

**PRARANCANGAN PABRIK HIDRAZIN DARI
AMONIA DAN NATRIUM HIPOKLORIT
DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN**

PRARANCANGAN PABRIK

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia**



Oleh:

Nama : Asyifa Dila Putri

Nama : Idhah Fransiskayanti Hayuningtias

NIM : 22521081

NIM : 22521087

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2026

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PRARANCANGAN PABRIK HIDRAZIN DARI AMONIA DAN
NATRIUM HIPOKLORIT DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN
PRARANCANGAN PABRIK

Nama : Asyifa Dila Putri
NIM : 22521081

Nama : Idhah Fransiskayanti Hayuningtias
NIM : 22521087

Yogyakarta, 22 Mei 2026

Pembimbing,


Dr. Ariany Zulkania, S. T., M.Eng.

NIK. 055210503

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL PRARANCANGAN PABRIK

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Asyifa Dila Putri Nama : Idhah Fransiskayanti Hayuningtias

NIM : 22521081 NIM : 22521087

Yogyakarta, 22 Mei 2026

Menyatakan bahwa seluruh hasil Prarancangan ini adalah hasil karya sendiri.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa bagian dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsekuensi apapun. Demikian surat pernyataan ini saya buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Tanda Tangan,
Mahasiswa 1

Tanda Tangan,
Mahasiswa 2


Asyifa Dila Putri


Idhah Fransiskayanti Hayuningtias

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRARANCANGAN PABRIK HIDRAZIN DARI AMONIA DAN NATRIUM HIPOKLORIT DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

Oleh:

Nama : Asyifa Dila Putri

Nama : Idhah Fransiskayanti Hayuningtias

NIM : 22521081

NIM : 22521087

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia dari Program Studi Teknik Kimia di fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 10 Juli 2026

Tim Penguji

Dr. Ariany Zulkania, S. T., M.Eng.

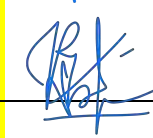
Ketua Penguji

Dr. Dyah Retno Sawitri, S.T., M. Eng.

Penguji I

Venitalitya Alethea Sari Augustia, S.T., M.Eng.

Penguji II

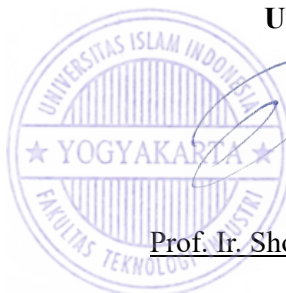


Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia




Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D., IPM.
NIK. 995200445

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji Syukur Alhamdulillah atas rahmat, hidayah dan inayah-nya dari Allah SWT, akhirnya kami dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “PRARANCANGAN PABRIKHIDRAZIN DARI AMONIA DAN NATRIUM HIPOKLORIT DENGAN KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN” ini disusun sebagai penerapan dari Ilmu Teknik Kimia yang telah didapat dibangku kuliah, dan sebagai satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Pada kesempatan ini tidak lupa kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada berbagai pihak yang telah membantu terwujudnya Laporan Tugas

Akhir ini. Ucapan terima kasih penulis dipersembahkan kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kelancaran, kemudahan dan petunjuk dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak dan Ibu kedua orang tua kami, yang telah banyak memberikan doa, dukungan dan motivasi tiada henti.
3. Bapak Prof. Ir. Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

4. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Ibu Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terima kasih banyak telah memberikan pengarahan, bimbingan, serta dukungan dalam penyusunan dan penulisan Tugas Akhir ini.
6. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu yang telah membantu penyusunan Tugas Akhir ini.

Kami menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, oleh sebab itu kami mengharapkan kritik dan saran atau masukan untuk menyempurnakan Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun dan pembaca pada umumnya. Akhir kata semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 22 Mei 2026

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Hirabbil 'Alamin dengan ucapan syukur yang tiada henti saya panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'Ala yang telah memberikan kemudahan selama penyusunan tugas akhir ini sehingga saya dapat menyelesaikannya sebagai tahapan terakhir perkuliahan serta gambaran dan bentuk perjuangan saya dalam menjalani perkuliahan selama ini.

Perjuangan ini tidak akan pernah bisa saya lalui sendirian. Ada banyak tangan yang menopang, banyak hati yang mendoakan, dan banyak senyum yang menguatkan. Maka dari itu dengan segala rasa syukur dan hormat, tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua saya, Mama dan Papa tersayang. Dengan penuh rasa hormat terima kasih atas segala perjuangan, pengorbanan dan kasih sayang yang tak pernah lelah Mama dan Papa berikan hingga hari ini. Terima kasih atas semua doa yang selalu mengiringi langkah, atas perhatian, dukungan, nasihat yang selalu berkesan di hati. Setiap proses yang telah dilalui hingga sampai saat ini tak akan berarti tanpa kehadiran dan cinta Mama dan Papa. Tanpa Mama dan Papa mungkin akan terasa lebih berat untuk menjalani semua ini. Dan Keberhasilan ini adalah persembahkan untuk Mama dan Papa sebagai wujud rasa syukur dan terima kasih atas segala yang telah diberikan. Mama dan Papa senantiasa di berikan kesehatan, kebahagiaan, dan umur panjang agar dapat menyaksikan setiap pencapaian yang memberikan rasa bangga dan kebahagiaan. Terima kasih telah menjadi rumah, tempat pulang ternyaman, dan sumber kekuatan terbesar.

2. Untuk adik tercinta, terima kasih atas canda tawa, dukungan, dan hiburan yang selalu kebersamai setiap proses yang saya lalui. Kehadiranmu menjadi penyemangat di tengah rasa lelah, gelisah, dan tekanan selama perjalanan ini. Tanpamu, setiap proses yang dijalani terasa jauh lebih berat. Terima kasih telah menjadi bagian dari cerita perjuangan ini. Terima kasih karena telah tumbuh bersama, dan menjadi semangat yang tak terlihat.
3. Ibu Dr. Ariany Zulkania S.T.,M.Eng selaku dosen pembimbing tugas akhir. Terima kasih atas ilmu, bimbingan, dukungan, serta waktu yang Ibu luangkan selama proses penyusunan tugas akhir ini. Tanpa bantuan, kesabaran, dan arahan dari Ibu, tugas akhir ini mungkin tidak dapat terselesaikan dengan baik dan tepat waktu. Semoga ilmu yang Ibu berikan menjadi keberkahan, serta Ibu dan keluarga senantiasa diberikan kesehatan, kebahagiaan, dan perlindungan oleh Allah Subhanahu Wa Ta'Ala.
4. Asyifa Dila Putri, partner kerja praktik, penelitian, sekaligus tugas akhir. Terima kasih telah menjadi teman berbagi, tidak hanya dalam menghadapi tuntutan akademik, tetapi juga dalam melalui suka dan duka selama proses perkuliahan. Terima kasih telah menjadi partner yang luar biasa dalam menjalankan berbagai tanggung jawab akademik dengan penuh kerja sama, semangat, dan dukungan. Mungkin tanpa kerja sama yang baik, tugas akhir ini tidak akan terselesaikan dengan maksimal. Terima kasih telah bersama-sama melewati proses panjang yang melelahkan dan penuh tekanan. Banyak pelajaran berharga yang didapatkan selama perjalanan ini. Tanpamu, perjalanan ini tentu akan terasa jauh lebih berat jika harus dilalui sendiri.

5. Pasangan saya yang selalu menemani dalam setiap proses perjuangan ini. Terima kasih atas dukungan, perhatian, dan motivasi yang selalu diberikan hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Terima kasih telah hadir, memperjuangkan, memberikan kebahagiaan, serta menemani setiap suka dan duka selama perjalanan ini. Segala kebaikan, ketulusan, dan waktu yang telah diberikan menjadi hal yang sangat berarti dan tidak akan terlupakan. Kebahagiaan, kesehatan, dan hal-hal baik senantiasa menyertai setiap langkahmu.
6. Sasa dan keluarga, terima kasih atas segala dukungan, bantuan, dan kebaikan yang telah diberikan selama proses penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih telah menerima dan menganggap saya seperti keluarga sendiri. Kehangatan, perhatian, serta dukungan yang diberikan sangat berarti bagi saya. Semoga segala kebaikan yang telah diberikan menjadi berkah dan dibalas dengan kebahagiaan, kesehatan, serta kemudahan dalam setiap langkah bagi Sasa dan keluarga.
7. Fifi, Aul, Widya, dan Naia, terima kasih telah menemani penulis sejak awal masa perkuliahan hingga saat ini. Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, serta energi positif yang selalu diberikan selama menjalani proses perkuliahan. Kehadiran kalian menjadi salah satu bagian yang memberikan banyak kebahagiaan dan kenangan berharga bagi saya. Semoga pertemanan dan segala kebaikan yang telah dibagikan dapat terus terjaga dengan baik.
8. Dan yang terakhir, untuk diri saya sendiri, Idhah Fransiskayanti Hayuningtias. Terima kasih karena telah berjuang hingga sampai di titik ini. Terima kasih telah

mampu melewati begitu banyak proses, terus mencoba, bangkit, dan melangkah ke depan meskipun tidak selalu mudah. Terima kasih karena telah memilih untuk tetap berdiri teguh dan menyelesaikan perjalanan akademik ini dengan sebaik mungkin. Banyak rintangan, tekanan, dan kelelahan yang harus dilalui, namun diri ini tetap bertahan dan tidak menyerah. Pencapaian ini mungkin bukan perjalanan yang mudah, tetapi semua usaha, air mata, dan pengorbanan yang telah diberikan membuat diri ini pantas untuk dirayakan. Terima kasih telah terus bertumbuh, percaya, dan bersikeras memperjuangkan masa depan yang diinginkan. Perjalanan masih panjang, masih banyak mimpi yang menunggu untuk diwujudkan. Tetaplah melangkah lebih jauh, menjadi pribadi yang lebih kuat, dan jangan lupa untuk selalu berbahagia.

