

Perencanaan Penambahan *Emergency Cooling System* pada *Acetylene Plant* Sofifi dengan Pertimbangan Analisis Biaya

Awang Al Rasyid^{1*}, Mochammad Choirul Rizal², Dicki Nizar Zulfika³

Program studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*}

Program studi D4 Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia²

Program studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia³

Email: awangal@student.ppns.ac.id^{1*}; mc.rizal@ppns.ac.id^{2*}; nizar.zulfika@ppns.ac.id^{3*};

Abstract - This study addresses the critical need for an emergency cooling system at the Acetylene Plant in Sofifi, where frequent power outages (2–3 times/week) disrupt generator temperature stability. By integrating a water tower (8000 L capacity) with a centrifugal pump (4 kW) through carbon steel piping (ASTM A106 Gr.B), the design ensures continuous cooling during outages. The project, scheduled over 36 days using the Critical Path Method (CPM), incurred a total cost of IDR 127,789,169. Structural and hydraulic analyses validated the platform's safety and system efficacy, demonstrating a flow rate of 4154.4 L/h—sufficient to maintain generator temperatures below 80°C. This research underscores the synergy of engineering design and project management in remote industrial applications.

Keyword: Acetylene Plant, Cost Analysis, Critical Path Method, Emergency Cooling System, Water Tower

Nomenclature

Q Debit aliran (m³/s)
P_h Daya Pompa (Watt)
CPM Critical Path Method
WBS Work Breakdown Structure
P&ID Piping & Instrument Diagram

1. PENDAHULUAN

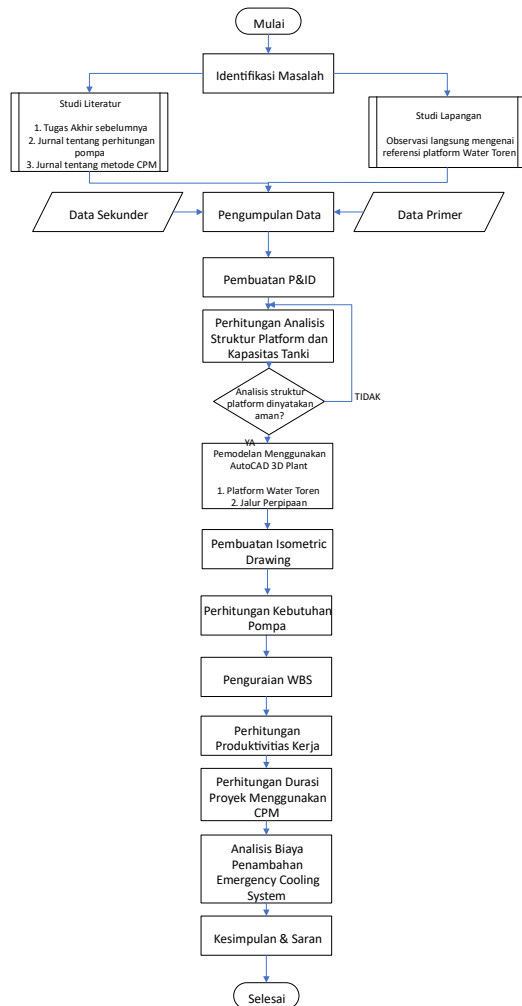
Lokasi terpencil Acetylene Plant Sofifi dengan infrastruktur listrik tidak stabil menyebabkan pemadaman 2–3 kali per minggu, mengancam kestabilan suhu operasi generator yang seharusnya dijaga pada suhu ideal 60°C. Dalam kondisi tanpa pendinginan darurat, suhu dapat melonjak hingga 80°C dan berisiko menimbulkan kerusakan peralatan serta penghentian operasi pabrik. Masalah ini menjadi urgensi dalam upaya perencanaan sistem pendingin darurat yang andal. Penelitian ini bertujuan merancang sistem *Emergency Cooling* berbasis water tower berkapasitas 8000 liter, yang dikombinasikan dengan pompa sentrifugal 4 kW dan jaringan perpipaan berbahan *carbon steel* ASTM A106 Gr.B. Perencanaan ini meliputi aspek teknis dan manajerial, mencakup desain sistem, perhitungan kapasitas, analisis struktur, perhitungan hidrolik, hingga penjadwalan proyek menggunakan metode *Critical Path Method* (CPM). Studi

