

# **REDESIGN OUTDOOR FIRE FIGHTING SYSTEM PLTU DARI UNDERGROUND PIPE MENJADI ABOVEGROUND PIPE BESERTA ESTIMASI BIAYA MATERIAL DAN JASA PEKERJAAN KONSTRUKSI**

**Dicki Warrdoyo<sup>1\*</sup>, Pranowo Sidi<sup>2</sup>, Nopem Ariwiyono<sup>3</sup>**

*Program Studi D-IV Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*,2,3</sup>*

*Email: dikwardoyo@gmail.com<sup>1\*</sup>*

---

**Abstract** - In the PLTU there are various types of systems, one of them is the FireFighting system because the PLTU has a high risk of various potential disasters such as fire, the PLTU should be protected using a FireFighting system. For now at PLTU outdoor fire fighting pipe design system, which is an underground pipe that often occurs unidentified pipe problems. In this final project the design of the aboveground pipe will be re-designed using standard NFPA 850 and API PR 1102, calculation of head loss to determine pump power, estimation of material costs and construction services and scheduling. From the results of manual calculation and simulation of pipe flow expert software, the head pump obtained is worth 64.7 m and 63.5 m so that the error percentage is 1.91% from manual calculations, the duration of the project is estimated to be completed within 60 days (2 months) and the results of the calculation of the material budget plan are Rp. 1,696,619,828.00, the construction cost budget is Rp. 624,122,000.00, the total budget is Rp. 2,320,741,828.00.

---

**Keyword:** Outdoor fire fighting system , aboveground pipe , NFPA

---

## **Nomenclature:**

PD = Design pressure [MPa]  
Td = Design temperature [°C]  
To = Operational temperature [°C]  
Q = Debit [m<sup>3</sup>/s]  
ρ = Densitas material [kg/m<sup>3</sup>]  
ID = Inside diameter [m]  
OD = Outside diameter [m]  
V = kecepatan aliran [m/s]

## **1. PENDAHULUAN**

Pemerintah Republik Indonesia melalui Presiden Joko Widodo meresmikan peluncuran program 35.000 Mega Watt listrik untuk menciptakan kemandirian energi indonesia. Program tersebut akan banyak di bangun pembangkit listrik salah satunya PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap). PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap) merupakan pembangkit listrik tenaga thermal yang mengkonversi energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi listrik. PLTU banyak digunakan, karena efisiensinya tinggi sehingga menghasilkan energi listrik yang ekonomis. Saat ini 60% kebutuhan listrik dunia bergantung pada PLTU batubara. Ada 4 bagian utama yang terdapat di PLTU yaitu boiler, turbin uap, kondensor dan generator. Secara sederhana uap yang dihasilkan oleh pembakaran batubara memutar mesin turbin uap untuk menghasilkan listrik.

Di PLTU terdapat berbagai macam sistem, salah satunya system FireFighting diKarekan PLTU memiliki resiko tinggi terhadap berbagai potensi

bencana seperti kebakaran, PLTU sudah sepatasnya diproteksi menggunakan system FireFighting handal untuk mencegah kerugian berupa aset maupun korban jiwa. salah satu sistem yang harus ada adalah fire hydrant, yang menggunakan media air dengan bantuan pompa fire fighting untuk mengalirkan air bertekanan ke arah titik kebakaran.

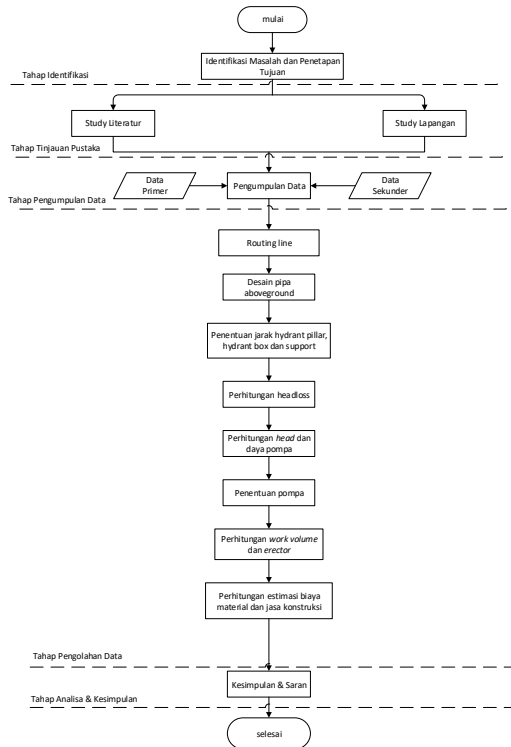
Namun pada saat melakukan on the job traning di perusahaan EPC, sering terjadi masalah pada pipa outdoor fire fighting system. Pipa yang mengalami masalah sering tidak teridentifikasi karena desain pipa underground, untuk biaya maintenance pipa underground tergolong mahal. Maka dari pihak owner meminta untuk redesain pipa underground menjadi desain pipa aboveground.