Idhah Fransiskayanti Hayuningtias

Teknik Kimia UII 2022

LEMBAR PERSEMBAHAN

Alhamdulillah *rabbi'l'alamin*, segala puji dan syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, serta kemudahan yang senantiasa diberikan. Di tengah berbagai tantangan, kelelahan, dan proses panjang yang harus dilalui, akhirnya tugas akhir prarancangan pabrik ini dapat diselesaikan dengan baik. Penyusunan tugas akhir ini menjadi penutup dari perjalanan selama delapan semester menempuh pendidikan tinggi, sekaligus menjadi langkah awal untuk memasuki fase kehidupan yang baru. Perjalanan ini tentunya tidak dapat saya lalui seorang diri. Banyak pihak yang telah hadir memberikan dukungan, semangat, doa, serta motivasi dalam setiap proses yang saya jalani. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, karya tugas akhir ini saya persembahkan kepada:

1. Ayah dan Bunda tercinta. Dengan penuh rasa syukur, hormat, dan kasih sayang, penulis mempersembahkan tugas akhir ini kepada Ayah dan Bunda yang selalu hadir dalam setiap langkah perjuangan penulis. Terima kasih atas segala doa, dukungan, pengorbanan, perhatian, serta semangat yang tiada pernah berhenti diberikan hingga penulis mampu menyelesaikan perjalanan ini. Tidak ada kata yang mampu menggambarkan betapa besar cinta dan perjuangan Ayah dan Bunda dalam mendampingi penulis sampai di titik ini. Di balik setiap proses, kelelahan, dan tantangan yang dilalui, selalu ada doa dan restu dari Ayah dan Bunda yang menjadi sumber kekuatan terbesar bagi penulis untuk terus bertahan dan melangkah maju. Terima kasih karena selalu percaya kepada penulis, bahkan di saat penulis

meragukan diri sendiri. Semoga pencapaian ini dapat menjadi awal untuk membahagiakan dan membanggakan Ayah dan Bunda. Segala yang penulis raih hari ini tidak terlepas dari kasih sayang dan perjuangan Ayah dan Bunda yang luar biasa.

2. Untuk keluarga besar tercinta, penulis mengucapkan terima kasih atas segala doa, dukungan, perhatian, dan semangat yang selalu diberikan selama proses penyusunan tugas akhir ini. Kehadiran serta dukungan dari kalian merupakan salah satu sumber motivasi bagi penulis untuk terus berjuang dan menyelesaikan pendidikan ini dengan baik.
3. Ibu Ariany Zulkania, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing tugas akhir, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bimbingan, arahan, dukungan, motivasi, serta ilmu yang telah diberikan selama proses penyusunan tugas akhir ini. Berkat kesabaran dan perhatian Ibu dalam membimbing. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan, kebahagiaan, keberkahan, serta kesuksesan kepada Ibu dan keluarga. Terima kasih atas segala ilmu yang telah Ibu berikan kepada penulis.
4. Idhah Fransikayanti Hayuningtias, selaku partner Kerja Praktik, Penelitian, hingga Tugas Akhir, sekaligus teman penulis sejak masa awal perkuliahan, penulis mengucapkan terima kasih atas segala kebersamaan, dukungan, dan kesabaran yang telah diberikan selama ini. Banyak proses, tantangan, serta perjuangan yang telah dilalui bersama dari awal perkuliahan hingga akhirnya dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Terima kasih karena selalu

menjadi partner yang dapat diandalkan, selalu sabar menghadapi penulis, serta senantiasa memberikan semangat dan dukungan di setiap keadaan. Penulis merasa sangat bersyukur dapat belajar, bertumbuh, dan berjuang bersama dalam perjalanan panjang ini.

5. Sasa, Fifi, dan Siska, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala dukungan, bantuan, dan kebersamaan yang telah diberikan selama masa perkuliahan ini. Sejak awal semester, kalian selalu hadir sebagai teman yang senantiasa membantu dan menemani setiap proses yang penulis jalani selama kuliah. Terima kasih atas segala perhatian, semangat, serta bantuan yang diberikan di berbagai keadaan, baik dalam proses belajar maupun dalam menghadapi berbagai tantangan selama perkuliahan. Kehadiran kalian memberikan banyak warna, cerita, dan kenangan berharga dalam perjalanan ini.
6. Manda, Aisyah, dan Leda, penulis mengucapkan terima kasih karena selalu hadir menemani di setiap momen lelah, penat, dan stres selama menjalani perkuliahan ini. Terima kasih telah menjadi tempat berbagi cerita, tawa, dan keluh kesah, serta selalu memberikan suasana nyaman yang membuat penulis dapat sejenak beristirahat dari segala tekanan perkuliahan. Terima kasih telah menjadi bagian penting dalam perjalanan kuliah penulis dan mari terus bertumbuh bersama.
7. Teman-teman KKN Unit 175 Tepus, Gunung Kidul, Anjani, Fisa, Fifi, Yuli, Habibi, Cakra, dan Robby. penulis mengucapkan terima kasih atas segala kebersamaan, dukungan, dan pengalaman berharga yang telah diberikan

selama masa KKN berlangsung. Kehadiran kalian menjadi bagian yang sangat berarti bagi penulis, terutama sebagai teman seperjuangan yang menemani dan memberikan semangat sebelum dimulainya perjalanan penyusunan tugas akhir ini.

8. Yuma dan Lulu, penulis mengucapkan terima kasih atas segala kebersamaan yang telah terjalin sejak masa SMP hingga saat ini. Terima kasih karena selalu hadir menemani setiap proses perjalanan penulis, baik dalam suka maupun duka, serta tetap menjadi teman yang selalu memberikan dukungan dan semangat tanpa henti. Kehadiran kalian menjadi salah satu hal berharga yang membuat perjalanan ini terasa lebih ringan dan penuh warna.
9. Kepada seseorang yang pernah selalu ada, penulis mengucapkan terima kasih atas segala dukungan, perhatian, dan semangat yang selalu diberikan selama proses penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih karena selalu hadir menemani, memberikan motivasi, serta menjadi salah satu sumber kebahagiaan bagi penulis di tengah berbagai tantangan dan tekanan selama perkuliahan. Terima kasih telah menjadi sosok yang selalu mendukung penulis untuk terus bertahan dan menyelesaikan setiap proses hingga sampai pada tahap ini. Semoga segala kebaikan, doa, dan dukungan yang diberikan dapat menjadi hal baik yang terus menyertai langkah ke depannya. Sehat dan bahagia selalu untukmu.
10. Naila, Adil, Pohun, Eyla, Tyler, Bang Bujang, dan teman-teman di Discord lainnya, penulis mengucapkan terima kasih atas segala kebersamaan, hiburan, dan tawa yang telah diberikan selama proses penyusunan tugas

akhir ini. Kehadiran kalian menjadi salah satu tempat bagi penulis untuk melepas penat dan stres di tengah berbagai tekanan selama menyelesaikan perkuliahan dan tugas akhir.

11. Terakhir, untuk diri penulis sendiri, terima kasih karena telah mampu bertahan, berjuang, dan melewati seluruh proses hingga sampai di titik ini. Terima kasih karena tidak menyerah meskipun banyak rasa lelah, takut, dan ragu yang datang selama perjalanan perkuliahan dan penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih sudah terus mencoba menjadi lebih kuat setiap harinya, serta tetap melangkah meskipun tidak selalu mudah. Semua usaha, air mata, doa, dan perjuangan yang telah dilalui akhirnya mampu membawa penulis menyelesaikan tahap ini dengan baik. Semoga ke depannya penulis dapat terus berkembang, meraih banyak hal baik, dan menjadi pribadi yang lebih kuat serta membanggakan.

Asyifa Dila Putri

Teknik Kimia UII 2022

ABSTRAK

Hidrazin (N_2H_4) merupakan senyawa anorganik yang banyak digunakan dalam industri kimia, farmasi, pengolahan air boiler, dan bahan bakar roket. Kebutuhan hidrazin di Indonesia terus meningkat, sedangkan pemenuhannya masih bergantung pada impor. Oleh karena itu, dirancang pabrik hidrazin untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri serta mendukung substitusi impor dan peluang ekspor. Pabrik hidrazin dirancang dengan kapasitas 10.000 ton/tahun dan berlokasi di kawasan *Jatiluhur Industrial Smart City* (JISC). Kebutuhan bahan baku terdiri atas amonia sebesar 1100,81 kg/jam dan natrium hipoklorit sebesar 1841,15 kg/jam. Proses produksi menggunakan proses Raschig termodifikasi dengan bahan baku amonia (NH_3) dan natrium hipoklorit (NaOCl). Reaksi berlangsung dalam dua reaktor seri, yaitu pembentukan monokloramina pada suhu rendah dan pembentukan hidrazin hidrat dengan penambahan amonia berlebih. Tahap proses dilanjutkan dengan pemisahan dan pemurnian menggunakan rotary drum filter, flash drum, stripper, netralizer, rotary drum vacuum filter, separator, dan menara distilasi. Produk utama yang dihasilkan adalah hidrazin hidrat ($\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Kebutuhan bahan baku diperoleh dari produsen dalam negeri dan didukung utilitas berupa air pendingin, steam, listrik, bahan bakar, udara tekan, dan sistem pengolahan air. Dalam operasinya, pabrik memiliki risiko karena hidrazin bersifat toksik, korosif, mudah terbakar, dan dapat terurai secara eksotermis sehingga diperlukan sistem pengendalian proses dan keselamatan kerja yang baik. Berdasarkan analisis ekonomi, pabrik hidrazin dinilai layak untuk didirikan dengan ROI sebelum pajak sebesar 18,15%, POT sebelum pajak selama 3,8 tahun, BEP sebesar 53,8%, SDP sebesar 20,69%, dan DCFRR sebesar 16,87%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pabrik layak didirikan secara teknis maupun ekonomis.