sebelumnya menunjukkan bahwa CPM efektif digunakan dalam penjadwalan proyek di lokasi terpencil [2], sementara kebutuhan akan pendekatan hidrolik untuk sistem pendingin telah dibuktikan penting dalam studi oleh Aldo dan Saragih [3].

Penelitian ini menyajikan pendekatan menyeluruh yang menggabungkan perencanaan teknik dan pengelolaan proyek untuk menjawab tantangan operasional di lapangan secara efisien dan ekonomis.

2. METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan melalui empat tahapan utama, yaitu: identifikasi masalah, pengumpulan data, pengolahan data, dan kesimpulan. Tahap identifikasi berfokus pada permasalahan pendinginan selama pemadaman listrik di *Acetylene Plant* Sofifi. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan dan studi literatur. Selanjutnya, dilakukan pengolahan data berupa perhitungan teknis kapasitas tangki, kebutuhan pompa, desain sistem perpipaan, analisis struktur menara, hingga penyusunan jadwal dan estimasi biaya proyek. Tahap akhir berupa penarikan kesimpulan dari seluruh hasil perencanaan untuk menghasilkan solusi teknis yang efektif dan efisien.



Gambar 1 Diagram Penelitian

2.1 Survey dan Pengumpulan Data Tahapan awal dalam pelaksanaan penelitian ini dimulai dengan survei lapangan secara langsung di area *Acetylene Plant* Sofifi. Tujuan utama dari survei ini adalah untuk mendapatkan gambaran menyeluruh mengenai kondisi aktual sistem pendingin eksisting, termasuk keterbatasan ruang, ketersediaan sumber daya, serta data durasi dan frekuensi pemadaman listrik yang terjadi secara berkala. Selain data observasi, peneliti juga mengumpulkan dokumen teknis yang relevan seperti gambar *Piping and Instrumentation Diagram* (P&ID), data kapasitas generator, serta dokumen pendukung lainnya dari pengelola pabrik. Informasi tersebut menjadi dasar penting dalam tahap desain dan perhitungan teknis.

2.2 Perancangan Sistem Berdasarkan hasil survei dan data teknis, dilakukan perancangan sistem pendingin darurat yang terdiri dari pemilihan komponen utama, desain alur perpipaan, serta konfigurasi sistem pengendalian

aliran. Pembuatan gambar P&ID disusun mengikuti standar PIP PIC001 untuk memastikan keterbacaan dan integrasi antar komponen sistem. Desain geometris dan model fisik dari platform serta jaringan perpipaan divisualisasikan dalam bentuk tiga dimensi menggunakan perangkat lunak AutoCAD Plant 3D. Dengan pendekatan ini, dimensi serta tata letak sistem disesuaikan secara realistis terhadap kondisi lapangan.

2.3 Perhitungan Kapasitas Perhitungan kapasitas water toren mengacu pada kebutuhan debit air pendingin sebesar 1460 L/jam, dikalikan dengan estimasi waktu maksimum pemadaman selama 4 jam. Untuk mengantisipasi ketidakterdugaan, ditambahkan safety factor sebesar 20%, sehingga diperoleh hasil:

$$V = Q \times t \times (1 + SF)$$

$$V = 7008 \text{ l}$$

Volume tangki ditetapkan sebesar 8000 liter sebagai nilai praktis. Selain itu, dilakukan perhitungan kecepatan aliran dalam pipa dan estimasi head loss total. Nilai head loss ini selanjutnya digunakan untuk menentukan daya pompa yang diperlukan agar aliran dapat terjaga selama sistem bekerja mandiri tanpa daya listrik utama