Proses pengerjaan out door fire fighting system di mulai routing line, penentuan jumlah hidrant pilar dan hydrant box, perhitungan head pompa penentuan jenis pompa dan perhitungan rencana anggaran biaya material pipa dan jasa konstruksinya. Standart yang di gunakan sebagai acuan adalah standart NFPA (National Fire Portection Associattion) dan peraturan yang berlaku yang dapat di pertanggung jawabkan. Pada pembuatan desain dan konstruksi outdoor fire fighting system PLTU harus memperhatikan aspek aspek standart dan code hal itu di lakukan untuk meminimalisir kegagalan system dan faktor keselamatan. Pada system hydrant harus ada pengecekan secara berkala untuk memastikan berfungsi tidaknya hydrant tersebut berjalan sesuai desain dan standart. Dengan demikian, dari penelitian tugas akhir ini akan diperoleh desain pipa

aboveground outdoor fire fighting PLTU dan perhitungan rencana anggaran biaya material serta biaya konstruksinya.

## 2. METODOLOGI.

### 2.1. Diagram Alir



Gambar 1.1 Diagram alir penelitian

### 2.2. Tahap Identifikasi Masalah

Tahap identifikasi awal ditujukan untuk menetapkan tujuan dan diadakan identifikasi mengenai permasalahan. Pada tahap ini dilakukan identifikasi beberapa permasalahan yang didapatkan pada saat melakukan pengamatan dan pemikiran sehingga bisa dilakukan sebuah penelitian. Pada tahap ini juga dilakukan penetapan tujuan tentang apa yang ingin dicapai dan manfaatnya bagi pihak terkait serta bagi penelitian selanjutnya. Tahap - tahap ini merupakan dasar tentang apa yang dilakukan selama penelitian. Pada Penelitian ini, permasalahan yang diangkat adalah Desain outdoor fire fighting system dan estimasi harga material dan jasa konstruksi yang aman, ekonomis dan masuk secara engineering.

### 2.3. Analisa

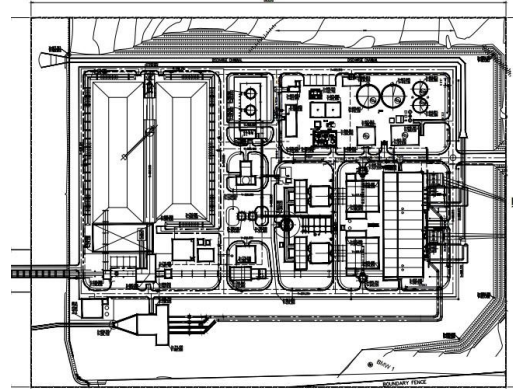
Tahap Tahap ini untuk mengetahui jenis desain yang memenuhi standart dan mengetahui estimasi harga material dan jasa konstruksi di bidang disiplin piping engineering pada desain outdoor fire fighting system.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Design dan spesifikasi

Data yang digunakan dalam Re-desain Fire fighting System yaitu General Plot Plan PLTU yang dikerjakan oleh perusahaan PT. Adhi Karya, Area Genaral Plot Plan ini untuk mengetahui routing line

pipa outdoor fire fighting yang akan di Re-desain. Gambar General Plot Plan dapat dilihat dilampiran.