Kata kunci: Hidrazin, Raschig Termodifikasi, Amonia, Natrium Hipoklorit, Evaluasi Ekonomi.

ABSTRACT

Hydrazine (N_2H_4) is an inorganic compound widely used in the chemical, pharmaceutical, boiler water treatment, and rocket fuel industries. The demand for hydrazine in Indonesia continues to increase, while its supply still relies heavily on imports. Therefore, a hydrazine plant is designed to meet domestic demand, reduce import dependency, and create export opportunities. The proposed plant has a production capacity of 10,000 tons/year and is located in the Jatiluhur Industrial Smart City (JISC). The required raw materials consist of 1,100.81 kg/h of ammonia and 1,841.15 kg/h of sodium hypochlorite. The production process employs the modified Raschig process using ammonia (NH_3) and sodium hypochlorite (NaOCl) as raw materials. The reaction takes place in two reactors arranged in series: the first reactor produces monochloramine at a low temperature, while the second reactor forms hydrazine hydrate with the addition of excess ammonia. The process is followed by separation and purification stages using a rotary drum filter, flash drum, stripper, neutralizer, rotary drum vacuum filter, separator, and distillation column. The main product is hydrazine hydrate ($\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). The raw materials are supplied by domestic producers and are supported by utilities including cooling water, steam, electricity, fuel, compressed air, and a water treatment system. During operation, the plant poses potential hazards because hydrazine is toxic, corrosive, flammable, and may undergo exothermic decomposition. Therefore, appropriate process control and safety systems are required to ensure safe operation. Based on the economic evaluation, the hydrazine plant is considered feasible for construction, with a return on investment (ROI) before tax of 18.15%, a pay-out time (POT) before tax of 3.8 years, a break-even point (BEP) of 53.8%, a shut-down point (SDP) of 20.69%, and a discounted cash flow rate of return (DCFRR) of 16.87%. These results indicate that the proposed hydrazine plant is technically and economically feasible.

Keywords: Hydrazine, Modified Raschig Process, Ammonia, Sodium Hypochlorite, Economic Evaluation

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL	iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vii
ABSTRAK	xvi
DAFTAR ISI	xviii
DAFTAR TABEL.....	xxiii
DAFTAR GAMBAR	xxvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik.....	1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik	3
1.2.1 Data Impor dan Ekspor Produk Hidrazin.....	3
1.2.2 Data Konsumsi dan Produksi Hidrazin	6
1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku	8
1.3 Tinjauan Pustaka.....	9
1.3.1 Macam-Macam Proses	10
1.3.2 Pemilihan Proses	13
1.3.3 Kegunaan Produk	14
1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika	16
1.4.1 Tinjauan Termodinamika	16
1.4.2 Tinjauan Kinetika Reaksi	32
BAB II PERANCANGAN PRODUK	34
2.1 Spesifikasi Produk	34
2.1.1 Produk utama (Hidrazin).....	34
2.1.2 Produk samping (air dan garam).....	36
2.2 Spesifikasi Bahan Baku.....	38
2.2.1 Sifat Fisika Bahan Baku.....	38
2.2.2 Sifat Kimia Bahan Baku.....	39
2.3 Pengendalian Kualitas	41
2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku	41

2.3.2	Pengendalian Kualitas Proses Produksi	42
2.3.2.1.	Alat Sistem Kontrol	42
2.3.2.2.	Aliran Sistem Kontrol.....	44
2.3.3	Pengendalian Kualitas Produk	44
BAB III PERANCANGAN PROSES.....		45
3.1	Diagram Alir Proses dan Material	45
3.1.1	Diagram Alir Kualitatif	45
3.1.2	Diagram Alir Kuantitatif	46
3.2	Uraian Proses.....	47
3.2.1	Analisis Kebutuhan Bahan Baku	47
3.2.2	Analisis Kebutuhan Peralatan Proses.....	48
3.2.3	Pemurnian dan Penyimpanan Produk	50
3.3	Spesifikasi Alat.....	51
3.3.1	Spesifikasi Alat Proses	51
3.3.2	Spesifikasi Alat Penukar Panas	56
3.3.3	Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk.....	64
3.3.4	Spesifikasi Alat Transportasi Bahan.....	69
3.4	Neraca Massa	73
3.4.1	Neraca Massa Total	73
3.4.2	Neraca Massa Komponen	74
3.5	Neraca Panas	77
3.5.1	Neraca Panas Total	77
3.5.2	Neraca Panas Komponen	78
BAB IV PERANCANGAN PABRIK.....		85
4.1	Lokasi Pabrik.....	85
4.1.1	Faktor Primer	86
4.1.1.1	Penyediaan Bahan Baku	86
4.1.1.2	Pasar Utama	87
4.1.1.3	Penyediaan Utilitas	88
4.1.1.4	Transportasi.....	88
4.1.1.5	Ketersediaan Tenaga Kerja	89
4.1.2	Faktor Sekunder	89

4.1.2.1	Perizinan	89
4.1.2.2	Area Perluasan Pabrik.....	90
4.2	Tata Letak Pabrik (<i>Plant Layout</i>)	90
4.3	Tata Letak Mesin / Alat Proses (<i>Machines Layout</i>).....	94
4.3.1	Aliran Bahan Baku dan Produk.....	94
4.3.2	Aliran Udara.....	94
4.3.3	Pencahayaan.....	95
4.3.4	Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan.....	95
4.3.5	<i>Maintenance</i>	95
4.3.6	Jarak Antara Alat Proses.....	96
4.4	Organisasi Perusahaan.....	97
4.5	Tugas dan Wewenang.....	101
4.5.1	Pemegang Saham	101
4.5.2	Dewan Komisaris.....	102
4.5.3	Direktur Utama.....	103
4.5.4	Kepala Bagian	105
4.6	Pengaturan Jam Kerja.....	107
4.6.1	Karyawan <i>non-Shift</i>	107
4.6.2	Karyawan <i>Shift</i>	108
4.7	Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji	110
4.7.1	Gaji Bulanan.....	110
4.7.2	Gaji Lembur	111
4.8	Fasilitas dan Hak Karyawan.....	114
BAB V UTILITAS		117
5.1	Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	119
5.1.1	Unit Penyediaan Air	119
5.1.2	Unit Pengolahan Air.....	124
5.2	Unit Pembangkit Steam (<i>Steam Generation System</i>)	129
5.3	Unit Penyedia Bahan Bakar	130
5.4	Unit Pembangkit Listrik (<i>Power Plant System</i>)	130
5.5	Unit Penyedia Udara Tekan (<i>Instrument Air System</i>).....	135
5.6	Unit Penyedia Pendingin	136

5.7	Unit Pengolahan Lanjut.....	137
5.8	Spesifikasi Alat Utilitas	137
5.8.1	Alat Unit Pengolahan Air Bersih.....	137
5.8.2	Alat Unit Pengolahan <i>Service</i> dan Air Domestik.....	142
5.8.3	Alat Unit Pengolahan Air Pendingin.....	143
5.8.4	Alat Unit Penyedia Steam	144
5.8.5	Alat Unit Udara Tekan	148
5.8.6	Alat Unit Penyedia Bahan bakar	149
5.8.7	Generator.....	149
5.8.8	Pompa Utilitas.....	150
BAB VI	EVALUASI EKONOMI.....	159
6.1	Penaksiran Harga Alat	161
6.2	Dasar Perhitungan	168
6.3	Komponen Biaya.....	168
6.3.1.	Modal (Capital Invesment)	168
6.3.2.	Biaya Produksi (Manufacturing Cost)	171
6.3.3.	Pengeluaran Umum (General Expenses)	173
6.4	Analisa Keuntungan	174
6.4.1.	Harga Dasar.....	174
6.4.2.	Harga Jual.....	175
6.4.3.	Harga Pendapatan.....	175
6.5	Analisa Resiko Pabrik	176
6.6	Analisa Kelayakan Ekonomi	179
6.6.1.	Return on Invesment (ROI).....	179
6.6.2.	Pay Out Time (POT)	180
6.6.3.	Break Even Point (BEP)	181
6.6.4.	Shut Down Point (SDP)	183
6.6.5.	Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR).....	183
6.6.6.	Hasil Analisa	185
BAB VII.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	189
7.1	Kesimpulan.....	189
7.2	Saran.....	190

DAFTAR PUSTAKA	192
LAMPIRAN A PERANCANGAN REAKTOR	197
LAMPIRAN B <i>PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)</i>	231
LAMPIRAN C KARTU KONSULTASI BIMBINGAN	233