2.4 Analisis Struktur

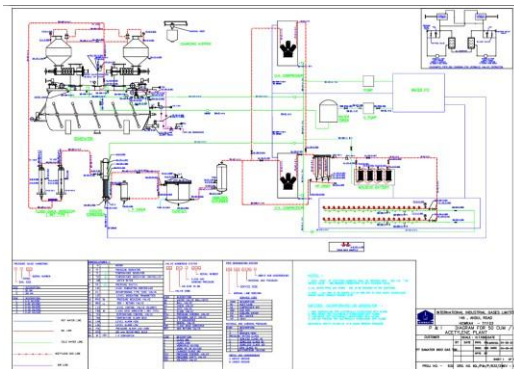
Struktur penyangga tangki dirancang untuk menahan beban kombinasi dari berat air, berat tangki kosong, serta beban lingkungan seperti angin. Profil baja yang digunakan adalah siku L 120x120x11 mm. Evaluasi kekuatan struktur dilakukan dengan bantuan perangkat lunak ETABS untuk mendapatkan distribusi tegangan dan gaya internal. Total beban vertikal yang ditumpu dihitung sebesar 8207 kg. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur mampu menahan beban tanpa mengalami deformasi berlebih atau melebihi tegangan izin material.

2.5 Perencanaan Proyek Proses manajemen proyek dimulai dengan penyusunan Work Breakdown Structure (WBS) yang membagi pekerjaan menjadi lima fase utama: persiapan lahan, fabrikasi struktur, pemasangan tangki dan pipa, instalasi pompa, serta commissioning sistem. Setiap fase dijabarkan dalam aktivitas detail yang dianalisis menggunakan metode Critical Path Method (CPM). Metode ini membantu mengidentifikasi aktivitas-aktivitas yang memiliki waktu kritis dan tidak boleh mengalami keterlambatan [1]

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain Sistem dan P&ID

Desain akhir sistem pendingin darurat terdiri dari jaringan aliran yang menghubungkan water pit sebagai sumber air dengan water toren melalui pompa sentrifugal. Aliran dikendalikan menggunakan kombinasi katup globe dan check valve yang bertugas mengatur arah dan mencegah aliran balik. Gambar P&ID menggambarkan hubungan antarkomponen secara fungsional dan disesuaikan dengan layout aktual pabrik. Desain 3D juga menunjukkan bagaimana platform, jalur pipa, dan tangki ditempatkan secara ergonomis untuk memudahkan instalasi dan pemeliharaan.



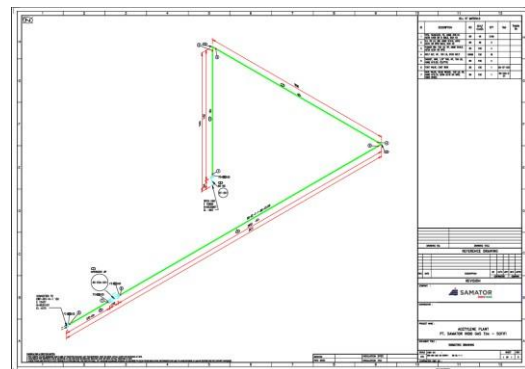
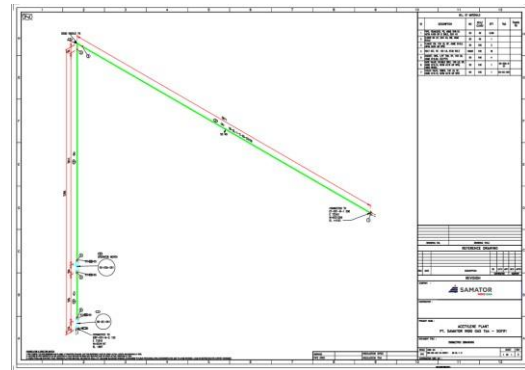
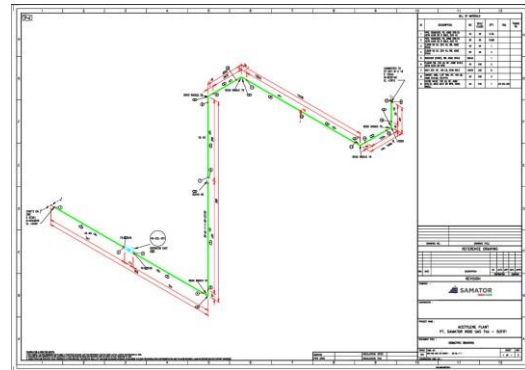
Gambar 2 P&ID