### 3.2. Penentuan Jarak Hidrant

Dari standart NFPA 850 (Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations 2010 Edition) point 4.4.1 untuk penentuan hidrant pada PLTU tidak boleh lebih dari 300 kaki (91 m). Jadi di dapat jumlah 20 hidrant pillar.

### 3.3. Menghitung Pipe Span

Untuk menghitung jarak maksimum antar penyangga pipa atau pipe span. Maka di lakukan perhitngan sebagai berikut :

Tabel 4. 1 data pipa

Pipe Span		
ID	7,98	inch
OD	8,62	inch
$\rho$ pipa	0,283	lb/inch <sup>3</sup>
$\rho$ fuida	0,036	lb/inch <sup>3</sup>
Z	16,8	inch <sup>3</sup>
Sh	20000	Psi
E	27900000	Psi
$\Delta$	0,4	Inch
l	72,5	inch <sup>4</sup>

Menghitung massa pipa dan fluida (diameter 8")

$$\begin{aligned} \text{Berat Pipa} &= \pi/4 \times [(OD-ID)]^2 \times \rho_{\text{pipa}} \\ &= \pi/4 \times (8,62-7,98)^2 \times 0,283 \\ &= 2,36 \text{ lb/inch} \\ &= 28,332 \text{ lb/ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Fluida} &= \pi/4 \times [(ID)]^2 \times \rho_{\text{fluida}} \\ &= \pi/4 \times (7,98)^2 \times 0,028 \\ &= 1.80 \text{ lb/inch} \\ &= 21.595 \text{ lb/ft} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat Total} &= 28,332 + 21,595 \\ &= 49,927 \text{ lb/ft} \end{aligned}$$

Menghitung maximum allowable pipe span (diameter 8")

Limitation of Stress

$$\begin{aligned} L &= \sqrt{((0.33 \times Z \times Sh)/w)} \\ &= \sqrt{((0.33 \times 16,8 \times 20000)/49,927)} \\ &= 47.13 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$= 14365,33 \text{ mm}$$

Limitation of Deflection

$$L = \sqrt[4]{((\Delta \times E \times I)/(22.5 \times w))}$$

$$= \sqrt[4]{((0.4 \times 27900000 \times 72,5)/(22.5 \times 49,297))}$$

$$= 29.133 \text{ ft}$$

$$= 8879.876 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, akan diambil nilai yang terkecil sebagai acuan maximum allowable pipe span. Pipa diameter 8" memiliki nilai terkecil pada perhitungan allowable pipe span sebesar 29.133 ft (8879.876 mm). jadi jumlah support seluruh sistem 197 item.

### 3.4. Perhitungan Head Pompa

Dalam merencanakan head total pompa, maka perlu diasumsikan bahwa pompa harus bisa menyuplai kebutuhan air hingga jarak terjauh. Untuk mendapatkan head total pompa maka di lakukan perhitungan sebagai berikut :

Mencari kecepatan aliran

$$V_0 = Q/A$$

Di ketahui :

$$Q = 0.032 \text{ m}^3/\text{s} \text{ ( di dapat dari standart nfpa 850 )}$$

$$ID = 8'' = 0,202 \text{ m}$$

$$A = \pi \cdot [ID]^2/4$$

$$A = [3.14 \cdot 0.202]^2/4$$

$$A = 0.032 \text{ m}^2$$

$$V_0 = (0.032 \text{ m}^3/\text{s})/(0.032 \text{ m}^2)$$

$$= 1 \text{ m/s}$$

Menghitung mayor losses

Hf mayor yaitu headloss akibat gesekan antara air dengan pipa sepanjang pipa (L).

$$H_f = f L/D \cdot v^2/2g$$

dicari dengan menggunakan menghubungkan bilangan reynold dengan koefisien kekasaran pipa pada diagram moody yang tertera pada lampiran.