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1. Data Impor Hidrazin di Indonesia	3
Tabel 1. 2 Proyeksi kebutuhan ekspor hidrazin	4
Tabel 1. 3. Data Ekspor Hidrazin	4
Tabel 1. 4 Data Konsumsi Hidrazin	6
Tabel 1. 5 Daftar Perusahaan Penghasil Hidrazin yang Sudah Berdiri.....	7
Tabel 1. 6 Daftar Perusahaan Penghasil Amonia	8
Tabel 1. 7 Daftar Perusahaan Penghasil Natrium Hipoklorit.....	9
Tabel 1. 8 Perbandingan Proses Pembuatan Hidrazin.....	13
Tabel 1. 9 Harga ΔH°_f Setiap Komponen.....	16
Tabel 1. 10. Koefisien Regresi untuk Komponen Kimia	18
Tabel 1. 11 Harga ΔH°_f Setiap Komponen.....	19
Tabel 1. 12 Koefisien Regresi untuk Komponen Kimia	20
Tabel 1. 13 Harga ΔH°_f Setiap Komponen.....	21
Tabel 1. 14 Koefisien Regresi untuk Komponen Kimia	22
Tabel 1. 15 Harga ΔH°_f Setiap Komponen.....	23
Tabel 1. 16 Koefisien Regresi untuk Komponen Kimia	24
Tabel 1. 17 Harga ΔG°_f Setiap Komponen.....	26
Tabel 1. 18 Harga ΔG°_f Setiap Komponen.....	27
Tabel 1. 19 Harga ΔG°_f Setiap Komponen.....	29
Tabel 1. 20 Harga ΔG°_f Setiap Komponen.....	31
Tabel 2. 1 Spesifikasi produk sampling	36
Tabel 2. 2. Spesifikasi bahan baku	38
Tabel 3. 1 Spesifikasi CL-01	56
Tabel 3. 2 Spesifikasi CL-02	57
Tabel 3. 3 Spesifikasi CL-03	59
Tabel 3. 4 Spesifikasi HE-01	60
Tabel 3. 5 Spesifikasi CL-01	61
Tabel 3. 6 Spesifikasi CD-01	63
Tabel 3. 7 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk.....	64
Tabel 3. 8 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk	66
Tabel 3. 9 Spesifikasi Alat Penyimpanan (Lanjutan)	67
Tabel 3. 10 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Padat.....	69
Tabel 3. 11 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair.....	69
Tabel 3. 12 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair.....	71
Tabel 3. 13 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair.....	72
Tabel 3. 14 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Gas	72
Tabel 3. 15 Neraca Massa Total	73
Tabel 3. 16 Neraca Massa Reaktor 01	74
Tabel 3. 17 Neraca Massa Reaktor 02.....	75
Tabel 3. 18 Neraca Massa Stripper 01	75
Tabel 3. 19 Neraca Massa Evaporator.....	76

Tabel 3. 20 Neraca Massa Menara Distilasi 01	77
Tabel 3. 21 Neraca Panas Total	77
Tabel 3. 22 Neraca Panas Reaktor 01	78
Tabel 3. 23 Neraca Panas Reaktor 02	79
Tabel 3. 24 Neraca Panas Menara Stripper 01	79
Tabel 3. 25 Neraca Panas Menara Evaporator 01	80
Tabel 3. 26 Neraca Panas Menara Distilasi 01	81
Tabel 3. 27 Neraca Panas Heater 01	81
Tabel 3. 28 Neraca Panas Heater 02	82
Tabel 3. 29 Neraca Panas Heater 03	82
Tabel 3. 30 Neraca Panas Cooler 01	82
Tabel 3. 31 Neraca Panas Cooler 02	83
Tabel 3. 32 Neraca Panas Cooler 03	83
Tabel 3. 33 Neraca Panas Condensor 01	84
Tabel 3. 34 Neraca Panas Reboiler 01	84
Tabel 4. 1 Rincian Luas Bangunan dan Tanah	91
Tabel 4. 2 Rincian Jam Kerja	108
Tabel 4. 3 Rincian Jam Kerja Masing – masing Shift	109
Tabel 4. 4 Jadwal jam Kerja	110
Tabel 4. 5 Jadwal Jam Kerja (Lanjutan)	110
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin	122
Tabel 5. 2 Kebutuhan Steam	123
Tabel 5. 3 Kebutuhan Listrik Alat Proses	131
Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas	131
Tabel 5. 5 Spesifikasi Screening Utilitas	137
Tabel 5. 6 Spesifikasi Bak Pengolahan Air	138
Tabel 5. 7 Spesifikasi Tangki Pengolahan Air	138
Tabel 5. 8 Spesifikasi Tangki Flokulator	139
Tabel 5. 9 Spesifikasi Tangki Klarifier	140
Tabel 5. 10 Spesifikasi Tangki Sand Filter	140
Tabel 5. 11 Spesifikasi Carbon Filter	141
Tabel 5. 12 Spesifikasi Tangki Air Service dan Air Domestik	142
Tabel 5. 13 Spesifikasi Tangki Klorinasi	142
Tabel 5. 14 Spesifikasi Bak Pengolahan Air Pendingin	143
Tabel 5. 15 Spesifikasi Cooling Tower	144
Tabel 5. 17 Spesifikasi Tangki Pengolahan Steam	144
Tabel 5. 18 Spesifikasi Kation Exchanger	145
Tabel 5. 19 Spesifikasi Anion Exchanger	146
Tabel 5. 20 Spesifikasi Deareator	146
Tabel 5. 21 Spesifikasi Boiler	147
Tabel 5. 22 Spesifikasi Turbin	147
Tabel 5. 23 Spesifikasi Kompresor	148
Tabel 5. 24 Spesifikasi Silica Gel	148

Tabel 5. 25 Spesifikasi Tangki Bahan Bakar.....	149
Tabel 5. 26 Spesifikasi Generator	149
Tabel 5. 27 Spesifikasi Pompa Utilitas	150
Tabel 5. 28 Spesifikasi Pompa Utilitas	151
Tabel 5. 29 Spesifikasi Pompa Utilitas	152
Tabel 5. 30 Spesifikasi Pompa Utilitas	154
Tabel 5. 31 Spesifikasi Pompa Utilitas	155
Tabel 5. 32 Spesifikasi Pompa Utilitas	156
Tabel 5. 33 Spesifikasi Pompa Utilitas	158
Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat pada Tahun 1963 - 2030	161
Tabel 6. 2 Harga Alat Proses	164
Tabel 6. 3 Harga Alat Utilitas.....	166
Tabel 6. 4 Physical Plant Cost (PPC).....	168
Tabel 6. 5 Diret Plant Cost	169
Tabel 6. 6 Fixed capitas Investment (FCI).....	169
Tabel 6. 7 Working Capitas Investment	170
Tabel 6. 8 Total capital Investment	170
Tabel 6. 9 Direct Manufacturing Cost.....	171
Tabel 6. 10 Indirect Manufacturing Cost	172
Tabel 6. 11 Fixed Manufacturing Cost.....	173
Tabel 6. 12 Total Manufacturing Cost.....	173
Tabel 6. 13 General Expenses	174
Tabel 6. 14 Total Biaya Produksi	174
Tabel 6. 15 Annual Fixed Manufacturing Cost (Fa)	181
Tabel 6. 16 Annual Variable Cost (Va).....	182
Tabel 6. 17 Annual Regulated Expenses (Ra).....	182
Tabel 6. 18 Kesimpulan Analisa Kelayakan Ekonomi	187

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1. Grafik Ekspor Hidrazin Tahun 2020-2023	5
Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif	45
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif	46
Gambar 4. 1 Perencanaan Lokasi.....	85
Gambar 4. 2 Layout Pabrik Hidrazin	93
Gambar 4. 3 Layout Alat Proses	97
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan Pabrik Hidrazin dari Amonia dan Natrium Hipoklorit.....	100
Gambar 4. 5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian.....	111
Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas Unit Pengolahan Air	118
Gambar 5. 2 Diagram Alir Utilitas Unit Pengolahan Air	119
Gambar 6. 1 Grafik Regresi Kenaikan Index.....	164
Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi	186

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Hidrazin (N_2H_4) merupakan salah satu senyawa anorganik penting yang banyak digunakan dalam berbagai sektor industri, terutama sebagai bahan reduktor yang sangat kuat. Menurut Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry (2000), hidrazin umumnya tersedia dalam bentuk hidrat (hidrazin hidrat, $\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) dan digunakan secara luas dalam industri kimia, pembangkit listrik, serta sintesis bahan kimia antara (*intermediate*) seperti pestisida, obat-obatan, dan bahan bakar roket.

Senyawa ini pertama kali diproduksi secara komersial melalui proses Raschig, yang melibatkan reaksi antara amonia dan natrium hipoklorit, menghasilkan hidrazin dan garam samping natrium klorida. Sifat kimia hidrazin yang sangat reaktif dan kemampuannya sebagai agen pereduksi menjadikannya komponen penting dalam berbagai aplikasi industri. Dalam industri pembangkit listrik, hidrazin digunakan sebagai *oksigen scavenger* untuk mencegah korosi pada sistem boiler dan turbin uap. Selain itu, dalam industri farmasi dan pertanian, hidrazin berperan sebagai bahan baku pembuatan senyawa antara seperti hidrazida dan herbisida (Wang, 2021).

Hidrazin juga berperan penting dalam bidang kedirgantaraan dan pertahanan, di mana senyawa ini digunakan sebagai bahan bakar roket karena memiliki kepadatan energi tinggi dan mampu menghasilkan dorongan besar tanpa memerlukan oksigen dari luar. Di sisi lain, penggunaan hidrazin yang luas juga menimbulkan tantangan dari bidang keamanan dan lingkungan karena sifatnya

yang toksik dan mudah terurai secara eksotermik. Badan Perlindungan Lingkungan (EPA) mengharuskan proses produksi dan penanganannya harus memenuhi standar keselamatan dan regulasi yang ketat.

Kebutuhan hidrazin di dunia terus meningkat seiring berkembangnya industri kimia, energi, dan farmasi. Berdasarkan laporan Mordor Intelligence (2025), ukuran pasar hidrazin global diperkirakan mencapai sekitar 367.750 ton per tahun pada 2025, dengan tingkat pertumbuhan tahunan majemuk (CAGR) sekitar 5,5% selama periode 2020–2025. Pertumbuhan ini terutama didorong oleh meningkatnya permintaan dari sektor polimer, obat-obatan, pestisida, dan industri pengolahan air, khususnya di kawasan Asia-Pasifik yang menjadi pusat produksi dan konsumsi utama seperti India, Korea Selatan, dan Tiongkok. Indonesia sendiri hingga kini masih mengandalkan impor untuk memenuhi kebutuhan hidrazin domestik, terutama di sektor agen pembusa (*blowing agent*) dan pengolahan air boiler. Ketergantungan ini menunjukkan adanya peluang besar bagi pembangunan pabrik hidrazin di dalam negeri guna mendukung kemandirian dan daya saing industri kimia nasional.