Gambar 3 3D Drawing

3.2 Isometric

Sebagai bagian dari dokumentasi teknis, gambar isometrik digunakan untuk menunjukkan tata letak sistem perpipaan secara tiga dimensi. Gambar ini mencakup koneksi antara water pit, pompa, tangki air, dan jalur perpipaan menuju sistem pendingin. Gambar isometrik memberikan visualisasi yang lebih jelas terhadap arah aliran, posisi fitting dan valve, serta elevasi komponen.



Gambar 4 Isometric

Gambar ini berfungsi sebagai acuan utama saat proses instalasi di lapangan dan sangat membantu dalam identifikasi potensi konflik antar jalur pipa serta memastikan efisiensi penggunaan ruang.

3.3 Perhitungan Debit dan Daya Pompa

Berdasarkan perhitungan debit aktual, diperoleh nilai sebesar 414,4 L/jam atau sekitar 1,154 L/s. Dengan head oss total sebesar 16,914 meter, maka daya pompa minimum yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dapat dihitung menggunakan rumus:

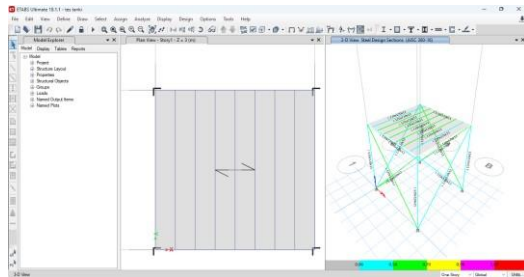
$$P = \rho \times g \times h \times Q$$

$$P = 3,437 \text{ kW}$$

Namun untuk mengantisipasi faktor kehilangan tambahan dan memastikan kontinuitas aliran, pompa yang dipilih adalah Venezia THF 150

dengan daya 4 kW. Pompa ini dipilih karena efisiensi tinggi dan kompatibel dengan sistem perpipaan yang dirancang.

3.4 Evaluasi Struktur Struktur platform dianalisis menggunakan perangkat lunak ETABS untuk mengetahui sebaran tegangan akibat beban vertikal dan lateral. Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan maksimum pada struktur adalah 2174 kg/kaki, yang masih berada di bawah batas tegangan izin untuk material baja yang digunakan. Ketinggian struktur dirancang 3 meter dengan pelat dasar baja 10 mm yang dilas pada pondasi beton, memberikan stabilitas tambahan terhadap gaya angin.



Gambar 5 ETABS

3.5 WBS (Work Breakdown Structure) Work Breakdown Structure (WBS) disusun untuk memetakan seluruh tahapan pekerjaan menjadi lima kelompok utama, yaitu: Preparation, Engineering, Procurement, Construction, Commissioning. Pembagian ini membantu dalam identifikasi aktivitas kritis, estimasi durasi, serta pengendalian pelaksanaan proyek agar sesuai dengan waktu dan anggaran yang telah direncanakan.

Tabel 1 *Work Breakdown Structure*

No.	WBS	Task Name	Predecessors
1		Penambahan Emergency Cooling System	
2	1	Preparation	
3	1.1	Survey & Pengukuran	
4	2	Engineering	
5	2.1	Basic Design	3
6	2.2	Detail Design	5
7	3	Procurement	
8	3.1	Pemesanan Material & Equipment	6
9	3.2	Pengiriman Material & Equipment	8
10	4	Construction	
11	4.1	Pembangunan Struktur Menara Air	9
12	4.2	Peletakan Toren	11
13	4.3	Peletakan Pompa	12
14	4.4	Pipe Support	9
15	4.5	Welding Line 50-EL-1-3	14
16	4.6	Welding Line 50-EL-1-2	15
17	4.7	Welding Line 50-EL-1-1	16
18	4.8	Finishing (Coating)	21
19	5	Commissioning	
20	5.1	Inspection	17
21	5.2	Hydrotest	20