$$Re = \rho v d/\mu$$

Dimana :

$$\mu = \text{koefisien dinamik air ( 0,00089 kg/ms )}$$

$$\rho = \text{massa jenis air ( 997 kg/m}^3 \text{ )}$$

$$Re = 997 \times 1 \times 0,202 / 0,00089$$

$$= 226285,39$$

$$= 2,2 \times 10^5$$

e/d = koefisien kekasaran pipa

Dimana :

$$e = 0,046$$

$$id = 202 \text{ mm}$$

$$e/d = 0,000226$$

$$f = 0,02$$

$$L = \text{panjang total ( 543,2 m )}$$

$$H_f(8'') = 0,02 \times 543,2 / 0,202 \times 1^2 / 2 \times 9,8$$

$$= 2,74 \text{ m}$$

Pada perhitungan mayor losses didapat hasilnya adalah 1,92 m

Menghitung minor losses

Hf minor yaitu headloss akibat gesekan antara air dengan fitting pipa

Tabel Nilai K

TYPE	QTY	K	JUMLAH
Elbow	21	0,22	4,62
Tee	8	0,28	2,24
gate valve	4	0,11	0,44
check valve	1	1,65	1,65
TOTAL			8,95

Dimana :

$$K = 8,59$$

$$V = 1 \text{ m/s}$$

$$H_f \text{ minor} = k \times v^2/2g$$

$$= 8,59 \times 1^2 / 2 \times 9,8$$

$$= 0,43 \text{ m}$$

Pada perhitungan minor losses di dapat hasil minor losses adalah 0,43 m, maka hasil yang di dapat dari head gesekan (hf) adalah headloss mayor + headloss minor = 2,74 + 0,43 = 3,17 m

Head total pompa

$$H = H_s + \Delta H_p + H_l + (V_d^2 - V_s^2) / 2 \times 9,8$$

Head Ketinggian

Diketahui :

$$Z_1 = 0,5 \text{ m}$$

$$Z_2 = 1 \text{ m}$$

$$\text{Head Ketinggian} = Z_2 - Z_1$$

$$= 1 - 0,5$$

$$= 0,5 \text{ m}$$

Head Tekanan

Diketahui :

$$P_1 = 1 \text{ bar} = 100000 \text{ Pa}$$

$$P_2 = 6,9 \text{ bar} = 690000 \text{ Pa (NFPA 850 )}$$

$$h_P = (690000 - 100000) / \rho g$$

$$= (690000 - 100000) / (997 \times 9,81)$$

$$= 60,3 \text{ m}$$

Head kecepatan

Di ketahui :

$$V_2 = 3,2 \text{ m/s}$$

$$V_1 = 1 \text{ m/s}$$

$$h_K = ( [V_2]^2 - [V_1]^2 ) / 2g$$

$$= ( [3,2]^2 - 1^2 ) / ( 2 \times 9,81 )$$

$$= 0,76 \text{ m}$$

Head Pompa

Dimana :

$$H_s = 0,5 \text{ m}$$

$$\Delta H_p = 60,3 \text{ m}$$

$$H_l = 3,17 \text{ m}$$

$$H_k = 0,76 \text{ m/s}$$

$$H = H_s + \Delta H_p + H_l + H_k$$

$$= 0,5 + 60,3 + 3,17 + 0,76$$

$$= 64,73 \text{ m}$$

### 3.5. Perhitungan Daya Pompa

$$P = \rho \times g \times H \times Q$$

Di mana :

$\rho$  = massa jenis air ( 997 kg/m<sup>3</sup> )

$g$  = 9,81 m/s<sup>2</sup>

$H$  = 64,73 m

$Q$  = 0,032 m<sup>3</sup>/s

$P = 997 \times 9,81 \times 64,73 \times 0,032$

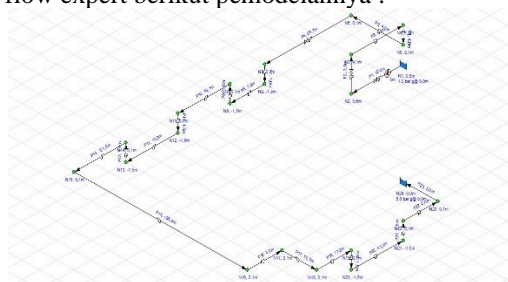
= 20259,1 N. m/s

= 20259,1 W

= 20,3 Kw

### 3.6. Simulasi Pipe Flow Expert

Pada perhitungan headloss menggunakan software pipe flow expert berikut pemodelannya :



Gambar 4.2 pemodelan menggunakan *pipe flow expert* Untuk hasil running dari pemodelan sistem firefighting pada software Pipe Flow Expert terdapat di lampiran.