Oleh karena itu, perancangan pabrik hidrazin di Indonesia menjadi langkah strategis untuk mengurangi ketergantungan impor, menstabilkan pasokan bahan kimia penting ini, serta meningkatkan daya saing industri dalam negeri. Kajian ini diharapkan dapat mencakup aspek teknis, ekonomi, dan lingkungan yang diperlukan dalam produksi hidrazin, termasuk pemilihan teknologi proses yang efisien dan aman, analisis kelayakan ekonomi, serta dampak lingkungan yang mungkin timbul. Dengan adanya pabrik hidrazin di dalam negeri, Indonesia dapat

memperkuat struktur industri kimia nasional sekaligus mendukung upaya substitusi impor secara berkelanjutan.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas produksi pabrik hidrazin, didasarkan pada beberapa pertimbangan, yaitu:

1. Data impor dan ekspor produk
2. Konsumsi dan produksi produk
3. Ketersediaan bahan baku

1.2.1 Data Impor dan Ekspor Produk Hidrazin

Penentuan kapasitas perancangan pabrik hidrazin didasarkan dari kebutuhan dari tahun ke tahun di Indonesia. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, data Impor hidrazin di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1. 1. Data Impor Hidrazin di Indonesia

Tahun	Tahun Ke-	Total (Ton)
2020	1	3.604,47
2021	2	4.626,92
2022	3	5.811,67
2023	4	2.659,74
2024	5	3.670,60

(Badan Pusat Statistik, 2025)

Dari data impor pada Tabel 1.1 dapat digunakan perhitungan dengan metode rata-rata persen pertumbuhan, dimana metode ini digunakan dengan mencari % pertumbuhan pada tahun ke-n menggunakan persamaan (1.1).

$$\% \text{Pertumbuhan} = \frac{(\text{Konsumsi tahun } n - \text{Konsumsi tahun } n-1)}{\text{Konsumsi tahun } n-1} \times 100 \quad (1.1)$$

Hal ini digunakan untuk mendapatkan kecenderungan naik atau turunnya impor hidrazin untuk beberapa tahun mendatang di Indonesia. Sehingga diperoleh nilai rata-rata pertumbuhan yang digunakan untuk memperkirakan proyeksi impor hidrazin pada tahun-tahun mendatang ditunjukkan pada Tabel 1.2 berikut:

Tabel 1. 2 Proyeksi kebutuhan ekspor hidrazin

Tahun	Tahun Ke-	Total (Ton)
2025	1	4.016,94
2026	2	4.395,97
2027	3	4.810,76
2028	4	5.264,69
2029	5	5.761,45
2030	6	6.305,08

Berdasarkan hasil perhitungan dengan estimasi proyeksi impor hidrazin menggunakan nilai rata-rata pertumbuhan didapatkan bahwa kebutuhan hidrazin pada tahun 2030 adalah sebesar 6.305,08 Ton/Tahun.

Selanjutnya, berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, data ekspor hidrazin di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.3.

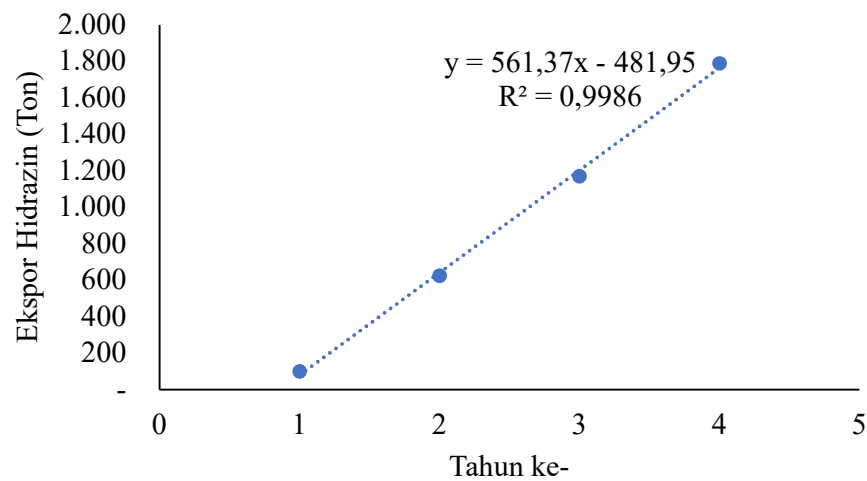
Tabel 1. 3. Data Ekspor Hidrazin

Tahun	Tahun Ke-	Total (Ton)
2021	1	100,00

Tahun	Tahun Ke-	Total (Ton)
2022	2	625,20
2023	3	1.171,60
2024	4	1.789,10

(Data Pusat Statistik, 2025)

Dari data ekspor pada Tabel 1.3, dapat ditentukan nilai regresi linier dengan membuat grafik dari data pada tabel tersebut. Hal ini digunakan untuk mendapatkan kecenderungan naik atau turunnya ekspor hidrazin untuk beberapa tahun mendatang di Indonesia.



Gambar 1. 1. Grafik Ekspor Hidrazin Tahun 2020-2023

Pada gambar 1.1 diperoleh persamaan garis regresi linear $y = 561,37x - 481,95$. Sehingga proyeksi ekspor hidrazin di tahun 2030 (tahun ke-10) adalah sebesar 5.131,75 Ton/Tahun.

1.2.2 Data Konsumsi dan Produksi Hidrazin

Perhitungan kapasitas juga dilihat dari proyeksi konsumsi dan produksi Hidrazin. Berikut data konsumsi dan produksi hidrazin di dunia.

Tabel 1. 4 Data Konsumsi Hidrazin

Nama Pabrik	Penggunaan Hidrazin
	(Ton/Tahun)
PT Dongjin Indonesia	32
PT Lautan Otsuka Chemical	500
PT Merck Tbk	840
PT Nanyang Chemical Technology	0,012
Sea Otsuka	128
PT Kurnia Indonesia	1.120

(Volza Database, 2025)

Jika diasumsikan bahwa konsumsi hidrazin pada pabrik diatas tetap hingga tahun 2030 maka, jumlah konsumsi hidrazin di Indonesia yaitu sebesar 1.446,68 Ton/Tahun.

Berdasarkan tinjauan sumber publik dan data industri yang tersedia, saat ini tidak terdapat produksi hidrazin komersial di Indonesia, oleh karena itu produksi hidrazin diperkirakan sebesar 0 Ton/Tahun.

Dengan melakukan analisis *supply* dan *demand*, berdasarkan data impor, data ekspor, data konsumsi dan data produksi maka untuk menentukan kapasitas kotor hidrazin sebagai berikut:

Kapasitas pabrik = Demand - Supply

$$\begin{aligned}
&= (\text{Ekspor} + \text{Konsumsi}) - (\text{Impor} + \text{Produksi}) \\
&= (5.131,75 + 2.620,01) - (6.305,08 + 0) \text{ Ton/Tahun} \\
&= 1.446,68 \text{ Ton/Tahun}
\end{aligned}$$

Berdasarkan hasil analisis data *supply* dan *demand* yang mencakup impor, ekspor, konsumsi, serta produksi hidrazin di Indonesia, diperoleh kapasitas kotor sebesar 1.446,68 Ton/Tahun. Sebagai acuan dalam menentukan kapasitas pabrik, dilakukan perbandingan dengan beberapa pabrik hidrazin di luar negeri yang telah beroperasi.

Tabel 1. 5 Daftar Perusahaan Penghasil Hidrazin yang Sudah Berdiri

Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
Grup Tianyuan	Jiangsu, China	80.000
Chongqing Chemical & Pharmaceutical	Chongqing, China	30.000
Arkema Group	Colombes, France	15.000
Otsuka-MGC Chemical	Tokyo, Japan	10.000
Lanxess	Cologne, Germany	12.000

(Mordor Intelligence, 2025)

Dengan mempertimbangkan kapasitas pabrik hidrazin yang telah beroperasi di berbagai negara serta hasil analisis kebutuhan pasar domestik, kapasitas produksi pabrik direncanakan sebesar 10.000 ton/tahun. Penentuan kapasitas tersebut mengacu pada pabrik hidrazin skala kecil di luar negeri yang memiliki kapasitas produksi sekitar 10.000 ton/tahun. Kapasitas ini dipilih untuk

mengantisipasi peningkatan kebutuhan hidrazin di dalam negeri sekaligus membuka peluang ekspor ke pasar internasional.

Selain memenuhi kebutuhan domestik, potensi ekspor hidrazin dari Indonesia juga cukup besar. Berdasarkan data impor tahunan, India dan Korea masing-masing mengimpor hidrazin dari Indonesia sebesar 2.500 ton/tahun, sedangkan Filipina mengimpor sebesar 4.000 ton/tahun. Data tersebut menunjukkan bahwa ketiga negara tersebut memiliki prospek yang baik sebagai pasar ekspor hidrazin sehingga diharapkan dapat meningkatkan daya saing dan keberlanjutan produksi pabrik.

1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku untuk memproduksi hidrazin yaitu amonia dan natrium hipoklorit. Bahan baku pada pembuatan hidrazin diperoleh dari beberapa perusahaan di Indonesia antara lain terlihat pada Tabel 1.5 dan Tabel 1.6.