3.6 Produktivitas

Analisis produktivitas dilakukan untuk mengetahui efisiensi pelaksanaan pekerjaan, terutama dalam pekerjaan pemasangan pipa

(piping works) dan coating. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa total pekerjaan pipa yang dilakukan adalah sebesar 76 diameter inch (Dia.in), dengan waktu penyelesaian selama 4 hari. Ini menunjukkan tingkat produktivitas yang baik dalam pekerjaan pemasangan pipa, terutama dengan keterbatasan tenaga kerja dan kondisi lokasi yang terpencil.

Sementara itu, pekerjaan coating dilakukan pada jalur pipa dengan total panjang 29,1 meter. Pekerjaan ini berhasil diselesaikan dalam waktu 1 hari, mencerminkan efektivitas tim kerja dalam menyelesaikan tahapan finishing.

Sedangkan untuk pekerjaan struktur dilakukan dengan volume pekerjaan sebesar 1967,875 kg dengan penyelesaian waktu selama 5 hari. Analisis ini memberikan gambaran kinerja tim lapangan yang efisien dan menjadi dasar penting dalam penjadwalan serta alokasi sumber daya pada proyek serupa di masa mendatang.

Tabel 2 Produktivitas

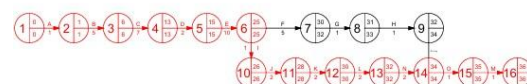
Task	Qty	Unit
Fit up & Welding	20	Dia.In/Day
Coating	30	m/day
Struktur	400	kg/day

3.7 Penjadwalan Proyek

Durasi pelaksanaan proyek ditetapkan selama 36 hari, berdasarkan hasil analisis jalur kritis menggunakan metode CPM. Sebanyak 13 aktivitas dikategorikan sebagai aktivitas kritis, termasuk pengadaan material, fabrikasi struktur, pemasangan pipa, hingga uji coba sistem. Setiap aktivitas diberi durasi dan ketergantungan logis dalam software Microsoft Project, sehingga jalannya proyek dapat dimonitor dan disesuaikan secara real-time jika terjadi deviasi jadwal [4].

Tabel 3 Penjadwalan

Outline Number	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	Penambahan Emergency Cooling System	36 days	Mon 01/09/25	Mon 20/10/25	
2	1.1.1 Preparation	1 day	Mon 01/09/25	Mon 01/09/25	
3	1.1.1.1 Survey & Pengukuran	1 day	Mon 01/09/25	Mon 01/09/25	
4	1.2.1 Engineering	12 days	Tue 02/09/25	Wed 17/09/25	
5	1.2.1.1 Basic Design	5 days	Tue 02/09/25	Mon 08/09/25	3
6	1.2.2.1 Detail Design	7 days	Tue 09/09/25	Wed 17/09/25	5
7	1.3.1 Procurement	12 days	Thu 18/09/25	Fri 03/10/25	
8	1.3.1.1 Pemesanan Material & Equipment	2 days	Thu 18/09/25	Fri 19/09/25	6
9	1.3.2 Pengiriman Material & Equipment	10 days	Mon 22/09/25	Fri 03/10/25	8
10	1.4.1 Construction	11 days	Mon 06/10/25	Mon 20/10/25	
11	1.4.1.1 Pembangunan Struktur Menara Air	5 days	Mon 13/10/25	Fri 10/10/25	9
12	1.4.2 Peletakan Toren	1 day	Mon 13/10/25	Mon 13/10/25	11
13	1.4.3 Peletakan Pompa	1 day	Tue 14/10/25	Tue 14/10/25	12
14	1.4.4 Pipe Support	1 day	Mon 06/10/25	Mon 06/10/25	9
15	1.4.5 Welding Line 50-EL-1-3	2 days	Tue 07/10/25	Wed 08/10/25	14
16	1.4.6 Welding Line 50-EL-1-2	2 days	Thu 09/10/25	Fri 10/10/25	15
17	1.4.7 Welding Line 50-EL-1-1	2 days	Mon 13/10/25	Tue 14/10/25	16
18	1.4.8 Finishing (Coating)	1 day	Mon 20/10/25	Mon 20/10/25	21
19	1.5.1 Commissioning	3 days	Wed 15/10/25	Fri 17/10/25	
20	1.5.1.1 Inspection	2 days	Wed 15/10/25	Thu 16/10/25	17
21	1.5.2 Hydrotest	1 day	Fri 17/10/25	Fri 17/10/25	20



Gambar 6 Network Diagram

Melalui pendekatan CPM ini, manajemen proyek dapat secara aktif mengendalikan jalannya pekerjaan, serta melakukan mitigasi terhadap potensi hambatan yang mungkin terjadi di lapangan. Hasilnya adalah sistem Emergency Cooling yang tidak hanya andal secara teknis, tetapi juga dibangun melalui proses yang efisien dan terorganisir.

3.8 Estimasi Biaya Proyek Perhitungan biaya menunjukkan bahwa total pengeluaran proyek sebesar IDR 110.274.169. Komponen biaya terbesar berasal dari pembelian material yaitu sebesar 83,4%, meliputi tangki air, pompa, pipa, dan katup. Biaya tenaga kerja mencapai 16,6% dan mencakup pekerjaan fabrikasi rangka, pengelasan, serta instalasi sistem. Rincian biaya ditunjukkan pada Tabel berikut:

Tabel 4 Total Biaya

Komponen	Biaya (IDR)	Presentase
Material	Rp 109.384.169	83,4 %
Man power	Rp 18.405.000	16,6 %
Total	Rp 127.789.169	100%

Estimasi ini menunjukkan efisiensi biaya yang dicapai melalui pemilihan material lokal dan strategi pelaksanaan kerja yang terstruktur [1]

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Kebutuhan air selama pemadaman selama 4 jam adalah 7008 liter, sehingga digunakan tangki Penguin TB 800 berkapasitas 8000 liter.
2. Struktur rangka baja dengan profil L 120×120×11 mm, bracing 120×120×12 mm, dan pelat baja 10 mm dinyatakan aman terhadap beban kombinasi.
3. Daya pompa yang dibutuhkan sebesar 3437,6 W, sehingga dipilih pompa Venezia THF 150 berdaya 4 kW dengan koneksi 2".
4. WBS proyek terbagi menjadi 5 tahap utama: preparation, engineering, procurement, construction, dan commissioning.
5. Produktivitas pekerjaan mencakup 76 Dia.in untuk pemasangan pipa dalam 4 hari, 29,1 meter pekerjaan coating dalam 1 hari, dan untuk pekerjaan struktur 1967,875 kg dalam 5 hari.
6. CPM menunjukkan adanya 13 aktivitas kritis, dengan total durasi proyek 36 hari dan jalur kritis terdiri dari aktivitas utama mulai dari survei hingga hydrotest.
7. Total biaya proyek adalah

Rp127.789.169, terdiri dari biaya tenaga kerja Rp18.405.000 dan biaya material Rp109.384.169.

5. PUSTAKA

- [1] Indramanik, I.B.G., et al. (2022). Analisis Biaya Pelaksanaan Proyek Konstruksi. Jurnal Teknik Gradien, 14(01).daylit environment. *Building and Environment*, 36: p. 763-770.
- [2] Aulia, M.Z. (2021). Penerapan Metode CPM pada Proyek Bendungan Lau-Simeme.
- [3] Aldo, M. & Saragih, S.A. (2021). Analisis Kebutuhan Pompa untuk Sistem Penyediaan Air.
- [4] Wiradarma, L.W., et al. (2022). Analisis Penjadwalan dengan Percepatan Tenaga Kerja