Tabel 4.3 Nilai Head Pompa

No	Deskripsi	Nominal	Satuan
1	Pump Head (Manual Calculation)	64,73	M
2	Pump Head (Software Calculation)	63,492	M
%Error		1,91	%

### 3.7. Work Break Down Structure

Penentuan WBS menggunakan software Microsoft Project yang dapat di lihat sebagai berikut:

Tabel 4.4 Penentuan WBS

Task Name	Predecessors	WBS
<b>Pengadaan</b>		<b>1</b>
Check List Material		1.1
Pemesanan Material	2	1.2
Pengiriman Material	2	1.3
<b>Construction</b>		<b>2</b>
Site survei preparation	2	2.1
Excavation	6	2.2
<b>Install Pompa</b>		<b>2.3</b>
Pump	4	2.3.1
<b>Instalasi Perpipaan</b>		<b>2.4</b>
Painting	4	2.4.1
Fit-Up and Welding isometric 1-2"	11	2.4.2
Fit-Up and Welding isometric 3-4"	11	2.4.3

Fit-Up and welding isometric 5-6"	13	2.4.4
Fit-Up and welding isometric 7-8"	12	2.4.5
Fit-up and welding isometric 9-11"	15	2.4.6
<b>Testing</b>		<b>2.5</b>
Hydro test	16	2.5.1

### 3.8. Produktifitas

Produktifitas yang di gunakan berdasarkan pengalaman di lapangan pada waktu melaksanakan ojt.

Tabel 4.5 Produktifitas

Description	Qty	Unit
Fit Up and welding	25	DI/grup/day
Painting	28	m <sup>2</sup> /day

Tabel 4.6 Produktifitas pekerja

No	Description	Volume	Unit	Durasi			
				Fit Up and Welding	Painting	Fit Up and Welding	Painting
<b>Piping Fit-Up and Welding</b>							
1	FIRE FIGHTING iso 1-2	1168	Dia Inch	75		16	
2	FIRE FIGHTING iso 3-4	840	Dia Inch	75		11	
3	FIRE FIGHTING iso 5-6	1008	Dia Inch	75		13	
4	FIRE FIGHTING iso 7-8	632	Dia Inch	75		8	
4	FIRE FIGHTING iso 9-11	1232	Dia Inch	150		8	
<b>Total</b>		<b>4880</b>	<b>Dia Inch</b>	<b>300</b>		<b>32</b>	
<b>Painting</b>							
1	FIRE FIGHTING	1403,7	m <sup>2</sup>		140		10

### 3.9. Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek ini menggunakan software microsoft project rencana pelaksanaan proyek tersebut akan dikerjakan mulai pada 1 juli 2019 dan di akhiri pada tanggal 7 september 2019 dengan total durasi 67 hari.

Tabel 4.7 Penjadwalan

Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	WBS
Manually Scheduled	Procurement	12 days	Mon 01/07/19	Sat 13/07/19		1
Auto Scheduled	Check List Material	2 days	Mon 01/07/19	Tue 02/07/19		1.1
Auto Scheduled	Pemesanan Material	10 days	Wed 03/07/19	Sat 13/07/19	2	1.2
Auto Scheduled	Pengiriman Material	10 days	Wed 03/07/19	Sat 13/07/19	2	1.3
Auto Scheduled	Construction	58 days	Wed 03/07/19	Sat 07/09/19		2
Auto Scheduled	Site survei preparation	2 days	Wed 03/07/19	Thu 04/07/19	2	2.1
Auto Scheduled	Excavation	6 days	Fri 05/07/19	Thu 11/07/19	6	2.2
Auto Scheduled	Install Pompa	2 days	Mon 15/07/19	Tue 16/07/19		2.3
Auto Scheduled	Pump	2 days	Mon 15/07/19	Tue 16/07/19	4	2.3.1
Auto Scheduled	Instalasi Perpipaan	42 days	Mon 15/07/19	Sat 31/08/19		2.4
Auto Scheduled	Painting	10 days	Mon 15/07/19	Thu 25/07/19	4	2.4.1
Auto Scheduled	Fit-Up and Welding isometric 1-2"	16 days	Fri 26/07/19	Tue 13/08/19	11	2.4.2
Auto Scheduled	Fit-Up and Welding isometric 3-4"	11 days	Fri 26/07/19	Wed 07/08/19	11	2.4.3
Auto Scheduled	Fit-Up and welding isometric 5-6"	13 days	Thu 08/08/19	Thu 22/08/19	13	2.4.4
Auto Scheduled	Fit-Up and welding isometric 7-8"	8 days	Wed 14/08/19	Thu 22/08/19	12	2.4.5
Auto Scheduled	Fit-up and welding isometric 9-11"	8 days	Fri 23/08/19	Sat 31/08/19	15	2.4.6
Auto Scheduled	Testing	6 days	Mon 02/09/19	Sat 07/09/19		2.5
Auto Scheduled	Hydro test	6 days	Mon 02/09/19	Sat 07/09/19	16	2.5.1