Tabel 1. 6 Daftar Perusahaan Penghasil Amonia

Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT Pupuk Iskandar Muda	759.000
PT Pupuk Kujang Cikampek	660.000
PT Pupuk Kalimantan Timur	2.739.000
PT Pupuk Sriwidjaja Palembang	1.831.000
PT Petrokimia Gresik	1.105.000

(Pupuk Indonesia, 2025)

Tabel 1. 7 Daftar Perusahaan Penghasil Natrium Hipoklorit

Nama Perusahaan	Kapasitas (Ton/Tahun)
PT Asahimas Chemical	70.000
PT Pindo Deli Pulp and Paper Mills II	29.200
PT Pabrik Kertas Tjiwi Kimia	10.000

Dengan mempertimbangkan kapasitas pabrik yang sudah beroperasi serta ketersediaan pabrik bahan baku yang mendukung proses produksi, maka pemilihan kapasitas pabrik hidrazin dari amonia dan natrium hipoklorit ditetapkan.

1.3 Tinjauan Pustaka

Hidrazin (N_2H_4) merupakan senyawa anorganik tidak berwarna yang bersifat endotermik, mudah terbakar, dan memiliki bau khas seperti amonia. Senyawa ini memiliki massa molekul relatif sebesar 32,05 dan struktur molekul yang terdiri dari dua atom nitrogen yang terikat lemah (ikatan N–N) serta empat atom hidrogen yang dapat digantikan, disertai dua pasangan elektron bebas. Kombinasi struktur tersebut membuat hidrazin memiliki reaktivitas kimia tinggi serta berperan sebagai agen pereduksi kuat karena mudah teroksidasi dalam kondisi tertentu. Selain itu, sifat polar dari hidrazin menjadikannya berguna sebagai surfaktan dan agen pengikat hydrogen (Sari, 2025).

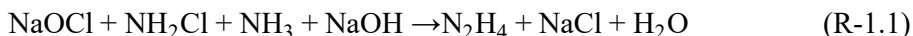
Hidrazin pertama kali diisolasi sebagai garam sulfat oleh Curtius pada tahun 1887, setelah sebelumnya Emil Fischer berhasil mengidentifikasi turunan organik pada tahun 1875. Produksi komersial hidrazin kemudian berhasil

dilakukan pada tahun 1906 oleh Raschig, yang menjadi tonggak penting dalam pengembangan senyawa ini di industri kimia (Sari, 2025).

1.3.1 Macam-Macam Proses

a. Proses Raschig Konvensional

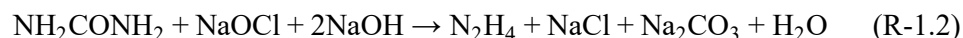
Pada tahun 1960-an, proses Raschig menjadi metode utama produksi hidrazin hidrat di luar negeri. Proses ini pertama kali digunakan secara industri pada tahun 1906 dengan mereaksikan natrium hipoklorit (NaClO) dan amonia (NH_3) menggunakan NaOH sebagai media, menghasilkan hidrazin hidrat melalui reaksi cepat pada suhu sekitar 170°C di bawah tekanan. Penambahan gelatin dapat meningkatkan hasil reaksi, namun produk yang dihasilkan masih mengandung NaCl , NaOH , dan amonia sisa, sehingga diperlukan tahap pemisahan dan penguapan lanjutan untuk memperoleh hidrazin hidrat murni. untuk menghasilkan hidrazin hidrat. Reaksi utamanya adalah sebagai berikut:



Meskipun tergolong metode yang matang dan bahan bakunya murah, proses Raschig memiliki kelemahan besar seperti rendahnya hasil reaksi (sekitar 65%), konsentrasi produk rendah (3–4%), serta konsumsi energi dan bahan baku yang tinggi akibat terbentuknya garam-garam samping. Selain itu, proses ini memerlukan pemulihan amonia berlebih yang meningkatkan biaya operasi dan peralatan. Karena efisiensinya rendah dan boros energi, sejumlah perusahaan seperti FBC (1974) di Amerika Serikat serta Uniroyal, Fairmont, dan PCUK (1981) di Prancis akhirnya menghentikan penggunaan metode ini meskipun biaya bahan bakunya lebih rendah dibandingkan metode urea (Zhou, 1995).

b. Proses Urea

Proses urea merupakan pengembangan dari proses Raschig, di mana urea menggantikan amonia sebagai sumber nitrogen untuk menghasilkan hidrazin hidrat ($\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Dalam proses ini, gas klorin (Cl_2) direaksikan dengan natrium hidroksida (NaOH) membentuk natrium hipoklorit (NaOCl), yang kemudian dioksidasi bersama urea dan NaOH dengan bantuan oksidator seperti KMnO_4 atau H_2O_2 . Reaksi utamanya adalah:



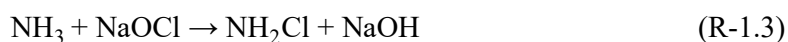
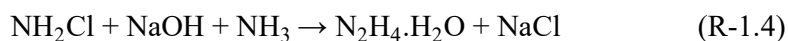
Dibandingkan proses Raschig, metode ini memiliki sistem yang lebih sederhana, biaya investasi rendah, dan tidak memerlukan sirkulasi besar reaktan berlebih. Namun, hasil hidrazin yang diperoleh relatif kecil, sehingga kurang efisien untuk memenuhi permintaan industri skala besar.

c. Proses Raschig Termodifikasi

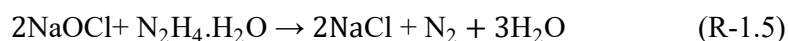
Proses pembuatan hidrazin dari amonia (NH_3) dan natrium hipoklorit (NaOCl) berlangsung melalui dua tahap reaksi utama, yaitu pembentukan senyawa antara kloramin, kemudian reaksi kloramin dengan amonia berlebih untuk menghasilkan hidrazin hidrat. Pada Raschig termodifikasi ini terjadi sistem dua reaktor yang disusun secara seri, reaksi tahap pertama dan tahap kedua dipisahkan agar kondisi operasi masing-masing dapat dikontrol dengan lebih baik. Reaktor pertama dioperasikan pada suhu rendah ($10\text{--}15\text{ }^\circ\text{C}$) dengan rasio molar $\text{NaOCl} : \text{NH}_3$ sekitar 1 : 20 untuk membentuk kloramin secara optimal tanpa menyebabkan dekomposisi hipoklorit. Setelah itu, hasil dari reaktor pertama dialirkan ke reaktor kedua yang dioperasikan pada suhu lebih

tinggi (30–50 °C) dengan penambahan amonia berlebih (Chongqing PinCui Chemical Technology, 2018).

Reaksi utama:



Reaksi Samping:



Pemisahan reaksi menjadi dua tahap memberikan beberapa keuntungan, di antaranya mampu menekan terjadinya reaksi samping antara hipoklorit atau kloramin dengan hidrazin yang telah terbentuk, sehingga meningkatkan selektivitas dan konversi produk. Berdasarkan hasil penelitian dan paten yang dikembangkan oleh Chongqing PinCui Chemical Technology Co., Ltd. (2018), metode ini menghasilkan hidrazin hidrat dengan rendemen lebih dari 90% terhadap natrium hipoklorit dan konsentrasi produk akhir di atas 10% massa, jauh lebih tinggi dibandingkan metode Raschig (1–2%). Selain meningkatkan efisiensi reaksi, proses dua tahap ini juga mengurangi kebutuhan energi untuk pemurnian dan tidak menghasilkan limbah cair organik dengan kandungan COD tinggi. Oleh karena itu, penerapan sistem dua reaktor seri pada proses NH_3 – NaOCl dapat menjadi alternatif yang lebih efisien dan ramah lingkungan

dalam produksi hidrazin skala industri (Chongqing PinCui Chemical Technology, 2018).

1.3.2 Pemilihan Proses

Tabel 1. 8 Perbandingan Proses Pembuatan Hidrazin

Sifat	Proses Pembuatan Hidrazin		
	Raschig Konvensional	Urea	Raschig Termodifikasi
Fase Bahan Baku	Gas-Cair	Solid-Cair	Cair-Cair
Bahan Baku	Amonia + Natrium Hipoklorit	Urea + Natrium Hipoklorit	Amonia + Natrium Hipoklorit
Kondisi Operasi	T= 120–130 °C P= > 1 atm	T= 100 °C P= > 1 atm	T= 0-50 °C P= > 1 atm
Konsentrasi	1-3%	10%	>10%
Yield	65-70%	70-80%	>90%

(Chongqing PinCui Chemical Technology, 2018)

Berdasarkan hasil perbandingan berbagai proses produksi hidrazin yang meliputi proses Raschig konvensional, proses berbasis urea, serta proses Raschig termodifikasi, dipilih proses Raschig termodifikasi sebagai

proses yang paling sesuai untuk dirancang. Pemilihan ini didasarkan pada beberapa pertimbangan:

- 1) Raschig termodifikasi memiliki fase reaksi cair-cair yang memungkinkan kontak antar reaktan berlangsung lebih efisien.
- 2) Raschig termodifikasi merupakan proses yang menggunakan dua reaktor terpisah yang dapat mencegah terjadinya reaksi samping antara hidrazin yang telah terbentuk dengan sisa oksidan (ion hipoklorit).
- 3) Dari sisi kondisi operasi, Raschig termodifikasi berlangsung pada kondisi suhu dan tekanan yang relatif lebih kecil, sehingga lebih aman, stabil, dan hemat energi dibandingkan dengan proses yang lain.
- 4) Proses Raschig termodifikasi menghasilkan yield yang lebih tinggi dari proses yang lainnya, yaitu mencapai lebih dari 90%.

1.3.3 Kegunaan Produk

Kegunaan produk hidrazin dalam kehidupan sehari-hari pada beberapa bidang antara lain sebagai berikut:

- a. Dalam bidang industri kimia hidrazin hidrat digunakan sebagai bahan baku penting dalam pembuatan agen pembusa (*blowing agent*) seperti azodikarbonamida.
- b. Dalam bidang pertanian digunakan sebagai bahan dasar dalam sintesis pestisida, herbisida, dan fungisida.
- c. Dalam bidang farmasi digunakan sebagai bahan (*intermediat*) dalam pembuatan obat-obatan seperti antituberkulosis dan antikanker.

- d. Dalam industri pewarna dan tekstil digunakan untuk sintesis zat warna azo serta sebagai agen pereduksi dalam proses pewarnaan agar warna lebih merata dan tahan lama.
- e. Dalam bidang fotografi digunakan sebagai agen pengembang (*developer*) untuk film.
- f. Dalam industri logam dan metalurgi digunakan sebagai agen pereduksi untuk memperoleh logam berkemurnian tinggi serta mencegah oksidasi pada permukaan logam.
- g. Dalam pengolahan air boiler digunakan sebagai *oxygen scavenger* untuk menghilangkan oksigen terlarut dalam air umpan boiler agar tidak menyebabkan korosi pada pipa dan peralatan.
- h. Dalam bidang propulsi dan energi tinggi, hidrazin digunakan sebagai bahan bakar roket atau komponen propelan karena sifatnya yang mudah terurai menghasilkan gas nitrogen dengan energi tinggi.
- i. Dalam industri polimer dan resin digunakan sebagai agen pengikat silang (*curing agent*) untuk memperkuat struktur polimer dan meningkatkan ketahanan bahan sintesis.
- j. Dalam bidang penelitian kimia digunakan sebagai reagen reduktor pada berbagai reaksi sintesis organik maupun anorganik di laboratorium.

(Wang, 2021)

1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

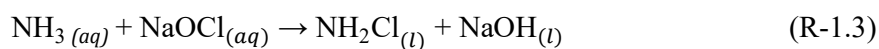
1.4.1 Tinjauan Termodinamika

a. Panas Pembentukan Standar (ΔH°_f)

Peninjauan secara termodinamika dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat reaksi endotermis atau eksotermis, jika ΔH°_f bernilai positif (+), menunjukkan bahwa sifat reaksi endotermis dan sebaliknya jika ΔH°_f bernilai negatif (-), maka sifat reaksi eksotermis. Penentuan panas reaksi yang berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung menggunakan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH°_f) pada tekanan atmosferik ($P = 1 \text{ atm}$) dan $T = 298 \text{ K}$. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut:

- Reaksi 1 (Pembentukan Monokloramina)

Persamaan reaksi:



Data panas reaksi pembentukan masing-masing komponen dalam reaksi pembentukan monokloramina (reaksi persamaan 1) pada suhu 298 K dapat dilihat pada Tabel 1.7

Tabel 1. 9 Harga ΔH°_f Setiap Komponen

Komponen	ΔH°_f 298 K (kJ/mol)
NH ₃	-45,94
NaOCl	-347,3
NH ₂ Cl	-22,7

Komponen	ΔH°_f 298 K (kJ/mol)
NaOH	-469,15

(Lange's, 1999)

ΔH_r persamaan (1) pada suhu 25°C atau 298 K

$$\Delta H^\circ_{r298\text{ K}} = \Delta H^\circ_{f\text{ produk}} - \Delta H^\circ_{f\text{ reaktan}} \quad (\text{E-1.5})$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{f\text{ produk}} &= [(\Delta H^\circ_f \text{NH}_2\text{Cl}) + (\Delta H^\circ_f \text{NaOH})] \\ &= (22,7) \text{ kJ/mol} + (-469,15) \text{ kJ/mol} \\ &= -491,85 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{f\text{ reaktan}} &= [(\Delta H^\circ_f \text{NH}_3) + (\Delta H^\circ_f \text{NaOCl})] \\ &= (-45,94) \text{ kJ/mol} + (-347,3) \text{ kJ/mol} \\ &= -393,24 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\Delta H^\circ_{r298\text{ K}} = \Delta H^\circ_{f\text{ produk}} - \Delta H^\circ_{f\text{ reaktan}}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{r298\text{ K}} &= (-491,85) \text{ kJ/mol} - (-393,24) \text{ kJ/mol} \\ &= -98,61 \text{ kJ/mol (reaksi eksotermis)} \end{aligned}$$

ΔH°_r persamaan (1) pada suhu 10°C atau 283 K

$$C_p = A + B T + C T^2 + D T^3 \quad (\text{E-1.6})$$

Tabel 1. 10. Koefisien Regresi untuk Komponen Kimia

Komponen	Koefisien Regresi				Nilai Cp, 298 K (kJ/mol. K)
	A	B	C	D	
NH3	-182,16	3,36E+00	-1,44E-02	2,04E-05	0,078
NaOCl	127,60	-6,02E-01	1,58E-03	-5,31E-07	0,072
NH2Cl	43,12	-1,23E-01	1,29E-04	8,27E-07	0,038
NaOH	87,64	-4,84E-04	-4,54E-06	1,19E-09	0,087

(Yaws, 1997)

$$\Delta H^{\circ}_{r\ 283\ K} = \Delta_r \Delta H^{\circ}_{r\ 298\ K} + \int_{283}^{298} \Delta_r C_p^{\circ} dT \quad (E-1.7)$$

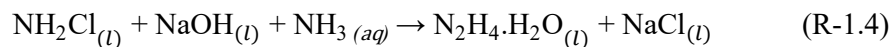
(Atkins, 2006)

$$\begin{aligned} \Delta H^{\circ}_{r\ 283\ K} = & -98,61 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + (0,078 \text{ kJ/mol.K} + 0,072 \text{ kJ/mol.K} \times (298\ \text{K} - 283\ \text{K})) \\ & - (0,078 \text{ kJ/mol.K} + 0,072 \text{ kJ/mol.K} + 0,038 \text{ kJ/mol.K} + 0,087 \text{ kJ/mol.K} \times \\ & (298\ \text{K} - 283\ \text{K})) \end{aligned}$$

$$\Delta H^{\circ}_{r\ 276\ K} = -96,74 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \text{ (reaksi eksotermis)}$$

- Reaksi 2 (Pembentukan Hidrazin)

Persamaan reaksi:



Data panas reaksi pembentukan masing-masing komponen dalam reaksi pembentukan monokloramina (reaksi persamaan 2) pada suhu 25 °C atau 298 K dapat dilihat pada Tabel 1.11

Tabel 1. 11 Harga ΔH°_f Setiap Komponen

Komponen	$\Delta H^\circ_{r\ 298\ K} \text{ (kJ/mol)}$
N_2H_4	50,6
NH_3	-45,94
H_2O	-285,83
$NaCl$	-407,27
NH_2Cl	-22,7
$NaOH$	-469,15

(Lange's, 1999)

ΔH°_r persamaan (2) pada suhu 25°C atau 298 K

$$\Delta H^\circ_{r298\ K} = \Delta H^\circ_{f\text{produk}} - \Delta H^\circ_{f\text{reaktan}} \quad (\text{E-1.5})$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{f\text{produk}} &= [(\Delta H^\circ_f N_2H_4 + H_2O) + (\Delta H^\circ_f NaCl)] \\ &= (95,40 + (-285,83)) \text{ kJ/mol} + (-407,27) \text{ kJ/mol} \\ &= -597,70 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{f\text{reaktan}} &= [(\Delta H^\circ_f NH_2Cl) + (\Delta H^\circ_f NaOH) + (\Delta H^\circ_f NH_3)] \\ &= (-22,7) \text{ kJ/mol} + (-469,15) \text{ kJ/mol} + (-45,94) \text{ kJ/mol} \\ &= -537,79 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\Delta H^\circ_{r298\ K} = \Delta H^\circ_{f\text{produk}} - \Delta H^\circ_{f\text{reaktan}}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{r298\ K} &= (-597,70) \text{ kJ/mol} - (-537,79) \text{ kJ/mol} \\ &= -59,91 \text{ kJ/mol. K (reaksi eksotermis)} \end{aligned}$$

ΔH_r persamaan (2) pada suhu 40°C atau 313 K

$$C_p = A + B T + C T^2 + D T^3 \quad (\text{E-1.6})$$

Tabel 1. 12 Koefisien Regresi untuk Komponen Kimia

Komponen	Koefisien Regresi				Nilai Cp, 298 K (kJ/mol. K)
	A	B	C	D	
N ₂ H ₄	71,025	0,24083	-8,2965E-04	1,1247E-06	0,100
NH ₃	-182,15	3,3618E+00	-1,4398E-02	2,0371E-05	0,084
H ₂ O	92,053	-0,039953	-2,1103E-04	5,3469E-07	0,075
NaCl	95,016	-0,031081	9,6789E-07	5,5116E-09	0,086
NH ₂ Cl	43,121	-1,2264E-01	1,2936E-04	8,2668E-07	0,043
NaOH	87,639	-4,8368E-04	-4,5423E-06	1,1863E-09	0,087

(Yaw's, 1999)

$$\Delta H^{\circ}_{r_{313\text{ K}}} = \Delta H^{\circ}_{r_{298\text{ K}}} + \int_{298}^{313} \Delta_r C_p^{\circ} dT \quad (\text{E-1.7})$$

(Atkins, 2006)

$$\Delta H^{\circ}_{r_{313\text{ K}}} = -59,91 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + (0,043 \text{ kJ/mol.K} + 0,087 \text{ kJ/mol.K} + 0,084 \text{ kJ/mol.K} \times (313 \text{ K} - 298 \text{ K}))$$

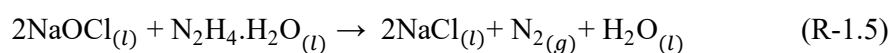
$$- (0,100 \text{ kJ/mol.K} + 0,086 \text{ kJ/mol.K} + 0,182 \text{ kJ/mol.K} \times 0,043 \text{ kJ/mol.K} + 0,087 \text{ kJ/mol.K}$$

$$+ 0,084 \text{ kJ/mol.K} \times (313 \text{ K} - 298 \text{ K}))$$

$$\Delta H^{\circ}_{r_{313\text{ K}}} = -63,82 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \text{ (reaksi eksotermis)}$$

- Reaksi 3 (Reaksi samping dari pembentukan hidrazin)

Persamaan reaksi:



Data panas reaksi pembentukan masing-masing komponen dalam reaksi samping (reaksi persamaan 3) pada suhu 25°C atau 298 K dapat dilihat pada Tabel 1.8

Tabel 1. 13 Harga ΔH°_f Setiap Komponen

Komponen	$\Delta H^\circ_{f, 298\text{ K}} \text{ (kJ/mol)}$
NaOCl	-347,3
N ₂ H ₄ .H ₂ O	95,4
NaCl	-407,27
N ₂	0
H ₂ O	-285,83

(Lange's, 1999)

ΔH°_r persamaan (2) pada suhu 25°C atau 298 K

$$\Delta H^\circ_{r, 298\text{ K}} = \Delta H^\circ_{f, \text{produk}} - \Delta H^\circ_{f, \text{reaktan}} \quad (\text{E-1.5})$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{f, \text{produk}} &= [(\Delta H^\circ_f 2\text{NaCl}) + (\Delta H^\circ_f \text{N}_2) + 3\text{H}_2\text{O}_{(l)}] \\ &= (2 \times (-407,27) \text{ kJ/mol} + (0) \text{ kJ/mol} + 3 \times (-285,83) \\ &\text{kJ/mol} \\ &= -1.672,03 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{f, \text{reaktan}} &= [(\Delta H^\circ_f 2\text{NaOCl}) + (\Delta H^\circ_f \text{N}_2\text{H}_4 + (\Delta H^\circ_f 3\text{H}_2\text{O}))] \\ &= 2 \times (-347,3) \text{ kJ/mol} + (95,40) \text{ kJ/mol} \\ &= -599,20 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\Delta H^\circ_{r, 298\text{ K}} = \Delta H^\circ_{f, \text{produk}} - \Delta H^\circ_{f, \text{reaktan}}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{r, 298\text{ K}} &= -1.672,03 \text{ kJ/mol} - (-599,20) \text{ kJ/mol} \\ &= -787,00 \text{ kJ/mol. K (reaksi eksotermis)} \end{aligned}$$

ΔH_r persamaan (2) pada suhu 40°C atau 313 K

$$C_p = A + B T + C T^2 + D T^3 \quad (E-1.6)$$

Tabel 1. 14 Koefisien Regresi untuk Komponen Kimia

Komponen	Koefisien Regresi					Nilai Cp, 298 K (kJ/mol. K)
	A	B	C	D	E	
N2	29,34	-3,54E-03	1,01E-05	-4,31E-09	2,59E-13	0,029
H2O	92,05	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07		0,075
NaOCl	127,60	-6,02E-01	1,58E-03	-5,31E-07		0,077
N2H4	71,03	2,41E-01	-8,30E-04	1,12E-06		0,100
NaCl	95,02	-3,11E-02	9,68E-07	5,51E-09		0,086

(Yaw's, 1999)

$$\Delta H^{\circ}_{r_{313\text{ K}}} = \Delta H^{\circ}_{r_{298\text{ K}}} + \int_{298}^{313} \Delta_r C_p^{\circ} dT \quad (E-1.7)$$

(Atkins, 2006)

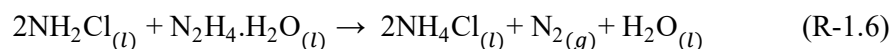
$$\Delta H^{\circ}_{r_{313\text{ K}}} = -787,00 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + (2 \times (0,077 \text{ kJ/mol.K} + 0,100 \text{ kJ/mol.K} \times (313 \text{ K} - 298 \text{ K})))$$

$$- (2 \times (0,086 \text{ kJ/mol.K} + 0,029 \text{ kJ/mol.K} + 0,075 \text{ kJ/mol.K} \times (313 \text{ K} - 298 \text{ K})))$$

$$\Delta H^{\circ}_{r_{313\text{ K}}} = -789,57 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \text{ (reaksi eksotermis)}$$

- Reaksi 4 (Reaksi samping dari pembentukan hidrazin)

Persamaan reaksi:



Data panas reaksi pembentukan masing-masing komponen dalam reaksi samping (reaksi persamaan 4) pada suhu 25°C atau 298 K dapat dilihat pada Tabel 1.8

Tabel 1. 15 Harga ΔH°_f Setiap Komponen

Komponen	$\Delta H^\circ_{f, 298 K} \text{ (kJ/mol)}$
NH ₂ Cl	-22,7
N ₂ H ₄	95,4
NH ₄ Cl	-314,4
N ₂	0
H ₂ O	-285,83

(Lange's, 1999)

ΔH°_r persamaan (2) pada suhu 25°C atau 298 K

$$\Delta H^\circ_{r, 298 K} = \Delta H^\circ_{f, \text{produk}} - \Delta H^\circ_{f, \text{reaktan}} \quad (\text{E-1.5})$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{f, \text{produk}} &= [(\Delta H^\circ_f 2\text{NH}_4\text{Cl}) + (\Delta H^\circ_f \text{N}_2) + (\Delta H^\circ_f 3\text{H}_2\text{O})] \\ &= (2 \times (-314,4) \text{ kJ/mol} + (0) \text{ kJ/mol} + 3 \times (-285,83) \text{ kJ/mol}) \\ &= -914,6 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{f, \text{reaktan}} &= [(\Delta H^\circ_f 2\text{NH}_2\text{Cl}) + (\Delta H^\circ_f \text{N}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O})] \\ &= 2 \times (-22,7) \text{ kJ/mol} + (95,40) \text{ kJ/mol} \\ &= 50,00 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\Delta H^\circ_{r, 298 K} = \Delta H^\circ_{f, \text{produk}} - \Delta H^\circ_{f, \text{reaktan}}$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ_{r, 298 K} &= (-914,6) \text{ kJ/mol} - (50) \text{ kJ/mol} \\ &= -964,63 \text{ kJ/mol. K (reaksi eksotermis)} \end{aligned}$$

ΔH_r persamaan (2) pada suhu 40°C atau 313 K

$$C_p = A + B T + C T^2 + D T^3 \quad (E-1.6)$$

Tabel 1. 16 Koefisien Regresi untuk Komponen Kimia

Komponen	Koefisien Regresi					Nilai Cp, 298 K (kJ/mol. K)
	A	B	C	D	E	
N2	29,34	-3,54E-03	1,01E-05	-4,31E-09	2,59E-13	0,029
H2O	92,05	-4,00E-02	-2,11E-04	5,35E-07		0,075
NH2Cl	43,12	-1,23E-01	1,29E-04	8,27E-07		0,043
N2H4	71,03	2,41E-01	-8,30E-04	1,12E-06		0,100
NH4Cl	2101,47	-1,12E+04	2,33E+04	-1,70E+04	-2,68E+01	0,089

(Yaw's, 1999)

$$\Delta H^\circ_{r_{313\text{ K}}} = \Delta H^\circ_{r_{298\text{ K}}} + \int_{298}^{313} \Delta_r C_p^\circ dT \quad (E-1.7)$$

(Atkins, 2006)

$$\Delta H^\circ_{r_{313\text{ K}}} = -964,63 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} + (2 \times (0,043 \text{ kJ/mol.K} + 0,100 \text{ kJ/mol.K} \times (313 \text{ K} - 298 \text{ K}))$$

$$- (2 \times (0,089 \text{ kJ/mol.K} + 0 \text{ kJ/mol.K} + 0,075 \text{ kJ/mol.K} \times (313 \text{ K} - 298 \text{ K}))$$

$$\Delta H^\circ_{r_{313\text{ K}}} = -966,10 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \text{ (reaksi eksotermis)}$$

b. Energi Bebas Gibbs (ΔG°_f)

Perhitungan energi bebas Gibbs (ΔG°_f) digunakan untuk memprediksi apakah reaksi kimia cenderung berlangsung spontan atau tidak. Jika ΔG°_f bernilai positif (+), itu menunjukkan bahwa reaksi tidak dapat terjadi secara spontan dan memerlukan energi tambahan yang cukup besar dari luar.

Sebaliknya, jika ΔG°_f bernilai negatif (-), reaksi dapat terjadi secara spontan dengan kebutuhan energi yang minimal.

Untuk mengetahui reaksi termasuk ke dalam reaksi reversible (bolak-balik) atau irreversible (searah), dilakukan perhitungan harga tetapan kesetimbangan (K).

Persamaan:

$$\Delta G^\circ = \sum(n\Delta G^\circ_f)\text{produk} - \sum(n\Delta G^\circ_f)\text{reaktan} \quad (\text{E-1.8})$$

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K \quad (\text{E-1.9})$$

(Smith J. M. and Van Ness H.C, 2018)

Maka:

$$K = \exp\left(\frac{-\Delta G^\circ}{RT}\right) \quad (\text{E-1.10})$$

Dengan:

ΔG° : Energi bebas Gibbs standard (kJ/mol)

T : Temperatur (K)

R : Tetapan gas ($8,314 \times 10^{-3}$ kJ/mol K)

K : Konstanta kesetimbangan pada 298 K

(Smith J. M. and Van Ness H.C, 2018)

Dari persamaan:

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = -\frac{\Delta H^\circ_{r298 K}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (\text{E-1.11})$$

Dengan:

K₂ : