5.2.3.2 Kekuatan Tumpu Baut

Tebal plat siku penyambung = 5mm

$$\begin{aligned} \text{Plat Bj} &= 37 & f_y &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \\ && f_u &= 3700 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk sambungan 2 tampang pada web memanjang, tebal pelat tertipis = 5mm

$$\begin{aligned} Rd &= f_f 2.4 \text{ tp.fu.db} \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 0.5 \times 3700 \times 0.4 \\ &= 1332 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk sambungan 1 tampang pada web memanjang, tebal pelat tertipis = 5mm

$$\begin{aligned} Rd &= f_f 2.4 \text{ tp.fu.db} \\ &= 0.75 \times 2.4 \times 0.5 \times 3700 \times 0.4 \\ &= 1332 \text{ kg} \end{aligned}$$

5.2.3.2 Analisa Kemampuan Geser Sambungan

Gaya geser yang bekerja adalah Reaksi perletakan pada balok memanjang didadaptkan dari SAP dengan gaya Vu terbesar yaitu = 1.88kN = 188 kg

ϕR_n yang menentukan untuk sambungan 2 tampang adalah : 452.52 kg. Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$\frac{Pu}{\phi R_n} = \frac{118}{452.2} = 0.415 = 1 \text{ buah}$$

Sambungan pada web memanjang menggunakan jumlah baut minimal yaitu 4 buah.

ϕR_n yang menentukan untuk sambungan 2 tampang adalah : 226.26 kg. Jumlah baut yang dibutuhkan :

$$\frac{Pu}{\phi R_n} = \frac{118}{226.26} = 0.83 = 1 \text{ buah}$$

Sambungan pada web melintang menggunakan jumlah baut minimal yaitu masing masing 4 buah

Syarat jarak pemasangan baut
 $3 \text{ db} \leq S \leq 15 \text{ tp atau } 200 \text{ mm}$

$$12 \text{ mm} \leq S \leq 75 \text{ mm}$$

Diambil $S = 70 \text{ mm}$

$$1.5 \text{ db} \leq S_1 \leq 4 \text{ tp} + 100$$

$$6 \text{ mm} \leq S_1 \leq 120 \text{ mm}$$

Diambil $S_1 = 50 \text{ mm}$

5.2.3.2 Analisa Kemampuan Geser Sambungan

Direncanakan menggunakan pelat siku penyambung profil siku

$75 \times 75 \times 5$

$b = 75 \text{ mm}$ $\text{BJ 37, } F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$

$t_L = 5 \text{ mm}$ $F_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$

Sambungan pada web balok memanjang

$L = 50 \text{ mm}$

Luas bidang geser pelat

$$\text{Anv} = L \times t_L$$

$$= 46.5$$

$$= 230 \text{ mm}^2$$

Sambungan 2 tampang, maka menggunakan 2 pelat siku

$$P_u < 2 \times \phi (0.6 \times f_u \times \text{Anv})$$

$$188 < 0.75 \times 10212$$

$$188 < 7659 \text{ kg (OK)}$$

Sambungan pada web balok melintang

$L = 65 \text{ mm}$

Luas bidang geser pelat

$$\text{Anv} = L \times t_L$$

$$= 63.5$$

$$= 315 \text{ mm}^2$$

Sambungan 1 tampang, maka menggunakan 1 pelat siku

$$P_u < 2 \times \phi (0.6 \times f_u \times \text{Anv})$$

$$94 < 0.75 \times 6993$$

$$94 < 5244.75 \text{ kg (OK)}$$

Pelat siku penyambung $75 \times 75 \times 5$ dapat digunakan

Panjang pelat sambung pada web balok memanjang = 50 mm
 Panjang pelat sambung pada web balok melintang = 65 mm

5.2.3.2 Gambar Sambungan

Ada dua macam sambungan yang digambar. Keduanya terdapat di lampiran X.

5.3 Desain Pondasi

Desain pondasi yang dimaksud adalah desain pondasi untuk struktur *Pipe Rack*.

5.3.1 Perencanaan Pondasi

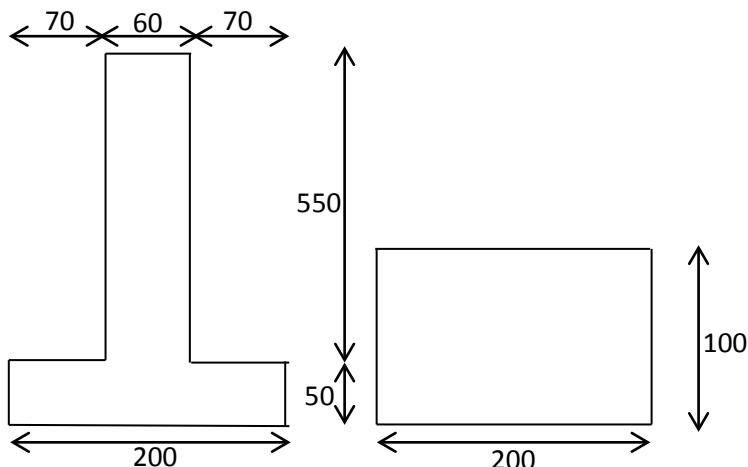
5.3.1.1 Ketentuan – Ketentuan Perencanaan

- Panjang bentang *Pipe Rack* : 4 m
- Lebar jalan : 2 m
- Mutu baja : BJ 41
- Mutu beton : $f_c' = 40 \text{ Mpa}$
- Berat jenis beton : 24 KN/m^3
- Gelagar memanjang : WF200x100x8x11, $q = 21.3 \text{ kg/m}$
- Gelagar melintang : WF400x300x10x16, $q = 107 \text{ kg/m}$
- Kolom : WF400x300x10x16, $q = 107 \text{ kg/m}$
- Batang diagonal : L120 x 120 x 11, $q = 19.9 \text{ kg/m}$
- Tanah yang berada di atas abutment adalah tanah urugan yaitu pasir, dengan data tanah sebagai brikut :
 - $\gamma_t = 1.9 \text{ t/m}^2$
 - $\Phi = 35^\circ$
 - $C = 0 \text{ t/m}^2$
- Pondasi direncanakan pada kedalaman -6.125m kondisi tanah asli pada kedalaman tersebut adalah sebagai berikut:
 - Jenis tanah : Lempung berlanau Pasir
 - $\gamma_t : 1.61 \text{ t/m}^2$
 - Ngrata-rata : 17.5
 - Nkoreksi : 16.3

- C_u : 16.3 t/m^2
- Φ : 33.1°

5.3.1.2 Pre-eliminary Desain

Pondasi direncanakan mempunyai dimensi Seperti gambar 5.12 Dari dimensi tersebut akan dikontrol kekuatannya. Kemudian diadakan penyesuaian-penyesuaian untuk meningkatkan kekuatannya, apabila dirasakan perlu.



Gambar 5.12 Dimensi Pondasi Pipe Rack

5.3.1.2.1 Perhitungan Gaya-Gaya Yang bekerja Pada Pondasi

Terdapat berbagai macam gaya yang bekerja pada pondasi. Gaya-gaya tersebut antara lain:

- Berat sendiri, dalam hal ini berat pondasi
 $W_a = 0.6 \times 5.5 \times 0.6 \times 2400 = 4752 \text{ kg}$
 $W_b = 2 \times 0.5 \times 1.5 \times 2400 = 3600 \text{ kg}$
- Gaya-gaya diatas pondasi baik secara horisontal maupun vertical yang didapat dari output SAP 2000
 $H = 11,155 \text{ KN}$

$$V = 31 \text{ KN}$$

5.3.1.3 Penulangan Pondasi

5.3.1.3.1 Penulangan Dinding pondasi

- Data Perencanaan

Tebal plat : 600 mm

Diameter tulangan : 16 mm

Diameter tulangan sengkang : 12 mm

Selimut beton : 70 mm

b : 600 mm

$$Mu = 4,752 \text{ KNm}$$

$$\begin{aligned} dx &= t - \text{selimut beton} - 0,5 \cdot \phi_{\text{utama}} - \phi_{\text{tulangan sengkang}} \\ &= 600 - 70 - 0,5(22) - 12 = 510 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Perhitungan rasio tulangan

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot dx^2} = \frac{4,75 * 10^7}{0,85 * 600 * 510^2} = 0,358 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 * f_{c'}} = \frac{320}{0,85 * 40} = 9,41$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{320} = 0,0044$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 9,41 * 0,358}{320}} \right) = 0,0011 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\min} = 0,0044$$

- perhitungan Tulangan

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= (0,0044) (600) (510) = 1346,4 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 8D16 (As = 1608,5 mm²)

5.3.1.3.1 Penulangan Dasar Pondasi

- Data Perencanaan

Tebal plat	:500 mm
Diameter tulangan	:16 mm
Diameter tulangan sengkang	:16 mm
Selimut beton	:70 mm
b	:1000 mm

$$\begin{aligned} Mu &= V_{max} \times b \times 0,5b \times 1 \\ &= 31 \times 1.5 \times 0.75 \times 1 \\ &= 35.875 \text{ KNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= t - \text{selimut beton} - 0,5 \cdot \phi \text{ utama} - \phi \text{ tulangan sengkang} \\ &= 500 - 70 - 0,5(16) - 16 = 410 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Perhitungan rasio tulangan

$$R_n = \frac{Mu}{\phi \bullet b \bullet dx^2} = \frac{3,8 \cdot 10^8}{0,85 \cdot 1000 \cdot 410^2} = 2,7 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_{c'}} = \frac{320}{0,85 \cdot 40} = 9,41$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{320} = 0,0044$$

$$\rho_b = \frac{0,85 f_c}{f_y} \beta_1 \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \cdot 40}{320} \cdot 0,77 \cdot \left(\frac{600}{600 + 320} \right) = 0,053$$

$$\rho_{max} = 0,75 \rho_b = 0,040$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * m * R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{9,41} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 9,41 * 2,7}{320}} \right) = 0,00887$$

$$\rho_{max} > \rho_{perlu} > \rho_{min}, \text{ pakai } \rho_{perlu} = 0,00887$$

- perhitungan Tulangan

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= (0,00887) (1000) (410) = 3638 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan 20 D 16 – 50 (As = 4021.23 mm²)

$$\text{As perlu} = \rho \cdot b \cdot d$$

$$= (0,00887) (2000) (410) = 7273.4 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan sengkang 40 D 16 (As = 5654.86 mm²)

- Kontrol Geser Pons Poer

Gaya geser yang terjadi Pada Poer

$$V_u = 31 \text{ kN}$$

Kekuatan Geser Beton

$$\varnothing V_c = 0,6 \times \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} bw d$$

$$= 0,6 \times \frac{1}{6} \sqrt{30} \times 1000 \times 410$$

$$= 224566.3 \text{ N}$$

$$= 224.566 \text{ kN}$$

$V_u < \varphi V_c \rightarrow 31 \text{ kN} < 224.56 \text{ kN} \rightarrow$ Tidak perlu tulangan geser

Pasang tulangan geser praktis Φ 12 – 300 mm

5.3.1.4 Penurunan Pondasi

Penurunan pondasi diakibatkan adanya penurunan/ settlement tanah akibat berbagai hal. Total settlement terdiri dari Immediate Settlement, Consolidation Primair & Secondaire Settlement serta Settlement Akibat Pergerakan Lateral Tanah.

- Immediate Settlement

$$S_i = C_f * \frac{1 - v^2}{E} * q * B$$

Kekakuan Pondasi

Pondasi dikatakan kaku bila $h > \frac{B-b}{4} + 0,05$, dimana

$$h_{\min} = 0,15\text{m}$$

$$h = \frac{5-0,6}{4} + 0,05 = 1,15 > 0,15 \rightarrow \text{Pondasi Flexible}$$

$$L/B = 6/1,5 = 4$$

$$C_f \text{ di tepi} = 0,76 ; C_f \text{ di tengah} = 1,53$$

$$E = 5000 \text{ KN/m}^2 = 500 \text{ t/m}^2 (\text{Lempung agak kaku})$$

$$\nu = 0,15 (\text{Lempung agak kaku})$$

$$q = 21.103 \text{ t/m}^2$$

$$B = 1,5 \text{ m}$$

$$S_i (\text{tepi}) = 0,76 * \frac{1 - 0,15^2}{500} * 21.103 * 1,5 = 0,047 \text{ m}$$

$$S_i (\text{tengah}) = 1,53 * \frac{1 - 0,15^2}{500} * 21.103 * 1,5 = 0,094 \text{ m}$$

- Normally Consolidation

$$S_c = \frac{C_c * H}{1 + e_0} * \log \left[1 + \frac{\Delta \sigma}{\sigma_{o'}^{'}} \right]$$

$$\nu_{sat} = 1,78 \text{ t/m}^3$$

$$H = 7 \text{ m (tengah-tengah lapisan 3)}$$

Nilai – nilai berikut didapat dari tabel korelasi tanah (untuk $\nu_{sat} = 1,78 \text{ t/m}^3$):

$$W_{sat} = 53,9\%$$

$$C_c = 0,009 (W - 13) = 0,009(53,9 - 13) = 0,3681$$

$$e_0 = 1,45$$

$$\sigma_{o'}^{' } = 4 \text{ bars} = 40,8 \text{ t/m}^2$$

$$\Delta \sigma = 21.103 \text{ t/m}^2$$

$$S_c = \frac{0,3681 * 7}{1 + 1,45} * \log \left[1 + \frac{21.103}{40,8} \right] = 0,019 \text{ m}$$

5.3.2 Gambar Pondasi

Gambar pondasi mencakup dimensi dan detail penulangan pondasi yang terdapat di lampiran XI.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Skema Jaringan Perpipaan

Jaringan pipa pendingin berfungsi sebagai pensuplai kebutuhan air pendingin kondensor. skema jaringan yang digunakan adalah skema jaringan ke 4 dengan mempertimbangkan faktor lingkungan sebagai hal yang utama.

Panjang total jaringan pipa sebesar 130m dengan total debit 63.400 GPM. Fluida yang digunakan adalah air laut dengan suhu 30°C dengan massa jenis 1023 kg/m³ pada tekanan atmosfer, dan viskositas kinematis 0.83x10⁻⁶ serta tekanan uap jenuh 4.3 KPa.

Jaringan perpipaan yang dimodelkan adalah pipa jenis transmisi primer dan sekunder. Dibagi menjadi dua yaitu *straight pipe* dan node. Keduanya dibuat seragam sepanjang jaringan perpipaan dengan tujuan untuk memudahkan proses konstruksi.

- Straight Pipe
 - material : carbon steel pipe
 - diameter : 24 inch
 - schedule : 60
 - ketebalan : 0.848-0.969 inch
- Node/junctions
 - material : carbon steel pipe
 - diameter : 22 inch
 - schedule : 5S
 - ketebalan : 0.165-0.188 inch

2. Pompa

Berdasarkan debit dan head yang telah didesain pompa yang digunakan adalah pompa sentrifugal untuk air laut dengan satu tingkat isapan tunggal (*single suction*) dengan posisi poros vertical dengan aliran campuran. Berikut detailnya,

- Jumlah : 6 pompa
- Kapasitas : 5500 GPM

- Head : 80 ft
- Diameter impeller : 429 mm
- Tenaga yang dibutuhkan : 135 HP
- Efisiensi : 83.5 %

3 Fasilitas Jaringan Perpipaan Pipa Pendingin

➤ Rumah Pompa

Rumah pompa yang dipilih untuk pompa ini adalah jenis turbular dengan penampang berbentuk persegi panjang

- Bahan : beton bertulang
- Diameter pipa terbesar : 24 inch
- Panjang rumah pompa : 4 m

➤ Pipe Rack

Pipe Rack berfungsi untuk menyangga pipa yang terbuat dari profil baja. Untuk sambungan menggunakan simple connection.

- Mutu baja : 41
- Fu : 4100 kg/cm²
- Fy : 2900 kg/cm²
- kolom : 400 x 300 x 10 x 16
- batang melintang : 400 x 300 x 10 x 16
- batang memanjang : 200 x 100 x 8 x 11
- batang diagonal : 120 x 120 x 11

➤ Pondasi Pipe Rack

Pondasi yang digunakan adalah pondasi dangkal. Berikut detailnya

- kedalaman : 6.125 m
- mutu beton : 40 Mpa
- mutu tulangan : BJ 32
- dimensi dinding : 0.6m x 0.6m x 5.5m
- dimensi pile cap : 2m x 1 m x 0.5m
- tulangan memanjang : ϕ 16

- tulangan sengkang : $\phi 12$

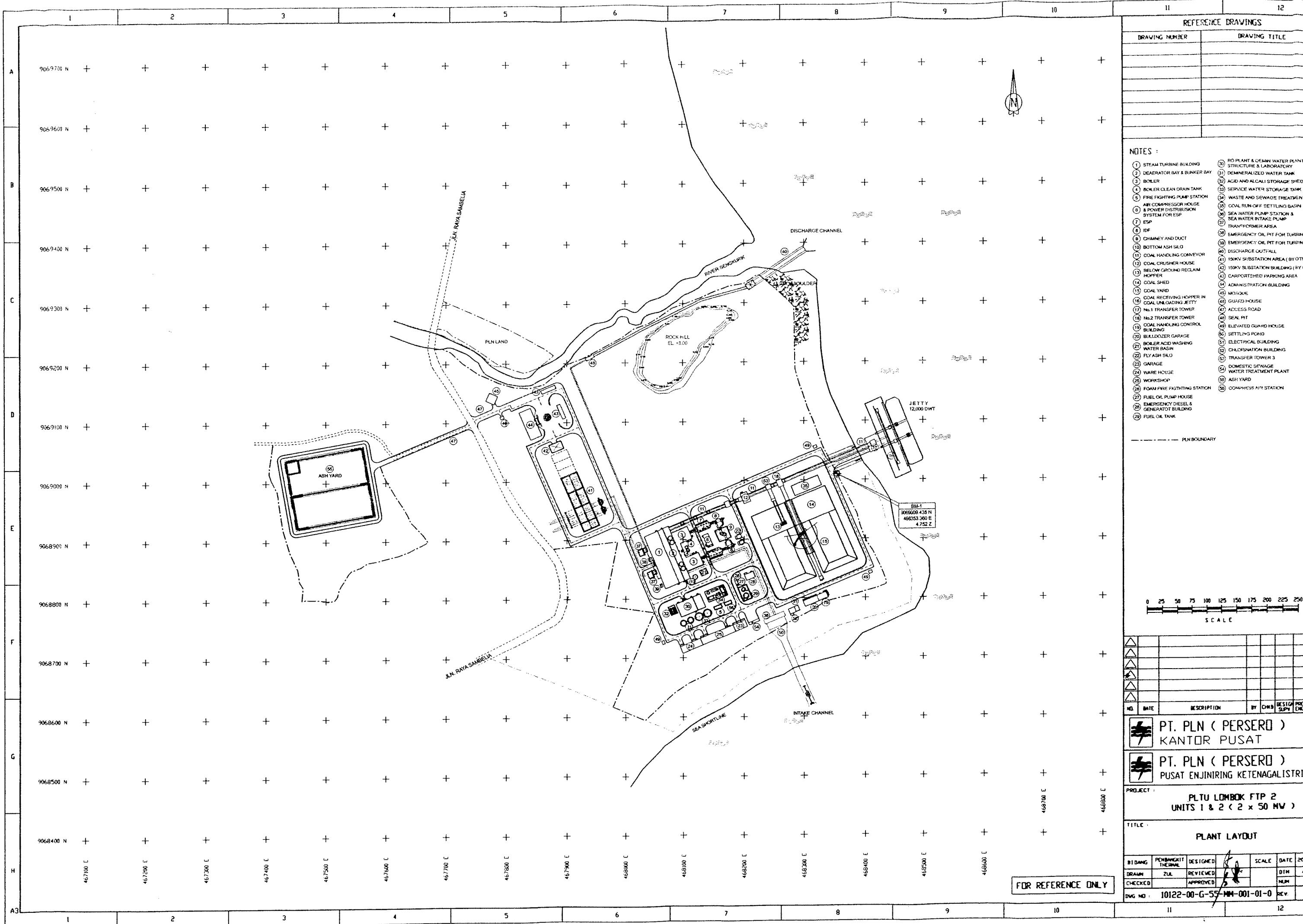
6.2 Saran

Beberapa hal yang dapat disarankan pada akhir dari perencanaan ini adalah:

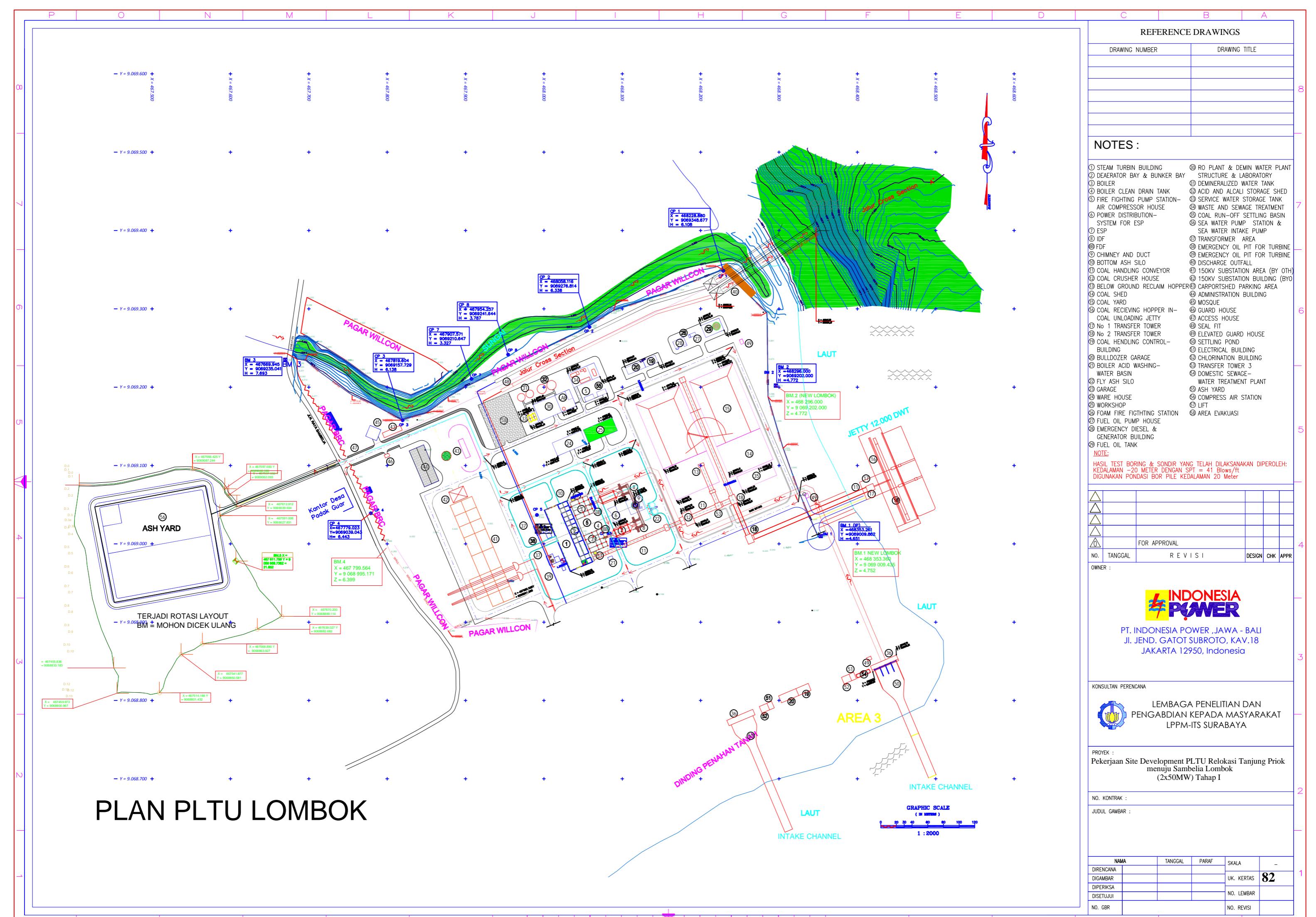
- Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai sumber-sumber yang dapat menyebabkan vibrasi pada pipa akibat *flowrates* yang mengalir di dalam pipa, kemungkinan adanya water hammer, *slug flow*, gaya angin yang berlebihan, getaran mesin diesel di sekitar *piping system* ataupun getaran dari pompa dan *rotary machine* lainnya yang dekat dan atau menempel pada *piping system*.
- Untuk mendukung agar Perencanaan fasilitas pipa pendingin yang lebih sempurna diperlukan perencanaan lebih lanjut untuk desain long storage, *intake* dan tampungan endapan

(Halaman ini Sengaja dikosongkan)

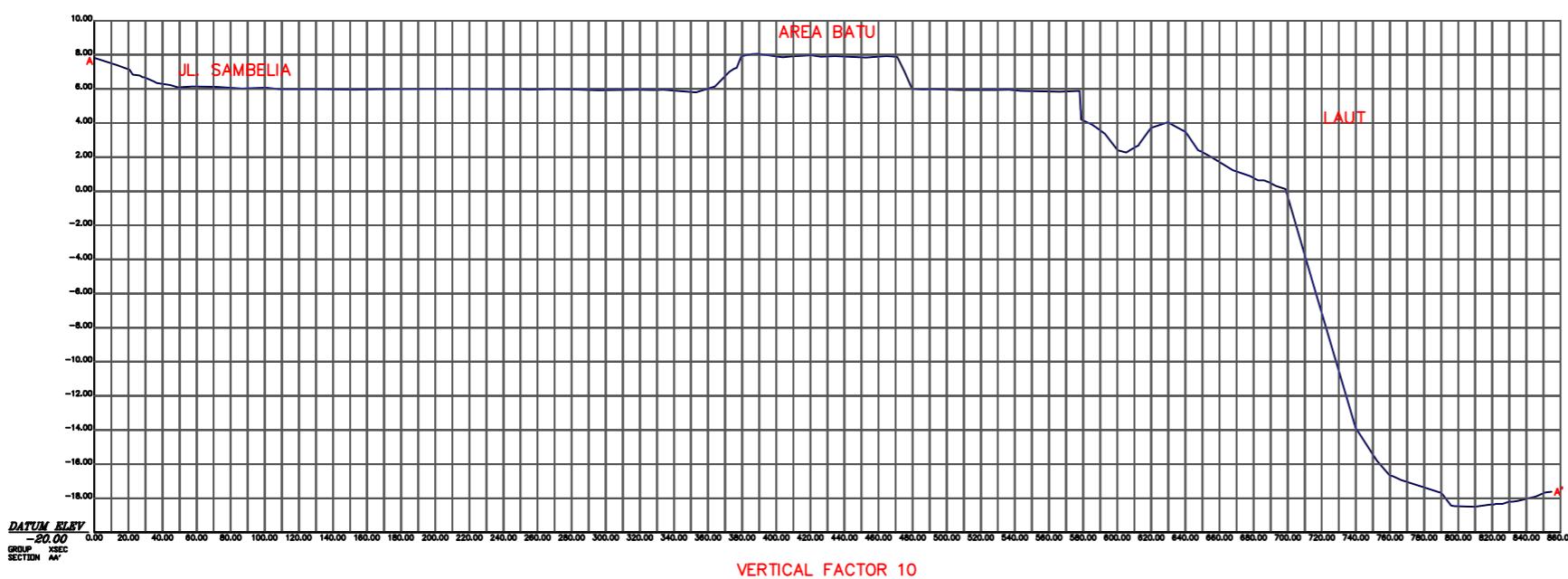
LAMPIRAN I : GAMBAR LAYOUT PEMBANGUNAN PLTU TAHAP 1 DAN 2



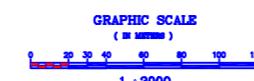
PLAN PLTU LOMBOK



LAMPIRAN II : GAMBAR POTONGAN KONTUR TANAH



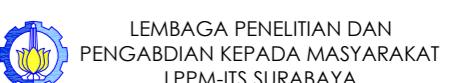
CROSS SECTION



INDONESIA POWER

PT. INDONESIA POWER, JAWA - BALI
JI. JEND. GATOT SUBROTO, KAV.18
JAKARTA 12950, Indonesia

KONSULTAN PERENCANA



PROYEK :
Pekerjaan Site Development PLTU Relokasi Tanjung Priok
menuju Sambelia Lombok
(2x50MW) Tahap I

NO. KONTRAK :

JUDUL GAMBAR :

NAMA	TANGGAL	PARAF	SKALA	-
DIRENCANA				
DIGAMBAR			UK. KERTAS	83
DIPERIKSA				
DISETUVUI			NO. LEMBAR	
NO. GBR			NO. REVISI	

REFERENCE DRAWINGS

DRAWING NUMBER	DRAWING TITLE

NOTES :

- ① STEAM TURBIN BUILDING
 - ② DEAERATOR BAY & BUNKER BAY
 - ③ BOILER
 - ④ BOILER CLEAN DRAIN TANK
 - ⑤ FIRE FIGHTING PUMP STATION-
 - ⑥ POWER DISTRIBUTION-
 - ⑦ ESP
 - ⑧ IDF
 - ⑨ FDF
 - ⑩ CHIMNEY AND DUCT
 - ⑪ BOTTOM ASH SILO
 - ⑫ COAL HANDLING CONVEYOR
 - ⑬ BELOW GROUND RECLAIM HOPPER
 - ⑭ COAL CRUSHER HOUSE
 - ⑮ COAL SHED
 - ⑯ COAL RECEIVING HOPPER IN-
 - ⑰ COAL UNLOADING JETTY
 - ⑱ No 1 TRANSFER TOWER
 - ⑲ No 2 TRANSFER TOWER
 - ⑳ COAL HENDING CONTROL-
 - ㉑ BULLDOZER GARAGE
 - ㉒ BOILER ACID WASHING-
 - ㉓ WATER BASIN
 - ㉔ FLY ASH SILO
 - ㉕ GARAGE
 - ㉖ WAREHOUSE
 - ㉗ WORKSHOP
 - ㉘ FOAM FIRE FIGHTING STATION
 - ㉙ FUEL OIL PUMP HOUSE
 - ㉚ EMERGENCY DIESEL &
 - ㉛ GENERATOR BUILDING
 - ㉜ FUEL OIL TANK
- ㉝ RO PLANT & DEMIN WATER PLANT
 - ㉞ STRUCTURE & LABORATORY
 - ㉟ DEMINERALIZED WATER TANK
 - ㉟ ACID AND ALCALI STORAGE SHED
 - ㉟ SERVICE WATER STORAGE TANK
 - ㉟ WASTE AND SEWAGE TREATMENT
 - ㉟ COAL RUN-OFF SETTLING BASIN
 - ㉟ SEA WATER PUMP STATION &
 - ㉟ SEA WATER INTAKE PUMP
 - ㉟ TRANSFORMER AREA
 - ㉟ EMERGENCY OIL PIT FOR TURBINE
 - ㉟ DISCHARGE OUTFALL
 - ㉟ 150KV SUBSTATION AREA (BY OTH)
 - ㉟ 150KV SUBSTATION BUILDING (BYO)
 - ㉟ CARPORTSHED PARKING AREA
 - ㉟ ADMINISTRATION BUILDING
 - ㉟ MOSQUE
 - ㉟ GUARD HOUSE
 - ㉟ ACCESS HOUSE
 - ㉟ SEAL FIT
 - ㉟ ELEVATED GUARD HOUSE
 - ㉟ SETTLING POND
 - ㉟ ELECTRICAL BUILDING
 - ㉟ CHLORINATION BUILDING
 - ㉟ TRANSFER TOWER 3
 - ㉟ DOMESTIC SEWAGE-
 - ㉟ WATER TREATMENT PLANT
 - ㉟ ASH YARD
 - ㉟ COMPRESS AIR STATION
 - ㉟ LIFT
 - ㉟ AREA EVAKUASI

NOTE:

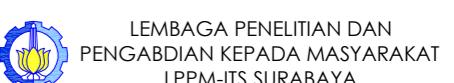
HASIL TEST BORING & SONDIR YANG TELAH DILAKUKAN DIPEROLEH:
KEDALAMAN = 20 METER DENGAN SPT = 41 Blows/ft
DIGUNAKAN PONDASI BOR PILE KEDALAMAN 20 Meter

△			
△			
△			
△			
△			
FOR APPROVAL			
NO.	TANGGAL	R E V I S I	DESIGN CHK APPR

OWNER :

PT. INDONESIA POWER, JAWA - BALI
JI. JEND. GATOT SUBROTO, KAV.18
JAKARTA 12950, Indonesia

KONSULTAN PERENCANA



PROYEK :
Pekerjaan Site Development PLTU Relokasi Tanjung Priok
menuju Sambelia Lombok
(2x50MW) Tahap I

NO. KONTRAK :

JUDUL GAMBAR :

NAMA	TANGGAL	PARAF	SKALA	-
DIRENCANA				
DIGAMBAR			UK. KERTAS	83
DIPERIKSA				
DISETUVUI			NO. LEMBAR	
NO. GBR			NO. REVISI	

LAMPIRAN III : APPENDIX A ASME B31.1 MAXIMUM ALLOWABLE STRESS PADA PIPA KARBON

ASME B31.1-2007

Table A-1 Carbon Steel

Spec. No.	Grade	Type or Class	Nominal Composition	P-No.	Notes	Specified Minimum Tensile, ksi	Specified Minimum Yield, ksi	E or F
Seamless Pipe and Tube								
A 53	A	S	C	1	(2)	48	30	1.00
	B	S	C-Mn	1	(2)	60	35	1.00
A 106	A	...	C-Si	1	(2)	48	30	1.00
	B	...	C Si	1	(2)	60	35	1.00
	C	...	C-Si	1	(2)	70	40	1.00
A 179	...	...	C	1	(1)(2)(5)	(47)	26	1.00
A 192	...	...	C-Si	1	(2)(5)	(47)	26	1.00
A 210	A 1	...	C-Si	1	(2)	60	37	1.00
	C	...	C-Mn-Si	1	(2)	70	40	1.00
A 333	1	...	C-Mn	1	(1)	55	30	1.00
	6	...	C-Mn-Si	1	(1)	60	35	1.00
A 369	FPA	...	C-Si	1	(2)	48	30	1.00
	FPB	...	C-Mn	1	(2)	60	35	1.00
API 5L	A	...	C	1	(1)(2)(14)	48	30	1.00
	B	...	C-Mn	1	(1)(2)(14)	60	35	1.00
Furnace Butt Welded Pipe								
A 53	...	F	C	1	(4)	48	30	0.60
API 5L	A25	I & II	C	1	(1)(4)(14)	45	25	0.60
Electric Resistance Welded Pipe and Tube								
A 53	A	E	C	1	(2)	48	30	0.85
	B	E	C-Mn	1	(2)	60	35	0.85
A 135	A	...	C	1	(1)(2)	48	30	0.85
	B	...	C-Mn	1	(1)(2)	60	35	0.85
A 178	A	...	C	1	(2)(5)	(47)	26	0.85
	C	...	C	1	(2)	60	37	0.85
A 214	...	...	C	1	(1)(2)(5)	(47)	26	0.85
A 226	...	...	C-Si	1	(2)(5)	(47)	26	0.85
A 333	1	...	C-Mn	1	(1)	55	30	0.85
	6	...	C-Mn-Si	1	(1)	60	35	0.85



LAMPIRAN IV: APPENDIX A ASME B31.1 WELD JOINT EFFICIENCY

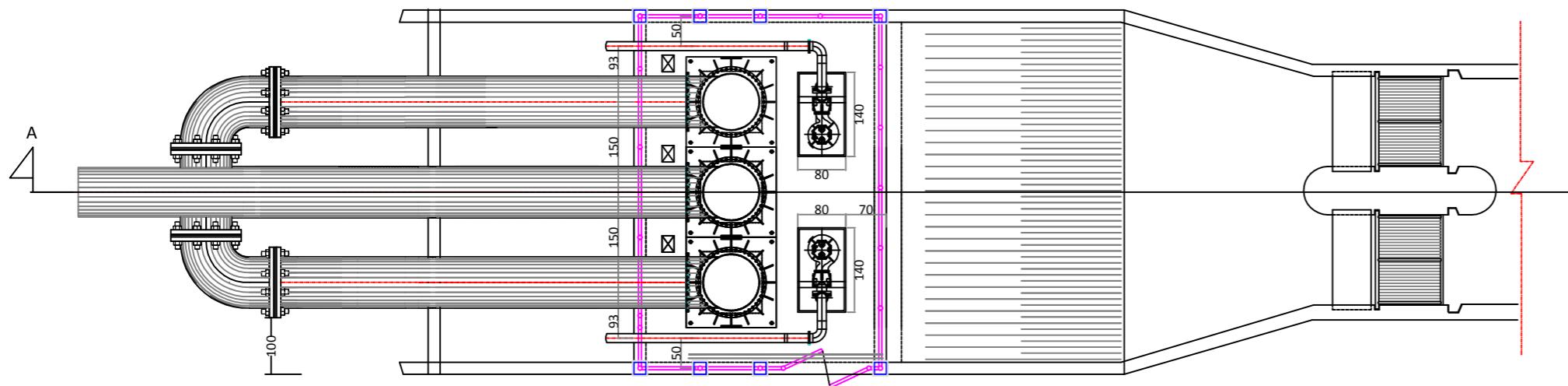
ASME B31.1-2007

Table A-1 Carbon Steel

Maximum Allowable Stress Values in Tension, ksi, for Metal Temperature, °F, Not Exceeding											Spec. No.
20 to 100	200	300	400	500	600	650	700	750	800	Grade	
Seamless Pipe and Tube											
13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	12.5	10.7	9.0	A	A 53
17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	B	
13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	12.5	10.7	9.0	A	A 106
17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	B	
20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.8	18.3	14.8	12.0	C	
13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.3	12.8	12.4	10.7	9.2	...	A 179
13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.3	12.8	12.4	10.7	9.0	...	A 192
17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	A-1	A 210
20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	19.8	18.3	14.8	12.0	C	
15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.3	14.8	...	...	...	1	A 333
17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	...	...	6	
13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	12.5	10.7	9.0	FPA	A 369
17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	FPB	
13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	12.5	10.7	9.0	A	API 5L
17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	15.6	13.0	10.8	B	
Furnace Butt Welded Pipe											
8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	7.5	...	...	...	A 53
7.7	7.7	7.7	7.7	...	...	...	...	...	...	A25	API 5L
Electric Resistance Welded Pipe and Tube											
11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	10.6	9.1	7.7	A	A 53
14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	13.3	11.1	9.2	B	
11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	10.6	9.1	7.9	A	A 135
14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	13.3	11.1	9.2	B	
11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.3	10.9	10.5	9.1	7.7	A	A 178
14.6	24.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	13.3	11.1	9.2	C	
11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.3	10.9	10.5	9.1	7.8	...	A 214
11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.3	10.9	10.5	9.1	7.8	...	A 226
13.4	13.4	13.4	13.4	13.4	13.0	12.6	...	...	...	1	A 333
14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	14.6	13.3	...	...	6	

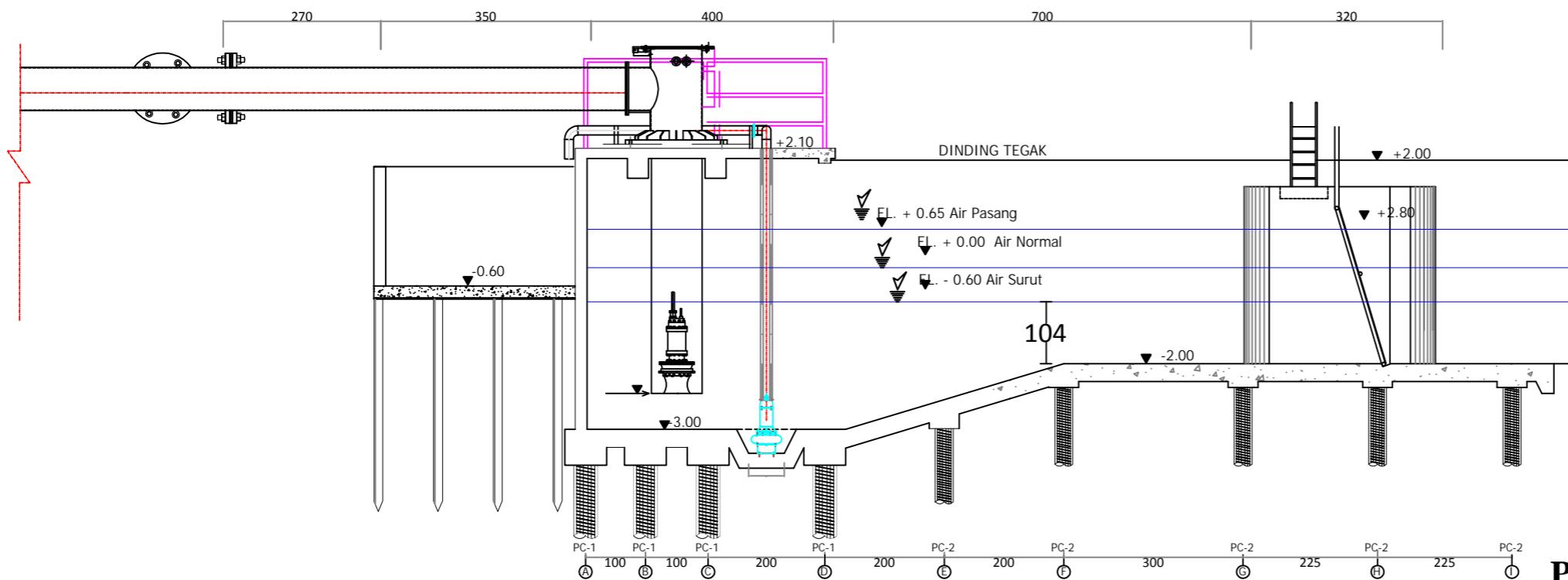


LAMPIRAN V : DESAIN RUMAH POMPA



TAMPAK ATAS

DENAH TIPIKAL RUMAH POMPA
SKALA 1 : 10



POTONGAN A-A
DENAH TIPIKAL RUMAH POMPA
SKALA 1 : 10

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	JUDUL TUGAS AKHIR PERENCANAAN JARINGAN PERPIPAAN LOMBOK TIMUR BESERTA FASILITASNYA	DOSEN PEMBIMBING Dr. Techn. Umboro L., S.T., M.Sc M. Bagus Ansori , S.T., M.Sc	MAHASISWA Ayub Setya Ade Pribadi 3111100012	JUDUL GAMBAR DENAH TIPIKAL RUMAH POMPA	SKALA 1 : 10	NO. LEMBAR 86
---	--	--	---	--	-----------------	-------------------------

LAMPIRAN VI : NAVCO PIPE DATALOG UNTUK PIPA KARBON

12

NATIONAL VALVE AND MANUFACTURING COMPANY



Pipe

Properties of Steel Pipe

Pipe Size	Schedule Number	Weight Class	Diameter		Nominal Thickness	Weight per Ft., Plain Ends	Circumference	Transverse Area Square Inches	Length of Pipe per Sq. Ft.	Length of Pipe Holding One Clicic Foot	U.S. Gallon In One Foot Of Length	Weight of Water Per Ft. of Pipe	Moment of Inertia	Section Modulus	Pipe Size				
			Actual External	Approx. Internal															
1/8	40	STD	.405	.269	.068	.24	1.27	.85	.13	.06	.07	9.43	14.20	2534	.003	.025	.0011	.0053	1/8
	80	XS	.405	.215	.095	.31	1.27	.68	.13	.04	.09	9.43	17.77	3966	.002	.016	.0012	.0060	
1/4	40	STD	.540	.364	.088	.42	1.70	1.14	.23	.10	.13	7.07	10.49	1384	.005	.045	.0033	.0123	1/4
	80	XS	.540	.302	.119	.54	1.70	.95	.23	.07	.16	7.07	12.65	2010	.004	.031	.0038	.0140	
3/8	40	STD	.675	.493	.091	.57	2.12	1.55	.36	.19	.17	5.66	7.75	754	.010	.083	.0073	.0216	3/8
	80	XS	.675	.423	.126	.74	2.12	1.33	.36	.14	.22	5.66	9.03	1025	.007	.061	.0068	.0255	
1/2	40	STD	.840	.622	.109	.85	2.64	1.95	.55	.30	.25	4.55	6.14	474	.016	.132	.0171	.0407	1/2
	80	XS	.840	.546	.147	1.09	2.64	1.72	.55	.23	.32	4.55	7.00	615	.012	.101	.0201	.0478	
5/8	40	STD	.940	.744	.186	1.31	2.64	1.46	.55	.17	.38	4.55	8.20	844	.009	.074	.0221	.0527	5/8
	80	XS	.940	.673	.222	1.71	2.64	.79	.55	.05	.50	4.55	15.16	2887	.003	.022	.0242	.0577	
3/4	40	STD	1.050	.824	.113	1.13	3.20	2.59	.87	.53	.33	3.64	4.64	270.0	.028	.231	.0370	.0706	3/4
	80	XS	1.050	.742	.154	1.47	3.30	2.33	.87	.43	.36	3.64	5.15	333.0	.022	.188	.0448	.0853	
1	40	STD	1.315	1.049	.133	1.68	4.13	3.20	1.36	.86	.49	2.90	3.64	166.6	.045	.374	.0873	.1328	1
	80	XS	1.315	.957	.179	2.17	4.13	3.01	1.36	.72	.64	2.90	3.99	200.2	.037	.312	.1056	.1606	
1-1/2	40	STD	1.660	1.380	.140	2.27	5.22	4.34	2.16	1.50	.67	2.30	2.77	96.3	.078	.647	.1947	.2346	1-1/2
	80	XS	1.660	1.278	.191	3.00	5.22	4.02	2.16	1.28	.88	2.30	2.99	112.3	.067	.565	.2418	.2913	
1-1/4	40	STD	1.660	1.250	.250	2.84	4.13	2.56	1.36	.52	.84	2.90	4.68	276.0	.027	.226	.1252	.1903	1-1/4
	80	XS	1.660	.896	.392	5.21	5.22	3.64	2.16	.63	1.53	2.30	4.26	210.4	.033	.273	.3411	.4110	
1-1/2	40	STD	1.900	1.610	.145	2.72	5.97	5.06	2.84	.84	.80	2.01	2.37	70.7	.106	.882	.2098	.3262	1-1/2
	80	XS	1.900	1.500	.200	3.43	5.97	4.71	2.84	1.77	1.07	2.01	2.55	81.5	.092	.766	.3912	.4119	
2	40	STD	2.375	2.067	.154	3.65	7.46	6.49	4.43	3.36	1.08	1.61	1.85	42.9	.174	.1453	.6657	.5605	2
	80	XS	2.375	1.939	.218	5.02	7.46	6.09	4.43	2.95	1.48	1.61	1.97	46.8	.154	.1279	.8679	.7309	
2-1/2	40	STD	2.875	2.677	.154	3.44	7.46	5.30	4.23	2.44	2.19	1.61	2.26	64.3	.116	.969	.1162	.979	2-1/2
	80	XS	2.875	2.487	.200	4.00	5.97	3.64	2.84	.95	1.89	2.01	3.47	151.5	.049	.412	.3567	.5977	
2	40	STD	2.875	2.067	.154	3.65	7.46	6.49	4.43	3.36	1.08	1.61	1.85	42.9	.174	.1453	.6657	.5605	2
	80	XS	2.875	1.939	.218	5.02	7.46	6.09	4.43	2.95	1.48	1.61	1.97	46.8	.154	.1279	.8679	.7309	
2-1/2	40	STD	2.875	2.323	.276	7.66	9.03	7.30	6.49	4.24	2.25	1.33	1.64	34.0	.220	.184	.1924	.3399	2-1/2
	80	XS	2.875	2.125	.377	10.01	9.03	6.07	6.49	3.55	2.95	1.33	1.80	40.6	.184	.154	.2353	.1638	
3	40	STD	3.500	3.068	.214	7.58	11.00	9.64	9.62	7.39	2.23	1.09	1.25	19.5	.384	.320	.3017	.1724	3
	80	XS	3.500	2.900	.300	10.25	9.00	9.11	9.62	6.61	3.02	1.09	1.32	21.8	.344	.286	.3922	.2225	
3-1/2	40	STD	4.000	3.687	.344	7.46	12.57	11.56	9.62	5.41	4.21	1.09	1.45	26.6	.282	.234	.5033	.8786	3-1/2
	80	XS	4.000	3.364	.318	12.51	12.57	10.57	12.57	8.89	3.68	0.95	1.14	16.2	.462	.385	.6280	.3140	
4	40	STD	4.000	3.548	.226	9.11	12.57	11.15	12.57	9.89	2.98	.95	1.08	14.6	.513	.428	.4768	.3944	4
	80	XS	4.000	3.272	.226	10.25	12.57	11.15	12.57	9.89	2.98	.95	1.08	14.6	.513	.428	.4768	.3944	
4	40	STD	4.500	4.026	.237	10.79	14.14	12.65	15.99	12.73	3.17	.85	.95	11.3	.661	.551	.723	.321	4
	80	XS	4.500	3.826	.337	14.98	14.14	12.02	15.99	11.50	4.24	.85	1.00	5.97	.498	.498	.961	.427	
5	40	STD	5.563	5.047	.258	14.62	17.48	15.86	24.31	20.01	4.30	.69	.76	7.2	.104	.867	.1516	.5455	5
	80	XS	5.563	4.813	.375	20.78	14.62	15.12	24.31	18.19	6.11	.69	.76	7.9	.95	.788	.2067	.7433	
5-1/2	40	STD	5.563	4.663	.500	27.04	17.48	14.33	24.31	16.35	7.96	.69	.84	8.8	.85	.708	.2574	.9235	5-1/2
	80	XS	5.563	4.313	.625	32.96	17.48	13.54	24.31	14.61	9.70	.69	.89	9.9	.76	.632	.3030	.1079	
6	40	STD	6.625	6.065	.260	18.97	20.81	19.05	34.47	28.89	5.58	.58	.63	4.98	.150	.1251	.2814	.8500	6
	80	XS	6.625	5.761	.432	28.57	20.81	18.10	34.47	24.07	8.41	.58	.66	5.52	.136	.1129	.4049	.2223	
6-1/2	40	STD	6.625	5.301	.562	36.42	20.81	17.27	34.47	23.77	10.70	.58	.69	6.05	.124	.1029	.4962	.1492	6-1/2
	80	XS	6.625	5.187	.719	45.34	20.81	16.30	34.47	21.15	13.32	.58	.74	6.80	.102	.910	.9589	.7831	
7	40	STD	6.625	4.897	.864	53.16	20.81	15.36	34.47	18.84	15.64	.58	.78	7.45	.98	.816	.6633	.2020	7
	80	XS	6.625	4.653	.750	38.58	17.48	12.76	24.31	12.97	11.34	.58	.94	11.1	.67	.562	.3363	.1209	

All dimensions given in inches; weights in pounds.

(1) These sizes are not commercially available in seamless mill-rolled pipe but can be made by other manufacturing processes.



Pipe

Properties of Steel Pipe

Pipe Size	Schedule Number	Weight Class	Diameter		Circumference		Transverse Area Square Inches		Length of Pipe per Sq. Ft.	Length of Pipe Holding One Cubic Foot in One Foot of Length	U.S. Gallon in One Foot of Length	Weight of Water per Ft. of Pipe	Moment of Inertia	Section Modulus	Pipe Size			
			Actual External	Apparent Internal	Nominal Thickness	Weight Per Ft. Plain Ends	External	Internal										
8	20	B.625	8.125	.250	22.4	27.10	25.51	58.42	51.84	6.50	.44	.47	2.78	2.70	22.4	57.7	13.39	B
	20	B.625	8.071	.277	24.7	27.10	25.07	58.43	51.14	6.51	.44	.47	2.82	2.64	2.57	63.4	14.69	
	40	STD	8.625	.322	28.6	27.10	25.07	58.43	50.03	8.40	.44	.48	2.50	2.50	2.7	72.5	16.81	
	60		9.625	.7813	.406	35.7	27.10	24.53	58.43	47.94	10.49	.44	.49	2.05	2.49	20.8	80.7	24.51
	80	XS	8.625	.525	.500	43.4	27.10	23.96	58.43	45.66	12.76	.44	.50	3.15	2.38	19.8	105.9	24.51
	100		8.625	.7437	.594	50.9	27.10	23.36	58.43	43.46	14.97	.44	.51	3.32	2.36	18.8	121.4	28.14
	120		8.625	.7187	.719	60.7	27.10	22.58	58.43	40.59	17.84	.44	.53	3.55	2.11	17.6	140.6	32.61
	140		8.625	.7001	.812	67.8	27.10	21.98	58.43	38.49	19.94	.44	.55	3.74	2.00	14.7	153.8	35.65
	160	XKS	8.625	.6875	.875	72.4	27.10	21.60	58.43	37.12	21.30	.44	.56	3.88	1.93	14.1	162.0	37.56
	160		8.625	.6.813	.906	74.7	27.10	21.39	58.43	36.46	21.97	.44	.56	3.95	1.90	15.8	165.9	38.45
10	20	10.75	10.250	.250	38.0	33.77	32.19	90.76	82.51	8.26	.36	.37	1.75	4.29	35.7	113.6	21.12	10
	20	10.75	10.192	.275	31.2	33.77	32.02	90.76	91.19	8.15	.36	.37	1.77	4.23	35.4	125.9	23.42	
	40	STD	10.75	10.136	.307	42.4	33.77	31.84	90.76	80.69	10.07	.36	.38	1.79	4.19	35.0	137.4	25.57
	60		10.75	10.020	.365	40.5	33.77	31.48	90.76	78.86	11.91	.36	.38	1.82	4.10	34.2	160.7	25.90
	80	XS	10.75	9.750	.500	54.7	33.77	30.63	90.76	74.66	16.10	.36	.39	1.93	3.88	32.4	212.0	39.43
	100		10.75	9.562	.594	64.4	33.77	30.04	90.76	71.81	18.95	.36	.40	2.00	3.74	31.1	244.9	45.56
	120		10.75	9.312	.719	77.0	33.77	29.25	90.76	68.10	22.66	.36	.41	2.11	3.54	29.5	286.2	53.25
	140		10.75	9.062	.844	89.3	33.77	28.47	90.76	64.50	26.26	.36	.42	2.23	3.36	27.9	324.3	60.34
	160		8.750	1.006	.104	104	33.77	27.48	90.76	60.13	30.63	.36	.42	2.39	3.13	26.0	367.8	68.43
	160		8.500	1.125	.116	116	33.77	27.67	90.76	56.75	34.01	.36	.45	2.54	2.95	24.6	399.4	74.31
12	20	12.75	12.250	.250	33.4	40.06	38.48	127.68	117.86	9.82	.30	.31	1.22	6.13	51.0	192.3	30.2	12
	20	12.75	12.050	.310	42.8	40.06	37.98	127.68	114.86	12.86	.30	.32	1.23	5.97	49.7	248.5	39.0	
	40	STD	12.75	12.000	.375	47.9	40.06	37.70	127.68	113.10	14.56	.30	.32	1.27	5.88	49.0	279.3	43.8
	60		12.75	11.798	.406	53.6	40.06	37.50	127.68	111.94	15.71	.30	.32	1.29	5.82	48.5	300.0	47.1
	80	XS	12.75	11.750	.500	54.7	40.06	36.61	127.68	108.86	16.24	.30	.33	1.33	5.61	46.9	361.5	56.1
	100		12.75	11.625	.594	68.6	40.06	36.52	127.68	106.15	16.15	.30	.33	1.32	5.52	46.0	400.0	62.9
	120		12.75	11.500	.686	88.4	40.06	35.75	127.68	104.61	26.07	.30	.34	1.42	5.39	45.3	400.0	74.5
	140		12.75	11.042	.844	107	40.06	34.75	127.68	96.11	31.57	.30	.35	1.50	5.00	41.6	561.8	88.1
	160		12.75	10.550	1.000	125	40.06	33.77	127.68	90.76	36.92	.30	.36	1.59	4.72	39.3	641.7	100.7
	160		12.75	10.124	1.125	140	40.06	32.99	127.68	86.59	41.09	.30	.36	1.66	4.50	37.5	700.7	109.9
14	10	14.00	13.500	.250	43.8	43.98	42.41	153.94	143.14	10.80	.27	.28	1.01	7.45	62.0	255.5	36.5	14
	10	14.00	13.376	.312	45.7	43.98	42.02	153.94	140.50	13.44	.27	.29	1.02	7.31	60.9	314.9	45.0	
	30	STD	14.00	13.320	.375	61.4	43.98	41.63	153.94	137.89	16.05	.27	.29	1.04	7.17	59.7	372.8	53.2
	40		14.00	13.124	.438	63.4	43.98	41.23	153.94	135.30	18.64	.27	.29	1.06	7.04	58.6	429.1	61.3
	60	XS	14.00	13.000	.500	72.1	43.98	40.23	153.94	132.73	21.71	.27	.29	1.08	6.90	57.3	453.8	69.2
	80		14.00	12.812	.594	85.1	43.98	39.88	153.94	128.92	24.27	.27	.29	1.12	6.75	55.1	500.0	76.3
	100		14.00	12.675	.700	106	43.98	39.77	153.94	124.51	31.22	.27	.31	1.17	6.38	53.7	687.5	99.2
	120		14.00	12.548	.798	131	43.98	38.09	153.94	115.47	38.47	.27	.32	1.25	6.00	50.0	825.0	117.9
	140		14.00	11.812	1.094	151	43.98	37.11	153.94	109.62	44.32	.27	.32	1.31	5.69	47.4	929.8	132.8
	160		14.00	11.500	1.250	170	43.98	36.13	153.94	103.87	50.07	.27	.33	1.39	5.40	45.0	1027.5	148.6
	160		14.00	11.188	1.406	189	43.98	35.15	153.94	98.31	55.63	.27	.34	1.46	5.11	42.6	116.9	59.6
16	10	16.00	15.500	.250	42.1	50.27	48.70	201.06	188.69	12.37	.24	.25	.76	9.81	81.7	384	48.0	16
	10	16.00	15.376	.312	52.4	50.27	48.30	201.06	185.66	15.40	.24	.25	.78	9.65	80.4	474	55.3	
	30	STD	16.00	15.250	.375	62.6	50.27	47.91	201.06	182.65	18.41	.24	.25	.79	9.50	79.1	562	70.3
	40		16.00	15.000	.500	82.8	50.27	47.12	201.06	176.71	24.35	.24	.25	.81	9.19	76.5	732	91.5
	60		16.00	14.668	.656	108	50.27	46.15	201.06	169.44	31.62	.24	.25	.85	8.81	73.4	933	116.6
	80		16.00	14.312	.844	137	50.27	44.96	201.06	160.88	40.18	.24	.27	.89	8.37	69.7	1157	144.6
	100		16.00	13.928	1.031	165	50.27	43.79	201.06	152.58	48.48	.24	.27	.94	7.93	66.5	1365	170.5
	120		16.00	13.562	1.219	192	50.27	42.61	201.06	144.50	56.56	.24	.28	1.00	7.51	62.6	1556	194.5
	140		16.00	13.124	1.438	216	50.27	41.23	201.06	135.30	65.76	.24	.28	1.06	7.04	58.6	1760	220.0
	160		16.00	12.812	1.594	245	50.27	40.26	201.06	126.96	72.70	.24	.30	1.12	6.69	55.6	1894	238.7
18	10	18.00	17.500	.250	47.4	56.55	54.98	254.47	240.53	13.94	.21	.22	.60	12.51	104.6	550	61.0	18
	10	18.00	17.376	.312	59.0	56.55	54.59	254.47	237.10	17.37	.21	.22	.61	12.33	102.6	679	75.5	
	30	STD	18.00	17.250	.375	70.6	56.55	54.19	254.47	233.71	20.76	.21	.22	.62	12.15	101.2	807	89.7
	40		18.00	17.124	1.438	82.8	56.55	53.80	254.47	230.33	24.14	.21	.22	.63	11.98	95.7	932	105.3
	60		18.00	16.800	.500	93.5	56.55	53.41	254.47	226.96	27.49	.21	.22	.63	11.80	95.3	1053	117.0
	80		18.00	16.876	.562	105	56.55	53.01	254.47	223.65	30.82	.21	.23	.64	11.63	96.8	1173	130.3
	100		18.00	16.560	1.156	128	56.55	49.29	254.47	219.29	33.18	.21	.24	.67	11.10	92.4	1515	168.3
	120		18.00	16.250	1.375	244	56.55	47.91	254.47	208.65	71.82	.21	.24	.74	10.05	85.7	1801	242.3
	140		18.00	14.876	1.562	274	56.55	46.73	254.47	173.78	80.69	.21	.26	.85	9.04	75.2	2750	305.5
	160		18.00	14.438	1.781	309	56.55	45.36	254.47	163.72	90.75	.21	.26	.88	8.50	70.8	3021	335.6

All dimensions given in inches; weights in pounds.

(1) These sizes are not commercially available in seamless mill rolled pipe but can be made by other manufacturing processes.

NATIONAL VALVE AND MANUFACTURING COMPANY



Pipe

Properties of Steel Pipe

Pipe Size	Schedule Number	Weight Class	Diameter		Nominal Thickness	Weight per Ft. from Ends	Circumference	Transverse Area Square Inches	Lb/in. of Pipe per Sq. Ft.	Length of Pipe	U.S. Gallon Capacity per Foot	U.S. Gallon Capacity per Foot in Length of Pipe	Weight of Water per Ft. of Pipe	Moment of Inertia	Section Modulus	Pipe Size			
			Actual External	Approx. Internal															
20	10	STD	20.00	19.500	.250	.572	78.6	62.83	61.26	314.16	298.65	15.51	.19	.20	.48	15.53	129.3	75.9	20
	20	X5	20.00	19.250	.250	.572	78.6	62.83	60.48	314.16	291.04	23.12	.19	.20	.49	15.53	126.0	111.4	
	30	X5	20.00	19.000	.500	1.04	50.0	62.83	59.69	314.16	283.53	30.63	.19	.20	.51	14.74	122.8	145.7	
	40	X5	20.00	18.812	.594	1.23	52.83	59.10	314.16	278.01	36.15	.19	.20	.52	14.46	120.4	170.4		
	60	X5	20.00	18.376	.812	1.67	62.83	57.73	314.16	265.18	48.98	.19	.21	.54	13.79	114.3	225.7		
	80	X5	20.00	17.938	1.031	2.09	62.83	56.36	314.16	252.72	61.44	.19	.21	.57	13.14	109.4	277.1		
	100	X5	20.00	17.438	1.281	2.56	62.83	54.78	314.16	238.83	75.33	.19	.22	.60	12.49	103.3	331.6		
	120 ⁽¹⁾	X5	20.00	17.000	1.500	2.96	62.83	53.41	314.16	226.98	87.18	.19	.22	.63	11.80	98.3	375.5		
	140 ⁽¹⁾	X5	20.00	16.500	1.750	3.41	62.83	51.84	314.16	213.82	100.34	.19	.23	.67	11.12	92.6	421.7		
	160 ⁽¹⁾	X5	20.00	16.062	1.969	3.79	62.83	50.47	314.16	202.67	111.49	.19	.24	.71	10.52	87.6	458.6		
22	10	STD	22.00	21.500	.250	.58.1	69.12	67.54	380.13	363.05	17.18	.17	.18	.40	18.70	157.4	101.0	22	
	22	20	22.00	21.250	.250	.572	66.76	65.12	380.13	354.45	26.48	.17	.18	.41	18.24	151.7	149.0		
	30	20	22.00	21.000	.500	1.15	65.12	63.97	380.13	346.33	32.77	.17	.18	.42	17.80	150.2	105.3		
	60 ⁽¹⁾	20	22.00	20.250	.879	1.97	65.12	63.17	380.13	322.06	58.07	.17	.19	.45	16.62	139.6	324.5		
	80 ⁽¹⁾	20	22.00	19.750	1.215	2.51	65.12	62.05	380.13	306.35	73.78	.17	.19	.47	15.91	132.8	402.9		
	100 ⁽¹⁾	20	22.00	19.250	1.375	3.03	65.12	60.48	380.13	291.04	89.09	.17	.20	.49	15.26	126.2	475.8		
	120 ⁽¹⁾	20	22.00	18.750	1.625	3.54	65.12	58.59	380.13	273.18	106.95	.17	.20	.53	14.11	117.2	550.0		
	140 ⁽¹⁾	20	22.00	18.250	1.875	4.03	65.12	57.13	380.13	261.59	118.54	.17	.21	.55	13.60	113.3	605.2		
	160 ⁽¹⁾	20	22.00	17.750	2.125	4.51	65.12	55.76	380.13	247.45	132.68	.17	.22	.58	12.85	107.4	643.1		
24	10	STD	24.00	23.500	.250	.63.4	75.49	73.83	452.39	433.74	18.65	.16	.16	.33	22.55	187.8	131.0	24	
	20	STD	24.00	23.250	.375	.94	75.49	73.04	452.39	424.56	27.83	.16	.16	.34	22.08	183.8	194.3		
	30	STD	24.00	23.000	.500	1.29	75.49	72.40	452.39	415.48	36.91	.16	.17	.35	21.60	179.9	255.0		
	60	STD	24.00	22.876	.567	1.41	75.49	71.49	452.39	402.30	40.77	.16	.17	.35	21.27	178.0	284.6		
	80	STD	24.00	22.750	.617	1.88	75.49	70.71	452.39	394.40	44.35	.16	.17	.37	20.91	174.1	317.2		
	100 ⁽¹⁾	24	24.00	22.642	.969	2.38	75.49	69.32	452.39	382.35	70.04	.17	.18	.38	19.84	165.3	465.4		
	120 ⁽¹⁾	24	24.00	21.562	1.219	2.97	75.49	67.57	452.39	345.22	87.17	.16	.18	.39	18.99	158.3	567.3		
	140 ⁽¹⁾	24	24.00	20.938	.531	3.67	75.49	65.78	452.39	326.08	104.07	.16	.18	.42	17.87	148.9	655.4		
	160 ⁽¹⁾	24	24.00	20.376	1.812	4.30	75.49	64.01	452.39	316.21	119.44	.16	.19	.46	16.92	141.0	782.1		
	180 ⁽¹⁾	24	24.00	19.876	2.052	4.83	75.49	62.44	452.39	310.24	142.15	.16	.19	.46	16.13	134.3	862.7		
	200 ⁽¹⁾	24	24.00	19.312	2.344	5.42	75.49	60.68	452.39	292.98	159.41	.16	.20	.49	15.21	126.7	945.8		
30	10 ⁽¹⁾	STD ⁽¹⁾	30.00	29.376	.312	.99.1	94.25	92.28	706.86	677.71	29.15	.13	.13	.21	35.24	293.4	320.1	30	
	20 ⁽¹⁾	XS ⁽¹⁾	30.00	29.250	.375	1.19	94.25	91.89	706.86	671.96	34.90	.13	.13	.21	35.24	291.2	382.3		
	30 ⁽¹⁾	XS ⁽¹⁾	30.00	29.000	.500	1.58	94.25	91.11	706.86	66.02	46.34	.13	.13	.22	34.35	286.0	503.3		
	40 ⁽¹⁾	XS ⁽¹⁾	30.00	28.750	.625	1.96	94.25	90.32	706.86	649.18	57.68	.13	.13	.22	33.76	281.0	621.3		

All dimensions given in inches; weights in pounds.

(1) These sizes are not commercially available in seamless mill rolled pipe but can be made by other manufacturing processes.

Welded O.D. Pipe

Pipe Size	Nominal Weight per Foot O.D. Pipe												Pipe Size	
	Thickness of Pipe Wall													
1/4	5/16	3/8	7/16	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1-1/8	1-1/4	1-3/8	1-1/2		
26	69	86	103	119	136	169	202	234	267	299	330	361	392	26
28	74	92	111	129	147	183	218	253	288	323	357	391	424	28
30	79	99	119	136	158	196	234	272	309	347	383	420	456	30
32	85	106	127	147	168	209	250	291	331	371	410	449	488	32
34	90	112	135	157	179	223	266	309	352	395	437	479	520	34
36	96	119	143	166	190	236	282	328	373	419	463	508	552	36
38	101	126	150	175	200	249	298	347	395	443	490	537	584	38
40	106	132	159	185	211	261	313	365	416	467	517	567	616	40
42	111	139	167	194	221	276	330	384	437	491	543	594	648	42
44	117	146	174	203	243	303	362	421	480	539	597	655	712	44
46	122	152	183	213	243	303	362	421	480	539	597	655	712	46
48	127	159	190	222	253	316	378	440	501	563	623	684	744	48
50	132	166	199	231	264	329	394	459	523	587	650	713	776	50
52	138	172	207	241	275	342	410	477	544	611	677	743	808	52
56	149	186	222	259	296	369	442	515	587	659	730	801	872	56
60	159	199	238	278	317	396	474	552	629	707	783	860	936	60

All dimensions given in inches; weights in pounds.

Spiral-Welded Steel Pipe

Spiral-welded pipe is suitable for use on air, gas, circulating water, exhaust or low pressure steam, vacuum, vent or other miscellaneous low pressure systems.

It is available in a broad range of sizes and thicknesses in materials of steel, galvanized or stainless steel. The pipe ends can be furnished flanged, beveled for welding, grooved for "Vicatoule" or plain for "Dresser" type couplings, etc.

A full line of light wall welding fittings and light weight flanges can be furnished for use with spiral-welded pipe.

Light weight spiral-welded pipe is also available with "Standard Weight" pipe ends attached for threading, in addition to the above mentioned fittings. Threaded fittings for spiral-welded pipe, light weight pipe for low pressure services may be realized and still be combined with standard fittings, flanges and equipment.

Full information will be furnished upon specific request.

LAMPIRAN VII: OUTPUT SAP UNTUK TUMPUAN DAN GAYA MAKSIMUM PADA FRAME
TABLE: Joint Reactions

Joint	OutputCase	CaseType	StepType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Text	Text	Text	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
1	1.4 (D+F)	Combination		-0.011	-3.813	16.136	0.3413	-0.0522	0.0051
1	1.2(D+F) + 1.6 (L)	Combination		-0.042	-3.277	21.034	0.2763	-0.0841	0.0043
1	1.2(D+F) + 1.6W + 0.5L	Combination		1.825	-0.514	16.495	-0.1297	4.4691	0.0102
1	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Max	1.41	-3.19	20.555	0.3089	3.4611	0.0434
1	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Min	-1.451	-3.352	11.531	0.2662	-3.5777	-0.0347
1	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Max	0.434	-0.362	11.977	-0.1438	1.0608	0.0117
1	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Min	-0.424	-0.411	9.272	-0.1566	-1.049	-0.0117
1	0.9D+1.6W	Combination		1.83	-0.415	12.121	-0.0883	4.4759	0.0102
3	1.4 (D+F)	Combination		-0.046	-0.645	10.257	-0.1389	-0.0946	0.0051
3	1.2(D+F) + 1.6 (L)	Combination		-0.006827	-0.561	15.995	-0.1353	-0.0418	0.0043
3	1.2(D+F) + 1.6W + 0.5L	Combination		4.371	-0.26	4.755	-0.1707	4.7502	0.1491
3	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Max	1.402	-0.474	15.516	-0.1027	3.4519	0.0434
3	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Min	-1.459	-0.636	6.492	-0.1454	-3.5869	-0.0347
3	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Max	0.424	-0.362	11.977	-0.1438	1.049	0.0117
3	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Min	-0.434	-0.411	9.272	-0.1566	-1.0608	-0.0117
3	0.9D+1.6W	Combination		4.366	-0.161	0.381	-0.1293	4.7434	0.1491
5	1.4 (D+F)	Combination		0.031	-3.079	4.856	0.9644	0.0327	0.0068
5	1.2(D+F) + 1.6 (L)	Combination		-0.005822	-2.633	11.36	0.842	-0.0113	0.0058
5	1.2(D+F) + 1.6W + 0.5L	Combination		1.847	0.215	17.306	0.2735	4.5002	-0.0093
5	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Max	1.479	-2.561	10.901	0.8437	3.6198	0.0455
5	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Min	-1.448	-2.714	1.844	0.819	-3.5908	-0.0339
5	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Max	0.462	0.349	13.235	0.2587	1.1091	0.0119
5	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Min	-0.415	0.303	10.521	0.2513	-1.0521	-0.0119
5	0.9D+1.6W	Combination		1.848	0.132	12.62	0.2061	4.5014	-0.0093
7	1.4 (D+F)	Combination		-0.048	0.177	10.868	0.3284	-0.0624	0.0068
7	1.2(D+F) + 1.6 (L)	Combination		-0.00825	0.158	16.513	0.2968	-0.0142	0.0058
7	1.2(D+F) + 1.6W + 0.5L	Combination		4.356	0.437	6.45	0.2365	4.7361	-0.1482
7	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Max	1.434	0.23	16.054	0.2985	3.5654	0.0455
7	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Min	-1.494	0.077	6.997	0.2739	-3.6453	-0.0339
7	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Max	0.415	0.349	13.235	0.2587	1.0521	0.0119

7	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Min	-0.462	0.303	10.521	0.2513	-1.1091	-0.0119
7	0.9D+1.6W	Combination		4.355	0.354	1.764	0.1691	4.735	-0.1482
9	1.4 (D+F)	Combination		0.024	-6.41	22.554	0.5988	-0.0028	0.0076
9	1.2(D+F) + 1.6 (L)	Combination		-0.012	-5.502	26.532	0.4981	-0.0417	0.0065
9	1.2(D+F) + 1.6W + 0.5L	Combination		1.846	-0.311	17.49	-0.2548	4.4993	0.0097
9	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Max	1.528	-5.49	26.299	0.5194	3.7241	0.0483
9	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Min	-1.51	-5.503	16.788	0.4978	-3.756	-0.0352
9	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Max	0.479	-0.299	13.264	-0.2527	1.1495	0.0125
9	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Min	-0.432	-0.303	10.413	-0.2592	-1.0925	-0.0125
9	0.9D+1.6W	Combination		1.847	-0.234	12.814	-0.1872	4.5004	0.0097
11	1.4 (D+F)	Combination		-0.055	-0.542	11.624	-0.2569	-0.098	0.0076
11	1.2(D+F) + 1.6 (L)	Combination		-0.015	-0.473	17.164	-0.2353	-0.0446	0.0065
11	1.2(D+F) + 1.6W + 0.5L	Combination		4.356	-0.291	6.186	-0.2571	4.7352	0.1486
11	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Max	1.483	-0.461	16.93	-0.2141	3.6696	0.0483
11	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Min	-1.555	-0.474	7.419	-0.2356	-3.8104	-0.0352
11	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Max	0.432	-0.299	13.264	-0.2527	1.0925	0.0125
11	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Min	-0.479	-0.303	10.413	-0.2592	-1.1495	-0.0125
11	0.9D+1.6W	Combination		4.355	-0.214	1.51	-0.1895	4.7341	0.1486
13	1.4 (D+F)	Combination		0.014	-5.85	-0.197	1.6083	-0.0061	0.0142
13	1.2(D+F) + 1.6 (L)	Combination		-0.021	-5.007	7.031	1.3936	-0.0445	0.0122
13	1.2(D+F) + 1.6W + 0.5L	Combination		1.846	0.311	17.49	0.2548	4.4993	-0.0097
13	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Max	1.52	-5.006	6.798	1.3939	3.7213	0.0539
13	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Min	-1.518	-5.019	-2.713	1.3724	-3.7588	-0.0295
13	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Max	0.479	0.303	13.264	0.2592	1.1495	0.0125
13	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Min	-0.432	0.299	10.413	0.2527	-1.0925	-0.0125
13	0.9D+1.6W	Combination		1.847	0.234	12.814	0.1872	4.5004	-0.0097
15	1.4 (D+F)	Combination		-0.065	0.157	10.868	0.3234	-0.1013	0.0142
15	1.2(D+F) + 1.6 (L)	Combination		-0.023	0.142	16.515	0.2923	-0.0475	0.0122
15	1.2(D+F) + 1.6W + 0.5L	Combination		4.356	0.291	6.186	0.2571	4.7352	-0.1486
15	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Max	1.474	0.143	16.282	0.2926	3.6668	0.0539
15	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Min	-1.563	0.131	6.771	0.2711	-3.8133	-0.0295
15	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Max	0.432	0.303	13.264	0.2592	1.0925	0.0125
15	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Min	-0.479	0.299	10.413	0.2527	-1.1495	-0.0125

15	0.9D+1.6W	Combination		4.355	0.214	1.51	0.1895	4.7341	-0.1486
17	1.4 (D+F)	Combination		0.207	8.842	-7.744	1.4901	0.5157	0.0389
17	1.2(D+F) + 1.6 (L)	Combination		0.145	7.573	0.559	1.2619	0.4027	0.0333
17	1.2(D+F) + 1.6W + 0.5L	Combination		1.847	-0.215	17.306	-0.2735	4.5002	0.0093
17	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Max	1.63	7.654	0.1	1.2848	4.0338	0.073
17	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Min	-1.298	7.501	-8.956	1.2602	-3.1769	-0.0064
17	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Max	0.462	-0.303	13.235	-0.2513	1.1091	0.0119
17	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Min	-0.415	-0.349	10.521	-0.2587	-1.0521	-0.0119
17	0.9D+1.6W	Combination		1.848	-0.132	12.62	-0.2061	4.5014	0.0093
19	1.4 (D+F)	Combination		0.128	-0.406	10.795	-0.2769	0.4205	0.0389
19	1.2(D+F) + 1.6 (L)	Combination		0.142	-0.354	16.45	-0.2527	0.3998	0.0333
19	1.2(D+F) + 1.6W + 0.5L	Combination		4.356	-0.437	6.45	-0.2365	4.7361	0.1482
19	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Max	1.585	-0.273	15.991	-0.2297	3.9793	0.073
19	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Min	-1.343	-0.426	6.934	-0.2544	-3.2313	-0.0064
19	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Max	0.415	-0.303	13.235	-0.2513	1.0521	0.0119
19	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Min	-0.462	-0.349	10.521	-0.2587	-1.1091	-0.0119
19	0.9D+1.6W	Combination		4.355	-0.354	1.764	-0.1691	4.735	0.1482
21	1.4 (D+F)	Combination		-0.107	0.414	10.175	0.1735	-0.1926	-0.0756
21	1.2(D+F) + 1.6 (L)	Combination		-0.059	0.363	15.925	0.1649	-0.1258	-0.0648
21	1.2(D+F) + 1.6W + 0.5L	Combination		4.371	0.26	4.755	0.1707	4.7502	-0.1491
21	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Max	1.35	0.439	15.446	0.175	3.3679	-0.0258
21	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Min	-1.511	0.277	6.422	0.1323	-3.6709	-0.1038
21	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Max	0.424	0.411	11.977	0.1566	1.049	0.0117
21	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Min	-0.434	0.362	9.272	0.1438	-1.0608	-0.0117
21	0.9D+1.6W	Combination		4.366	0.161	0.381	0.1293	4.7434	-0.1491
23	1.4 (D+F)	Combination		-0.072	11.155	28.565	-4.7481	-0.1502	-0.0756
23	1.2(D+F) + 1.6 (L)	Combination		-0.094	9.57	31.687	-4.0536	-0.1681	-0.0648
23	1.2(D+F) + 1.6W + 0.5L	Combination		1.825	0.514	16.495	0.1297	4.4691	-0.0102
23	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Max	1.358	9.645	31.208	-4.0435	3.3771	-0.0258
23	1.2(D+F) + 1.Ex + 0.5 L	Combination	Min	-1.503	9.483	22.184	-4.0862	-3.6617	-0.1038
23	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Max	0.434	0.411	11.977	0.1566	1.0608	0.0117
23	1.2(D+F)+1.Ex+0.5L	Combination	Min	-0.424	0.362	9.272	0.1438	-1.049	-0.0117
23	0.9D+1.6W	Combination		1.83	0.415	12.121	0.0883	4.4759	-0.0102

GAYA DAN MOMEN MAXIMUM PADA FRAME

KOLOM

P	V2	V3	T	M2	M3
-16.263	-1.843	-1.782	-0.0084	-4.8603	-4.4821
3.983	1.552	0.69	0.0243	2.2681	3.7768

BEAM MELINTANG

P	V2	V3	T	M2	M3
-1.846	-8.842	-1.238	-0.0255	-1.162	-3.3218
0.377	7.913	1.165	0.0068	1.162	2.6829

beam memanjang

P	V2	V3	T	M2	M3
-21.405	-1.724	-1.168	-0.0019	-1.1646	-2.2426
1.248	0.936	1.168	0.0019	1.1704	0.6422

LAMPIRAN VIII : KONTROL DIMENSI UNTUK BALOK MELINTANG DAN KOLOM

KONTROL DIMENSI BALOK MELINTANG

Dari Hasil Sap 2000

Beban Ultimate -

$$\begin{array}{lll}
 Sbx \rightarrow M_{utx} = -486 \text{ Kgm} & \text{Max} = -322.2 \text{ Kgm} \\
 M_{uty} = 0 \text{ kgm} & M_{bx} = 322.2 \text{ Kgm} \\
 N_u = 184.6 \text{ Kg} & M_{sx} = 268.3 \text{ Kgm} \\
 V_u = 884.2 \text{ kg} &
 \end{array}$$

Profil baja yang digunakan yaitu

400 x 300 x 10 x 16

$$\begin{array}{lll}
 A = 136 \text{ cm}^2 & t_f = 16 \text{ mm} & Z_x = 2116 \text{ cm}^3 \\
 W = 107 \text{ kg/m} & I_x = 38700 \text{ cm}^4 & Z_y = 729 \text{ cm}^3 \\
 a = 400 \text{ mm} & I_y = 7210 \text{ cm}^4 & h = 332 \text{ mm} \\
 b_f = 300 \text{ mm} & t_w = 10 \text{ mm} & S_x = 1980 \text{ cm}^3 \\
 i_y = 7.28 \text{ cm} & i_x = 16.9 \text{ cm} &
 \end{array}$$

Mutu Baja = BJ 41

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

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

Kontrol Lendutan

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{200}{360} = 0.556 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5L^2}{48EI} (M_s - 0.1(M_a - M_b))$$

$$f = \frac{5.16^2}{48.200000.38700} (268.3 \times 0.1(-322.2 \times 322.2))$$

$$f = 0.0014 \text{ cm}$$

$$f < f_{ijin} (\text{ok})$$

Kontrol Tekuk

- Untuk arah X

$$k_{cx} = 1 \text{ (sendi-sendi)}$$

$$L = 200 \text{ cm}$$

$$L_{cx} = 200 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{L_{cx}}{i_x} = 11.834 \text{ cm}$$

$$N_{crbx} = \frac{\pi^2 EA}{\lambda_x^2} \quad N_{crbx} = \frac{3.14^2 \times 200000 \times 136}{11.83^2}$$

$$N_{crby} = 1916710.2 \text{ kg}$$

- Untuk arah Y

$$k_{cy} = 1 \text{ (jepit sendi)}$$

$$L = 200 \text{ cm}$$

$$L_{cy} = 200 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{cy}}{i_y} = 27.473 \text{ cm} \text{ (menentukan)}$$

$$N_{crby} = \frac{\pi^2 EA}{\lambda_y^2} \quad N_{crby} = \frac{3.14^2 \times 200000 \times 136}{24.473^2}$$

$$N_{crbx} = 3556688 \text{ kg}$$

Maka dipakai λ_y karena $\lambda_y > \lambda_x$

$$\lambda_c = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad \lambda_c = \frac{27.473}{\pi} \sqrt{\frac{2400}{200000}}$$

$$\lambda_c = 0.3$$

$0.25 < \lambda_c < 1.2$ maka rumus w adalah

$$\omega = \frac{1.43}{1.67 - 0.67\lambda_c} = 0.974$$

$$P_n = \frac{Ag \cdot F_y}{\omega} = \frac{136x2400}{0.974} = 334853 \text{ kg}$$

$$\frac{Pu}{\varphi c P_n} = \frac{184.6}{0.85x334853} = 0.0065 < 0.2$$

Maka memakai rumus = $\frac{Pu}{2\varphi c P_n} + \frac{M_{ux}}{\varphi b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\varphi b M_{ny}} \leq 1$

- X batang dianggap tidak bergoyang

$$S_{bx} = \frac{C_{mx}}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{crbx}} \right)} \geq 1$$

$$C_{mx} = 1 \quad S_{bx} = \frac{1}{1 - \left(\frac{184.6}{1916710.2} \right)} \geq 1$$

$$S_{bx} = 0.999 < 1$$

$$S_{bx} = 1$$

$$M_{ux} = M_{utx} * S_{bx}$$

$$M_{ux} = 332.2 \times 1 = 332.2 \text{ kgm}$$

- Y batang dianggap tidak bergoyang

$$S_{by} = \frac{C_{my}}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{crby}} \right)} \geq 1$$

$$C_{mx} = 1 \quad S_{bx} = \frac{1}{1 - \left(\frac{184.6}{1916710.2} \right)} \geq 1$$

$$S_{by} = 0.999 < 1$$

$$S_{by} = 1$$

$$M_{uy} = M_{uty} * S_{by}$$

$$M_{uy} = 0 \times 1 = 0 \text{ kgm}$$

Menentukan Mnx

• kontrol penampang profil untuk sayap	untuk badan
$\frac{b}{2tf} \leq \frac{170}{\sqrt{fy}}$	$\frac{h}{t} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}}$
$\frac{300}{32} \leq \frac{170}{15.811}$	$\frac{332}{10} \leq \frac{1680}{\sqrt{2400}}$
$9.375 \leq 10.75 (ok)$	$33.2 \leq 106.253 (ok)$

Maka penampang profil kompak $M_{nx} = M_{px}$

Lateral buckling $L_b = 200$ cm

$$L_p = 1.76 * i_y \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 362.401 \text{ cm}$$

$$L_r = 1130.174$$

$L_b < L_p$ (plastic Buckling)

$$\begin{aligned} M_n = M_p &= Zx.f_y \\ &= 2116. 2500 \\ &= 5290000 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

5.2.2.3.4 Persamaan Interaksi

$$\frac{Pu}{2\varphi c P_n} + \frac{M_{ux}}{\varphi b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\varphi b M_{ny}} \leq 1$$

$$\frac{184.6}{1.7 \times 334853} + \frac{332,2}{0.9 \times 5290} \leq 1$$

$$0.00324 + 0.0697 \leq 1$$

$$0.073 \leq 1$$

5.2.2.3.5 Kontrol Kuat rencana Geser

$$\frac{h}{tw} \leq \frac{1100}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{332}{2400} \leq \frac{1100}{\sqrt{2400}}$$

$$0.138 \leq 69.57$$

Plastis

$$V_n = 0.6 F_y A_w$$

$$= 0.6 \cdot 2400 \cdot 1.40$$

$$= 57600 \text{ kg}$$

$$V_u \leq \phi V_n$$

$$184.3 \leq 0.9 \times 57600$$

$$184.3 \leq 518400 \text{ (ok)}$$

KONTROL DIMENSI KOLOM

Dari Hasil Sap 2000

Diperoleh Mmax dan N max pada Frame 13:

Beban Ultimate -

$$\begin{array}{lll} Sbx \rightarrow M_{utx} = -486 \text{ Kgm} & & \text{Max} = -486 \text{ Kgm} \\ N_u = -1626.3 \text{ Kg} & & M_{bx} = 226.8 \text{ Kgm} \\ V_u = 184.3 \text{ kg} & & M_{sx} = 129.6 \text{ Kgm} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} Sby \rightarrow M_{uty} = -448.2 \text{ Kgm} & & \text{Max} = -448.2 \text{ Kgm} \\ N_u = -775.6 \text{ Kg} & & M_{bx} = 288.9 \text{ Kgm} \\ V_u = 69 \text{ kg} & & M_{sx} = 79.6 \text{ Kgm} \end{array}$$

Profil baja yang digunakan yaitu

400 x 300 x 10 x 16

$$\begin{array}{lll} A = 136 \text{ cm}^2 & t_f = 16 \text{ mm} & Z_x = 2116 \text{ cm}^3 \\ W = 107 \text{ kg/m} & I_x = 38700 \text{ cm}^4 & Z_y = 729 \text{ cm}^3 \\ a = 400 \text{ mm} & I_y = 7210 \text{ cm}^4 & h = 332 \text{ mm} \\ b_f = 300 \text{ mm} & t_w = 10 \text{ mm} & S_x = 1980 \text{ cm}^3 \\ i_y = 7.28 \text{ cm} & i_x = 16.9 \text{ cm} & \end{array}$$

Mutu Baja = BJ 41

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

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

Kontrol Lendutan

- Kontrol Lendutan arah X

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{400}{360} = 1.111 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5L^2}{48EI} (M_s - 0.1(M_a - M_b))$$

$$f = \frac{5.16^2}{48.200000.38700} (129.6 \times 0.1(-486 \times 226.8))$$

$$f = 0.0043 \text{ cm}$$

$$f < f_{ijin} (\text{ok})$$

- Kontrol Lendutan arah Y

$$f_{ijin} = \frac{L}{360} = \frac{400}{360} = 1.111 \text{ cm}$$

$$f = \frac{5L^2}{48EI} (Ms - 0.1(Ma - Mb))$$

$$f = \frac{5x16^2}{48.200000.38700} (79.6x0,1(-488.2x288.9))$$

$$f = 0.02 \text{ cm}$$

$$f < f_{ijin}$$

ok

Kontrol Tekuk

- Untuk arah X

$$kcx = 0.8 \text{ (jepit sendi)}$$

$$L = 400 \text{ cm}$$

$$Lkx = 320 \text{ cm}$$

$$\lambda_x = \frac{Lkx}{ix} = 18.934 \text{ cm}$$

$$Ncrbx = \frac{\pi^2 EA}{\lambda_x^2} \quad Ncrbx = \frac{3.14^2 x 200000 x 136}{18.934^2}$$

$$Ncrbx = 7487149 \text{ kg}$$

- Untuk arah Y

$$kcy = 0.8 \text{ (jepit sendi)}$$

$$L = 400 \text{ cm}$$

$$Lky = 320 \text{ cm}$$

$$\lambda_y = \frac{Lky}{iy} = 43.956 \text{ cm} \quad (\text{menentukan})$$

$$Ncrby = \frac{\pi^2 EA}{\lambda_y^2} \quad Ncrby = \frac{3.14^2 x 200000 x 136}{43.956^2}$$

$$Ncrby = 1389331 \text{ kg}$$

Maka dipakai λ_y karena $\lambda_y > \lambda_x$

$$\lambda_c = \frac{\lambda_y}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} \quad \lambda_c = \frac{43.956}{\pi} \sqrt{\frac{2400}{200000}} \\ \lambda_c = 0.4847$$

$0.25 < \lambda_c < 1.2$ maka rumus w adalah

$$\omega = \frac{1.43}{1.67 - 0.67\lambda_c} = 1.063$$

$$P_n = \frac{A_g \cdot F_y}{\omega} = \frac{136x2400}{1.063} = 307056kg$$

$$\frac{Pu}{\varphi c P_n} = \frac{1626.3}{0.85x307056} = 0.00623 < 0.2$$

$$\text{Maka memakai rumus } = \frac{Pu}{2\varphi c P_n} + \frac{M_{ux}}{\varphi b M_{nx}} + \frac{M_{uy}}{\varphi b M_{ny}} \leq 1$$

- X batang dianggap tidak bergoyang

$$S_{bx} = \frac{C_{mx}}{1 - \left(\frac{N_u}{N_{crbx}} \right)} \geq 1$$

$$C_{mx} = 1 \quad S_{bx} = \frac{1}{1 - \left(\frac{1626.3}{7487149} \right)} \geq 1$$

$$S_{bx} = 1.00022 > 1$$

$$S_{bx} = 1.00022$$

$$M_{ux} = M_{utx} * S_{bx}$$

$$M_{ux} = -486 \times 1.00022 = -486.106 \text{ kgm}$$

- Y batang dianggap tidak bergoyang

$$Sby = \frac{Cmy}{1 - \left(\frac{Nu}{Ncrby} \right)} \geq 1$$

$$Cmx = 1 \quad Sbx = \frac{1}{1 - \left(\frac{1626.3}{1389331} \right)} \geq 1$$

$$Sby = 1.000117 > 1$$

$$Sby = 1.000117$$

$$Muy = Muty * Sby$$

$$Muy = -448.2 \times 1.000117 = -448.725 \text{ kgm}$$

Menentukan Mn_x

- kontrol penampang profil

untuk sayap

$$\frac{b}{2tf} \leq \frac{170}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{300}{32} \leq \frac{170}{\sqrt{2400}}$$

$$9.375 \leq 10.75(ok)$$

untuk badan

$$\frac{h}{t} \leq \frac{1680}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{332}{10} \leq \frac{1680}{\sqrt{2400}}$$

$$33.2 \leq 106.253(ok)$$

Maka penampang profil kompak Mn_x = Mp_x

Lateral buckling Lb = 400 cm

$$Lp = 1.76 * iy \sqrt{\frac{E}{fy}} = 362.401cm$$

$$Lr = 1130.174$$

Lp < Lb < Lr (inelastic Buckling)

Maka menggunakan rumus

$$Mnx = Cb * \left[Mr + \left(\frac{(Mp - Mr)(Lr - Lb)}{Lr - Lp} \right) \right]$$

$$Cb = \frac{12.5M_{max}}{2.5M_{max} + 3Ma + 3Mb + 3Mc}$$

$$Cb = 1.53$$

$$\begin{aligned}
 Mr &= Sx(fy-fr) &= 3564000 \text{ kgcm} \\
 Mp &= Zx.fy &= 5290000 \text{ kgcm} \\
 My &= Sx.fy &= 4950000 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

$1.5 My > Mp$
 $7425000 \text{ kgcm} > 5290000 \text{ Kgcm}$ (ok)

$$\begin{aligned}
 Mnx &= 7995393 \text{ Kgcm} > Mp \\
 Mnx &= Mp = 529000 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Mny &= Zx.Fy \\
 &= 729x2500 \\
 &= 1822500 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

5.2.2.3.4 Persamaan Interaksi

$$\begin{aligned}
 \frac{Pu}{2\varphi cPn} + \frac{Mux}{\varphi bMnx} + \frac{Muy}{\varphi bMny} &\leq 1 \\
 \frac{1626.3}{1.7x307056} + \frac{486.1}{0.9x52900} + \frac{448.72}{0.9x18225} &\leq 1 \\
 0.00311 + 0.102 + 0.0027 &\leq 1 \\
 0.133 &\leq 1
 \end{aligned}$$

5.2.2.3.5 Kontrol Kuat rencana Geser

$$\begin{aligned}
 \frac{h}{tw} &\leq \frac{1100}{\sqrt{fy}} \\
 \frac{332}{2400} &\leq \frac{1100}{\sqrt{2400}} \\
 0.138 &\leq 69.57
 \end{aligned}$$

Plastis

$$\begin{aligned}V_n &= 0.6 F_y A_w \\&= 0.6 \cdot 2400 \cdot 1.40 \\&= 57600 \text{ kg} \\V_u &\leq \phi V_n \\184.3 &\leq 0.9 \times 57600 \\184.3 &\leq 518400 \quad (\text{ok})\end{aligned}$$

LAMPIRAN IX : KONTROL SAMBUNGAN UNTUK KOLOM DAN BATANG DIAGONAL

SAMBUNGAN PROFIL DIAGONAL

Profil diagonal = L 120 x 120 x 11

Profil Batang Melintang = WF 200 x 100 x 8 x 11

Data perencanaan

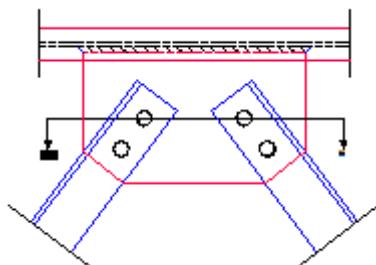
Tebal plat sambung = 12 mm

Baut tipe biasa = $\phi 12$ mm Bj 37

$A_b = 113.09 \text{ mm}^2$

Direncanakan menggunakan simple connection 1 tampang

$m = 1$



Kekuatan Geser Baut

Diameter perlemahan Baut = $12 + 1.5 = 13.5$ mm (dengan bor)

$r_1 = 0.5$ (tidak ada ulir pada bidang geser baut)

Baut Bj 24 $F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$
 $F_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$

$$\begin{aligned} V_d &= \varphi f \times r_1 \times F_{ub} \times A_b \times m \\ &= 0.75 \times 0.5 \times 3700 \times 1.13 \times 1 \\ &= 1569.22 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kekuatan Tumpu Baut

Pelat BJ 37, $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$
 $f_u = 3700 \text{ kg/cm}^2$

Tebal pelat tertipis = 8 mm yaitu tebal profil ikatan angin

$$\begin{aligned}
 Rd &= \varphi f \cdot 2.4 \cdot tp \cdot f_{ub} \cdot db \\
 &= 0.75 \times 2.4 \times 0.8 \times 3700 \times 0.4 \\
 &= 6393.6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

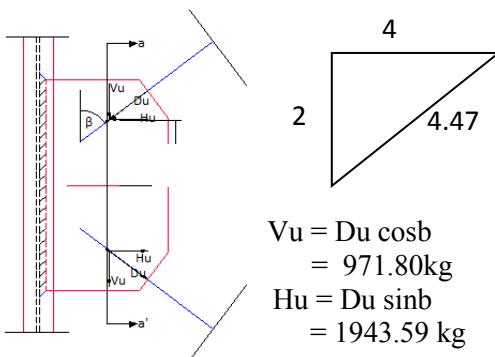
Jumlah Baut Yang Dibutuhkan

$$\begin{aligned}
 Du &= d12 \bar{D}_u^{2173} \text{ kg} \\
 n \text{ baut} &= \frac{\phi Rn}{\bar{D}_u^{2173}} \\
 &= \frac{1569.225}{1569.225} \\
 &= 1.384 = 2 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Syarat jarak pemasangan baut

$$\begin{aligned}
 3 \text{ db} < S < 15 \text{ tp} \text{ atau } 200 \text{ mm} \\
 40.5 \text{ mm} < S < 120 \text{ mm} \\
 \text{Diambil } S = 60 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 1.5 \text{ db} &< S_1 < 4 \text{ tp} + 100 \\
 20.25 \text{ mm} &< S_1 < 132 \text{ mm} \\
 \text{Diambil } S_1 &= 40 \text{ mm}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 x &= 106.565 \text{ mm} \\
 M_u &= H_u x \\
 &= 207118.6988 \text{ kgmm}
 \end{aligned}$$

Gaya yang bekerja pada potongan a-a' :

$$\begin{aligned}\text{Gaya Normal Tarik (Nu)} &= 1943.59 \times 2 \\ &= 3887.18 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Gaya lintang/geser (Vu)} &= 971.80 \\ &= 971.80 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Momen (Mu)} &= 207118.6988 \times 2 \\ &= 414237.3977 \text{ kgmm}\end{aligned}$$

Kontrol Kekuatan Plat Sambung

$$\begin{aligned}\varnothing t.Nnt &= 0,9 f_y A_g \\ &= 0.9 \times 2400 \times 7.2 \\ &= 15552 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varnothing t.Nnt &= 0,75 f_u A_n \\ &= 0.75 \times 3700 \times 1.47 \\ &= 4091.591504 \text{ kg (Menentukan !!)}$$

nilai $\varnothing t.Nnt$ yang dipakai adalah yang terkecil = 4091.6 kg

$$\begin{aligned}d &= A_{\text{lubang}} \times s \\ &= 162 \times 78.517 \\ &= 12719.754 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Z &= 0.25 * t h^2 - (2d) \\ &= 10800 - 25439.508 \\ &= -14639.508 \text{ mm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varnothing b.Mn &= 0,9 Z f_y \\ &= 0.9 \times -14.639508 \times 2400 \\ &= -31621.33728 \text{ kgcm} \\ &= -316213.3728 \text{ kgmm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varnothing v.Vn &= 0,75 * (0,6 A_n f_u) \\ &= 0.75 \times 0.6 \times 5.58 \times 3700 \\ &= 9290.7 \text{ kg}\end{aligned}$$

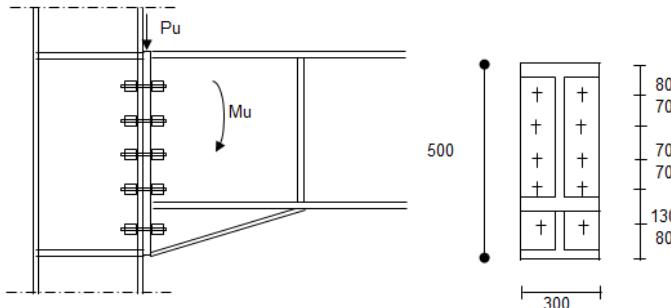
$$\mathbf{108}$$

$$\sqrt{\left(\frac{Nut}{\phi t.Nnt}+\frac{Mu}{\phi b.Mn}\right)^2+\left(\frac{Vu}{\phi v.Vn}\right)^2}\leq1$$

$$\sqrt{\left(\frac{3887.18}{4092}+\frac{414237}{-3126213}\right)^2+\left(\frac{971.8}{9281}\right)^2}\leq1$$

$$0.375 \leq 1$$

SAMBUNGAN BALOK DAN KOLOM



Data Perencanaan Sambungan

Profil kolom = WF 400 x 300 x 10 x 16

Profil Batang Melintang = WF 400 x 300 x 10 x 16

Data perencanaan

Tebal plat sambung = 8 mm

Baut tipe normal = $\phi 8 \text{ mm Bj 37}$ (ulir bor)

$A_b = 0.502 \text{ cm}^2$

$$M_u = 486 \text{ kgm} = 48600 \text{ kgcm}$$

$$P_u = 1626.3 \text{ kg}$$

Kuat Geser Baut

$$f_{Rnv} = 0.75 \times 0.5 f_u \times A_b \times n$$

$$= 0.75 \times 0.5 \times 3700 \times 0.5024 \times 1$$

$$= 697.08 \text{ kg}$$

Kuat Tumpu Baut

$$f_{Rn} = 2.4 d \times t_p \times f_u \times 0.75$$

110

$$\begin{aligned} &= 2.4 \times 0.8 \times 1 \times 3700 \times 0.75 \\ &= 5328 \text{ kg} \end{aligned}$$

Kuat Tarik Baut

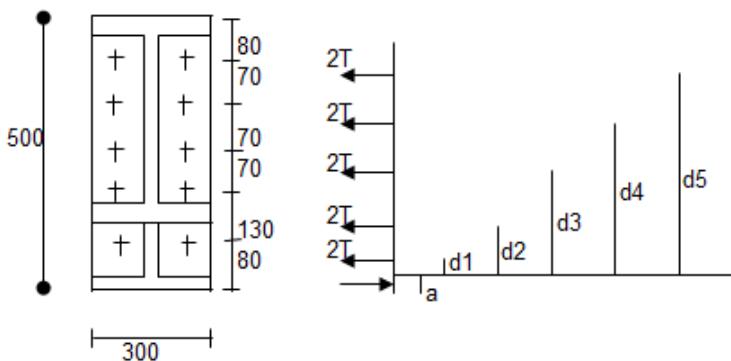
$$\begin{aligned} f_{Rnt} &= 0.75 \times 0.75 \times f_u \times A_b \\ &= 0.75 \times 0.75 \times 4100 \times 0.5024 \\ &= 1158.66 \text{ kg} \end{aligned}$$

Interaksi Geser dan Kuat Tarik Baut

$$\left(\frac{R_{uv}}{\phi R_{nv}} \right)^2 + \left(\frac{R_{ut}}{R_{nt}} \right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{162.63}{697.08} \right)^2 + \left(\frac{R_{ut}}{1045.62} \right)^2 \leq 1$$

$$R_{ut} = T = 801.675 \text{ Kg}$$



$$a = \frac{\sum T}{fy.B} = \frac{801.675 \times 10}{2400 \times 30} \\ = 0.111$$

$$d_1 = 7.88865625 \text{ cm}$$

$$d_2 = 20.88865625 \text{ cm}$$

$$d_3 = 27.88865625 \text{ cm}$$

$$d_4 = 34.88865625 \text{ cm}$$

$$d_5 = 41.88865625 \text{ cm}$$

$$S_{di} = 133.4432813 \text{ cm}$$

$$\frac{0.9x f_y x a^2 x B}{2} + S x T x d_i > 48600 \text{ kg cm} \\ \frac{0.9x 2400x 0.111^2 x 30}{2} + 213956.3 > 48600 \text{ kg cm} \\ 214358 > 48600 (\text{ok})$$

Kontrol Kekuatan Sambungan Las

Perhitungan Tebal Las efektif pada sambungan

$$A_{eff \ max} \text{ di web} = 0.707x \frac{f_u}{70x70.3} \\ = 0.707x \frac{4100 \times 10}{70x70.3} \\ = 5.315 \text{ mm}$$

$$A_{eff \ max} \text{ di end plate} = 1.41x \frac{f_u}{70x70.3}$$

112

$$= 1.41x \frac{4100x10}{70x70.3}$$

$$= 11.74 \text{ mm}$$

Perhitungan Gaya Yang Bekerja Pada Sambungan Las

Misal te = 1 cm

$$A = 72.2 + 34.8 = 107 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} Sx &= \frac{d}{3} x 1 x 2 = \frac{72.2 + 34.8}{3} x 1 x 2 \\ &= 2544.22 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$F_v = \frac{P_u}{A} = \frac{7343}{107} = 68.62 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_h = \frac{M_u}{Sx} = \frac{1297600}{2544.22} = 510.02 \text{ kg/cm}^2$$

$$\begin{aligned} F_{\text{total}}^2 &= F_v^2 + F_h^2 \\ &= 68.62^2 + 510.02^2 \end{aligned}$$

$$F_{\text{total}} = 514.6174 \text{ kg/cm}^2$$

Kontrol Kekuatan Las

$$f_{fn} = 0.75 \times 0.6 \times 70 \times 70.3 = 2214.45 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{fn} > f_{\text{total}}$$

$$514.614 > 2214.45$$

(OK)

Perhitungan Tebal Efektif

$$t_e \text{ perlu} = \frac{F_{\text{total}}}{f_{fn}} = \frac{514.6147}{2214.45} = 0.232 \text{ cm}$$

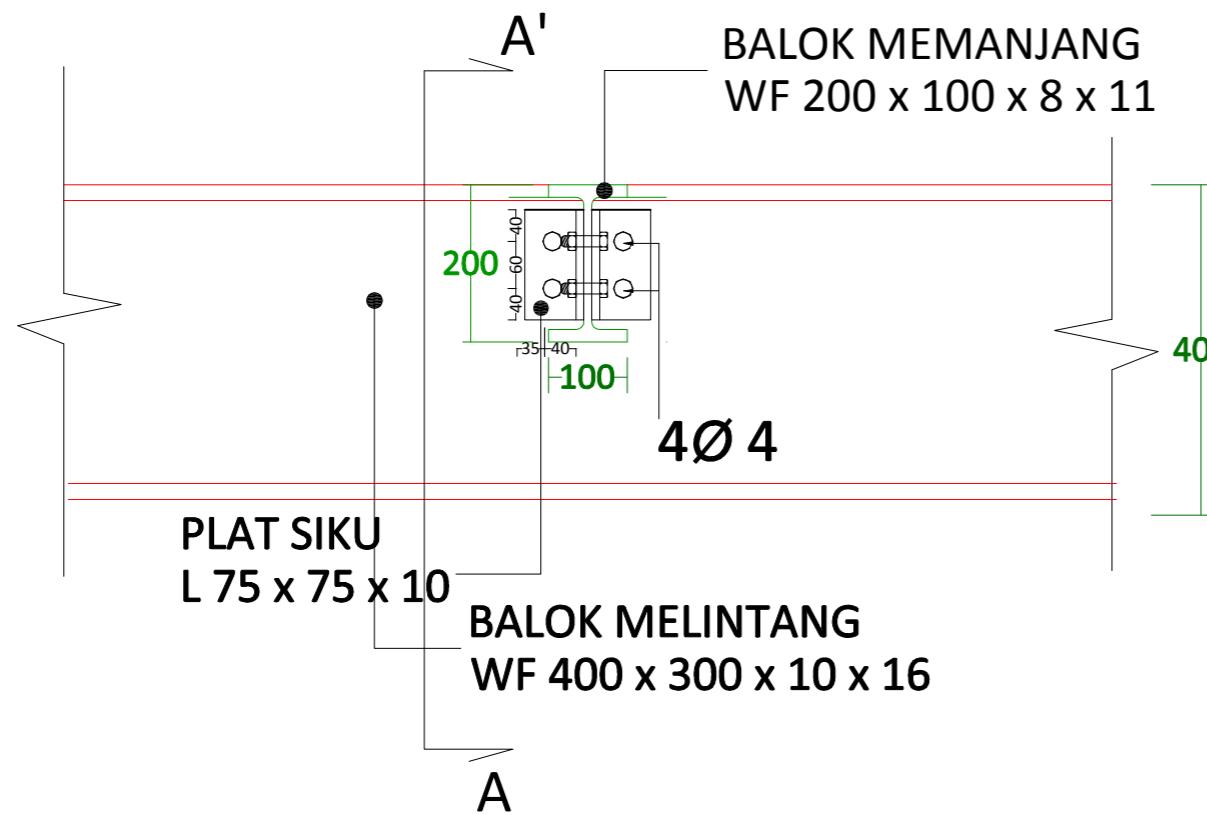
Perhitungan Lebar Perlu

$$a \text{ perlu} = \frac{0.87}{0.707} = 1.23mm < 5.89mm \text{ (ok)}$$

Perhitungan Tebal Efektif Dengan Lebar Minimum

a minimum = 4mm

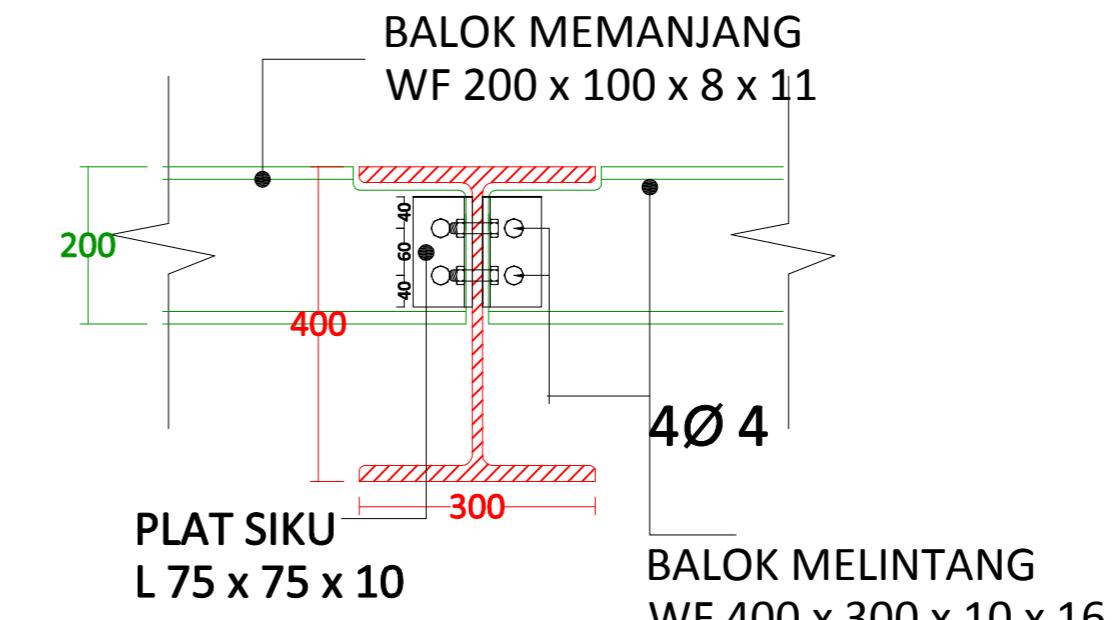
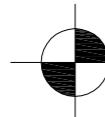
$$te \text{ perlu} = 4 \times 0.707 = 2.828 \text{ mm}$$



TAMPAK DEPAN

SAMBUNGAN BALOK MEMANJANG - BALOK MELINTANG

SKALA 1 : 10

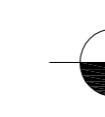


TAMPAK SAMPING

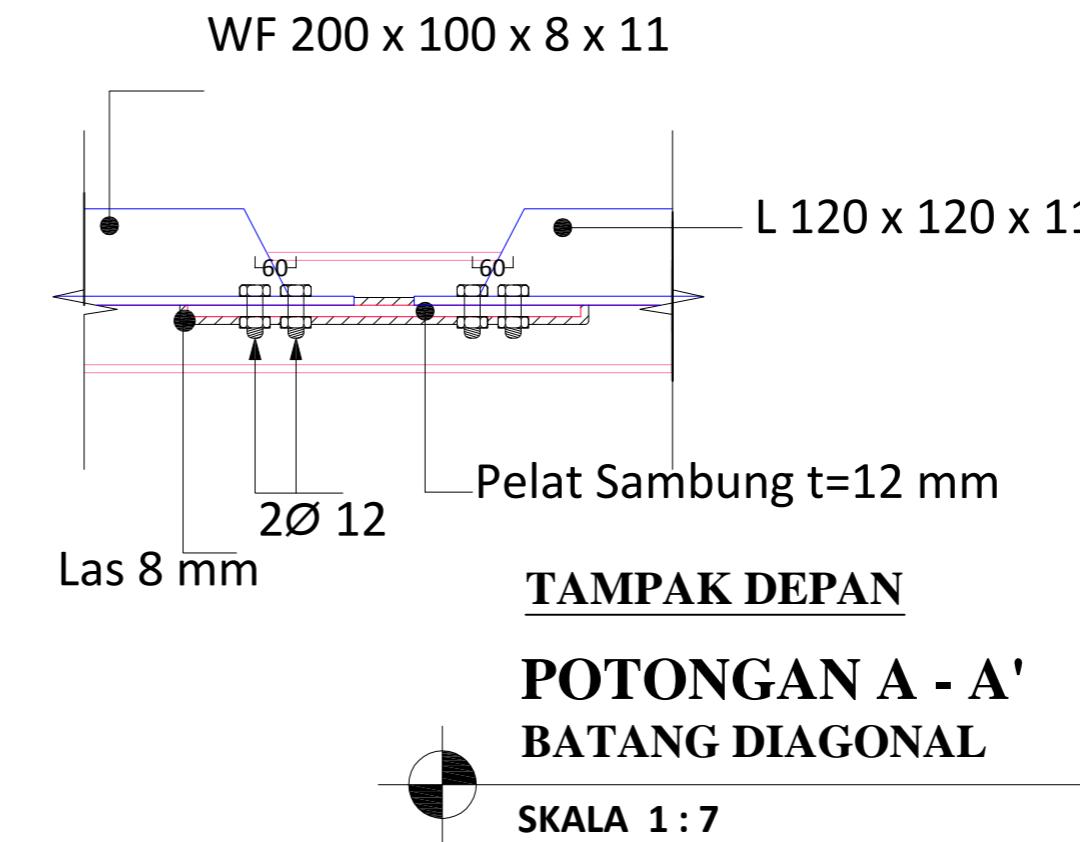
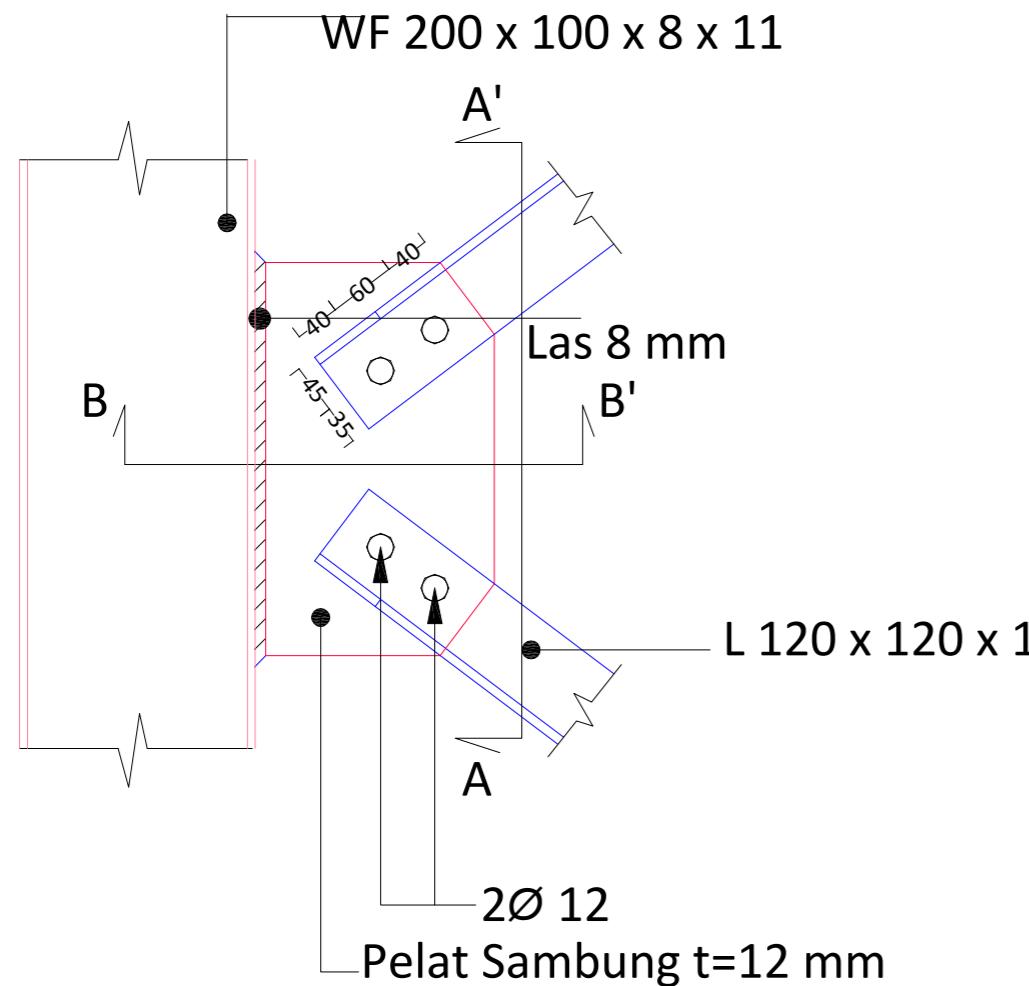
POTONGAN A - A'

SAMBUNGAN BALOK MEMANJANG - BALOK MELINTANG

SKALA 1 : 10



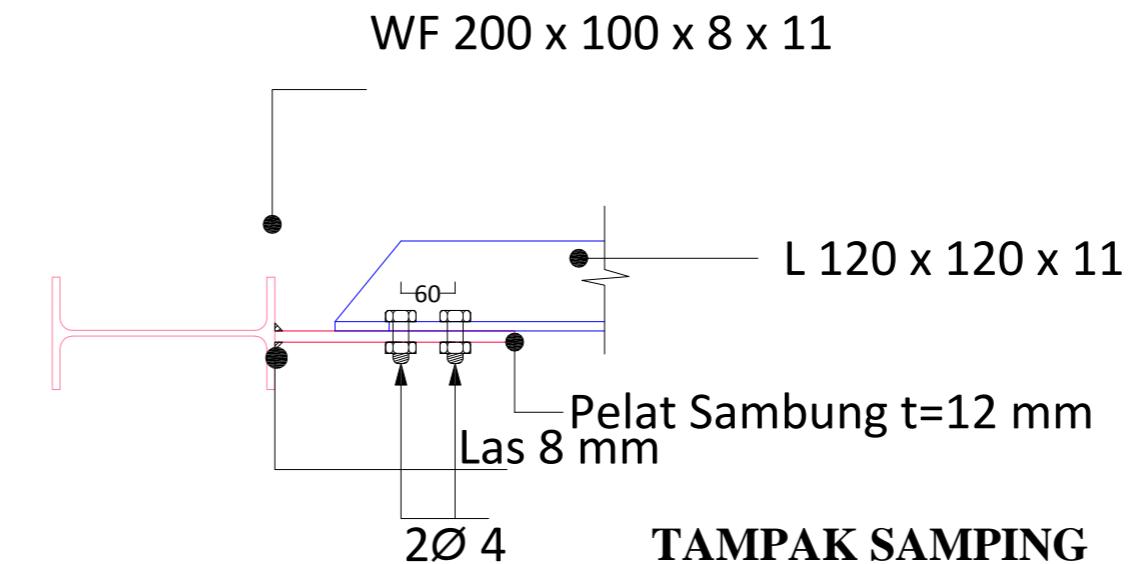
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	PERENCANAAN JARINGAN PERPIPAAN LOMBOK TIMUR BESERTA FASILITASNYA	Dr. Techn. Umboro L., S.T., M.Sc M. Bagus Ansori , S.T., M.Sc	Ayub Setya Ade Pribadi 3111100012	SAMBUNGAN BALOK MEMANJANG - MELINTANG	1 : 10	114



TAMPAK ATAS

SAMBUNGAN BATANG DIAGONAL

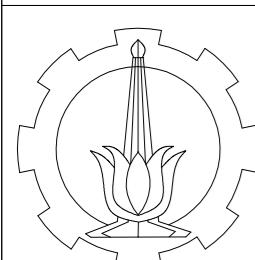
SKALA 1:7



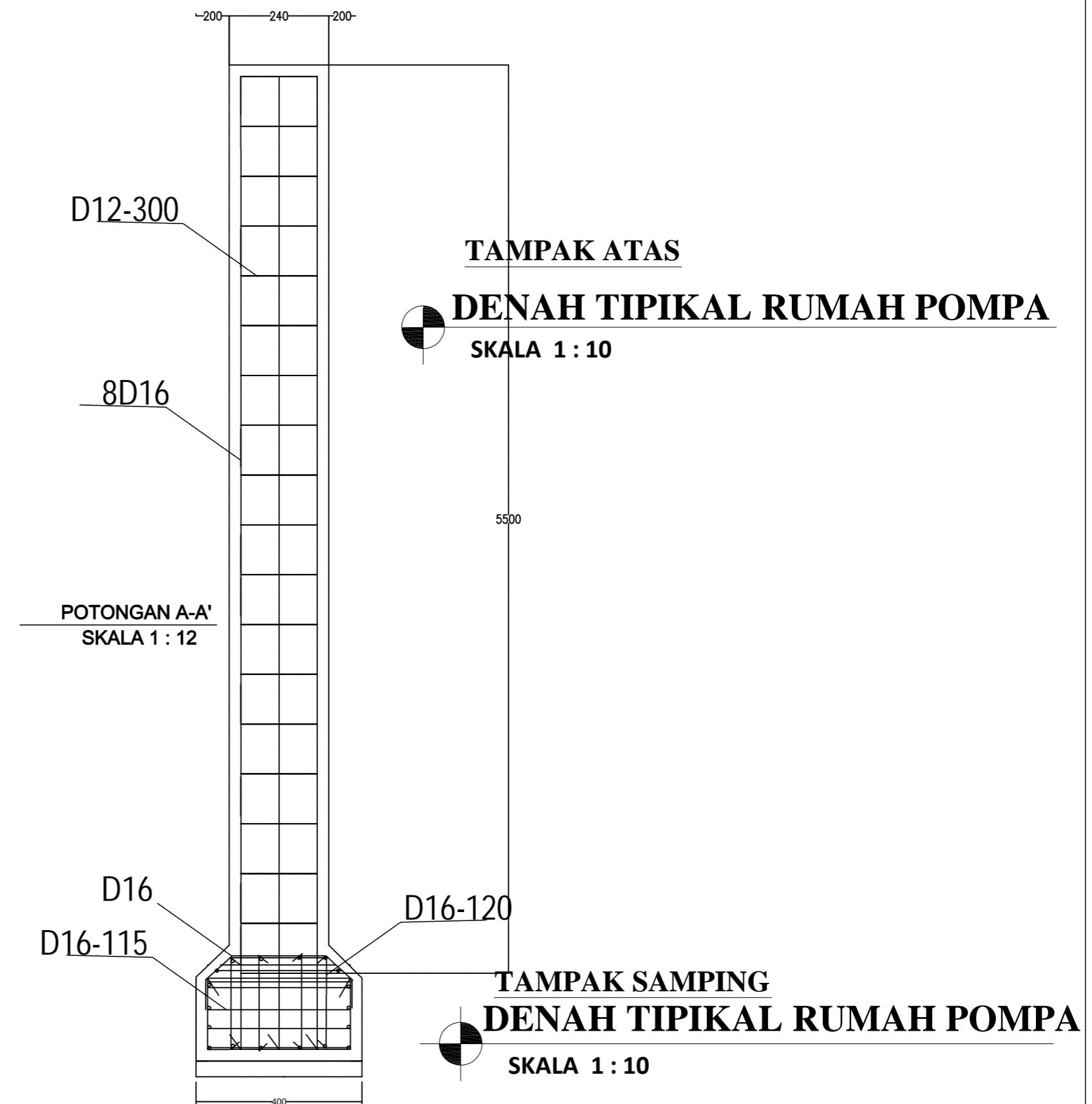
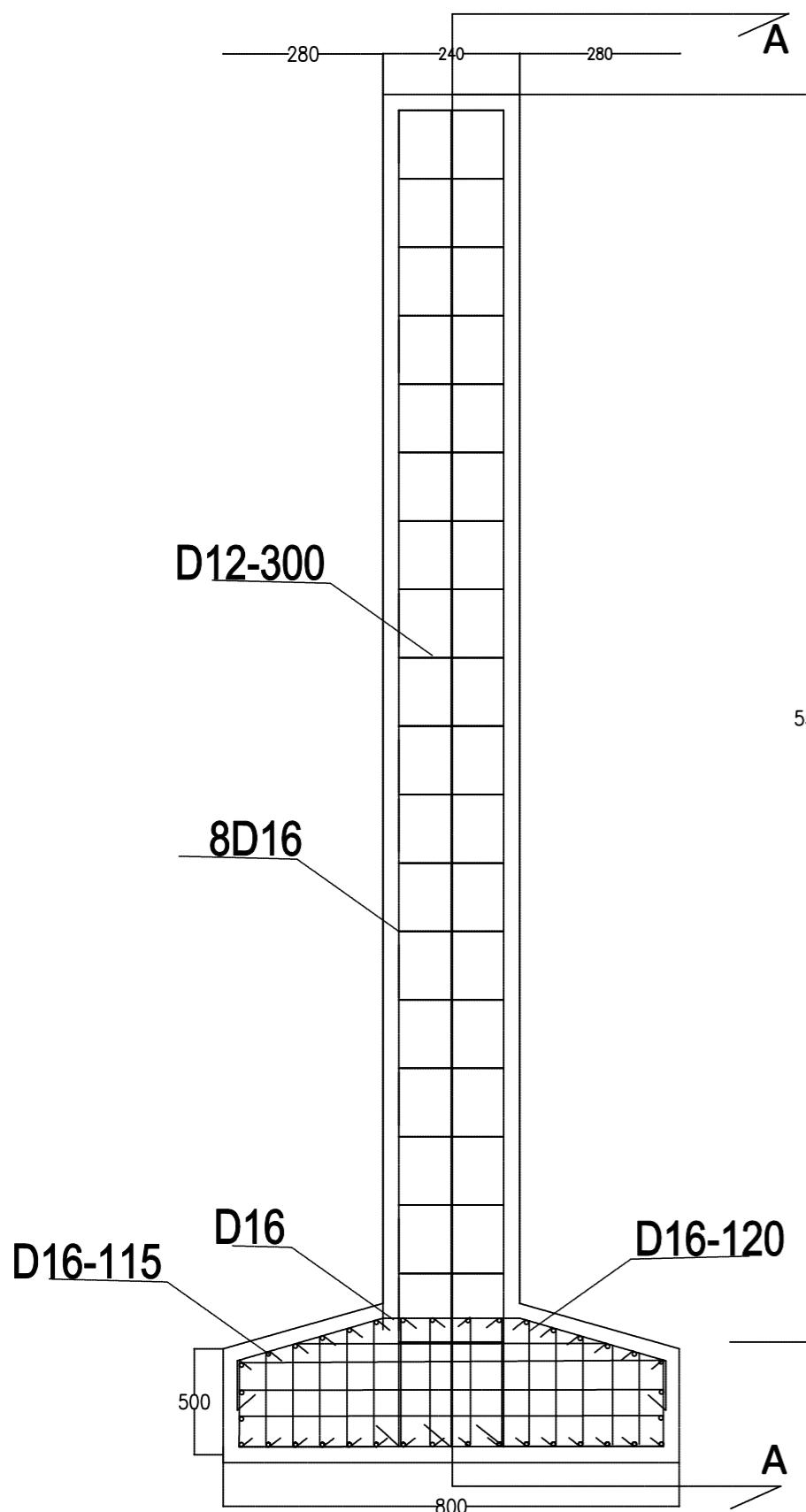
TAMPAK SAMPING

POTONGAN B - B' SAMBUNGAN BATANG DIAGONAL

SKALA 1:7



LAMPIRAN XII : GAMBAR DESAIN PONDASI



INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	JUDUL TUGAS AKHIR	DOSEN PEMBIMBING	MAHASISWA	JUDUL GAMBAR	SKALA	NO. LEMBAR
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN JURUSAN TEKNIK SIPIL	PERENCANAAN JARINGAN PERPIPAAN LOMBOK TIMUR BESERTA FASILITASNYA	Dr. Techn. Umboro L., S.T., M.Sc M. Bagus Ansori , S.T., M.Sc	Ayub Setya Ade Pribadi 3111100012	DENAH TIPIKAL RUMAH POMPA	1 : 12	116

DAFTAR PUSTAKA

- ASME Operation and Maintenance Part 3 Code. 1982.
Requirements for Preoperational and Testing of Nuclear Power Plant Piping System. New York : ASME.
- American National Standards Institute. 2009. International Building Code. Texas. ANSI.
- American Society Of Civil Engineers. 2003. Minimum Design Loads for building and other Structure. New York : ASCE..
- American Institute Of Steel Construction. 2005. Design Example. AISC. New York. USA
- Badan Standarisasi Nasional. 2002. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002). Jakarta : BSNI.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 03-1726-2012). Jakarta : BSNI.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013). Jakarta. BSNI.
- Herman . 2012. Analisa Daya Dukung Pondasi . Surabaya : Itspress
- Henryk. 2009. Hydraulics loss in pipes. New York: The Mc, Graw Hill Company.
- Hill, M. 2002. Facility Piping System Handbook. New York: The Mc, Graw Hill Company.

- McDonald. 1994. Introduction to Fluid Mechanics. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Parr, A. 2006. Hidrolika dan Pneumatika, Jakarta : Erlangga
- PIP STC01015. 2007. Structural Design Criteria. Austin, TX : Process Industry Practices.
- Rahman, A. 2013. Power Plant and Electrical Engineering. Jakarta :Erlangga
- Walter,R. 2010. Non Building Structures : Design Of Structural *Pipe Rack*. 4, 241-251.

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kediri pada tanggal 15 Februari 1993, merupakan anak pertama dari 1 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu SDN Kambangan 1 Pagu Kediri , SMPN 1 Gampengrejo dan SMUN 2 Pare. Sebelum lulus dari SMUN tahun 2011, Penulis mengikuti Pendaftaran SMPTN Undangan dan diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya yang terdaftar dengan NRP 3111100012.

Di Jurusan Teknik Sipil ini Penulis mengambil Bidang Studi Hidrolik. Penulis sempat aktif di beberapa kegiatan organisasi ekstra kampus yakni sebagai ketua bidang Tim pembina Kerohanian Kristen (PMK-ITS) untuk jurusan Teknik Sipil, pengurus dan anggota Kesatuan Mahasiswa Kristen Indonesia (PMK-ITS Surabaya), pernah mengikuti dan mengadakan beberapa kegiatan seminar serta pelatihan yang diselenggarakan oleh Jurusan, Himpunan Mahasiswa Sipil (HMS), HMK, FMIPA UGM dan ROBOTIKA ITS. Penulis juga aktif dalam kegiatan di luar kampus seperti pelatihan kepemimpinan yang diadakan oleh HAGGAI INSTITUTE serta aktif dalam kegiatan - kegiatan sosial yang diadakan oleh gereja.