**3.10. Rencana Anggaran Biaya**

Rencana anggaran biaya pada proyek ini meliputi biaya material dan biaya pekerjaan konstruksi.

Tabel 4.8 Rencana Anggaran Biaya

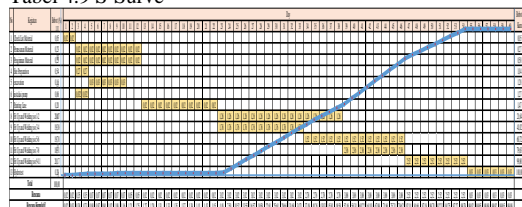
Description	Qty	Duration	Unit	Cost		Total Cost
				/Day	/hours	
Resource Engineer	2	60	days	Rp230.000,00		Rp27.600.000,00
Procurement	2	12	days	Rp190.000,00		Rp4.560.000,00
group fit up and welder	6	38	days	Rp2.500.000,00		Rp570.000.000,00
operator excavation	2	6	days	Rp171.000,00		Rp2.052.000,00
Painter	5	10	days	Rp145.000,00		Rp7.250.000,00
Supervisor	1	60	days	Rp171.000,00		Rp10.260.000,00
Quality Control	2	6	days	Rp200.000,00		Rp2.400.000,00
Material Attachment						Rp1.649.019.828,00
Total						Rp2.273.141.828,00

Jumlah total rencana anggaran biaya pada proyek ini sebesar Rp2.250.101.828,00.

**3.11. S Curve**

Berdasarkan hasil dari penjadwalan dan rencana anggaran biaya dapat di hasilkan S-Curve pada gambar . lebih jelasnya dapat dilihat di lampiran.

Tabel 4.9 S-Surve



**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil analisa dan perhitungan, dapat menjadi kesimpulan sebagai berikut

1. Dari Desain pipa underground menjadi aboveground outdoor fire fighting system di desain menggunakan software pdms dengan menggunakan standart nfpa 850 dan piping class yang sudah di tentukan pihak PT. Untuk jumlah

pillar hydrant 20 dengan jarak 90 m per pillar. Pada desain ini terdapat crossing jalan yang di desain underground pipe. Jumlah support keseluruhan 197 item.

2. Pada desain aboveground pipe perhitungan headpump dapat di cari dengan perhitungan manual dan didapatkan headpump total 64,44 m dengan daya sebesar 20,1 KW
3. Hasil desain aboveground pipe didapatkan work volume sebesar 4880 Dia Inch . maka didapatkan harga estimasi biaya material sebesar Rp 1.696.619.828,00 dan harga jasa konstruksi sebesar Rp 624.122.000,00 . jadi rencana anggaran biaya dari penjumlahan estimasi biaya material dan jasa konstruksi sebesar Rp 2.320.741.828,00 .lama pengerjaan proyek ini yang di dasarkan dari produktifitas pekerja didapatkanlah durasi selama 60 hari.

**5. SARAN**

Selanjutnya dari pembahasan penelitian ini, dapat dirangkum beberapa saran yang berkaitan dengan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya perhitungan dibandingkan dengan software yang berbeda.
2. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menghitung keterlambatan proyek.

**6. UCAPAN TERIMA KASIH**

Penulis menyadari penyelesaian jurnal ini tidak terlepas dari bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak, penulis menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan lancar dan tepat waktu.
2. Kedua orang tua yang telah memberikan begitu banyak nasehat hidup, kasih sayang, doa, dukungan moril serta materil, dan segalanya bagi penulis.
3. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc, M.RINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak Pranowo Sidi, selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
5. Bapak Nopem Ariwiyono, selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian jurnal tugas akhir.
6. Seluruh staf pengajar Program Studi Teknik Perpipaan yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama masa perkuliahan.
7. Semua teman-teman *piping engineering* 2015,yang telah memberikan semangat, keceriaan, dan ilmu selama penulisan tugas akhir.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu.

## 7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASTM. Achmad, F. T., Setiawan, P. A., & Sidi, P. (2017). Desain Sistem Hydrant pada Proyek Amura II di PT . Petrokimia Gresik, 1–4.
- [2] Adzim Ilma, H. (2013). klasifikasi kebakaran. Arbana, I., & Pandia, I. J. (2007).
- [3] ANALISA RENCANA ANGGARAN BIAYA TERHADAP PELAKSANAAN PEKERJAAN PERUMAHAN DENGAN MELAKUKAN PERBANDINGAN PERHITUNGAN HARGA SATUAN BAHAN BERDASARKAN SURVEY LAPANGAN (Studi Kasus: Perumahan Green Ratu Kuta Mehuli di Kota Tanjungbalai). Jurnal Teknik Sipil USU, 6 No.1(Vol 6, No 1 (2017): JURNAL TEKNIK SIPIL USU VOLUME 6 NO. 1 TAHUN 2017).
- [4] Bromindo. (2018a). diesel pump. Bromindo. (2018b). jockey pump.
- [5] Fujii, T., & Nakane, Y. (2011). Electric Pump. Hutasoit, J. P., Sibi, M., & Inkiriwang, R. L. (2017).
- [6] ANALISIS PRODUKTIVITAS TENAGA KERJA KONSTRUKSI PADA PEKERJAAN PASANGAN LANTAI KERAMIK DAN PLESTERAN DINDING MENGGUNAKAN METODE WORK SAMPLING (Studi Kasus : Bangunan Gedung Pendidikan Fakultas Kedokteran). Jurnal Sipil Statik, 5(4), 205–215.
- [7] Keputusan Menteri Negara Pekerjaan Umum Nomor: 10/Kpts/2000. (2000). Tentang Ketentuan Teknis Pengamanan Terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan dan Lingkungan. The Effects of Brief Mindfulness Intervention on Acute Pain Experience: An Examination of Individual Difference, 1. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- [8] Mubarak, F., Rizal, M. C., & Arumsari, N. (2017). OPTIMASI METODE PRECEDENCEDIAGRAMMETHOD-LEASTCOSTANALYSIS DENGAN PENAMBAHAN TENAGA KERJA. In 2nd Conference on Piping Engineering and Its Application. Surabaya.
- [9] Parisher, R. A., & Rhea, R. A. (2002). Pipe Drafting and Design. Pipe Drafting and Design. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384700-3.00005-0>
- [10] PT Saberindo Pacific. (2017). Segitiga Api. Retrieved from <https://qhsepromotions.com/2014/12/14/prinsip-pemadaman-kebakaran/>
- [11] Rani, H. A. (2016). Manajemen Proyek Konstruksi. Yogyakarta.
- [12] Safety, C. G. M. (2017). Hydrant Pillar. Retrieved from <https://www.alatpemadamkebakaran.co/hydrant-pilar/>
- [13] Sugiarto, A. R., Hasyim, M. H., & Unas, S. El. (2017). ANALISIS RISIKO DARI PENGGUNAAN KURVA-S DALAM MONITORING PROYEK GEDUNG-X DI KOTA BATU (Risk Analysis of the S-Curve Application of Project Monitoring Building-X in Batu). Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Brawijaya.
- [14] Waskito Hendra, A., Poernomo, H., & Arumsari, N. (2018). PERENCANAAN JALUR PIPA HDPE FIRE HYDRANT SYSTEM.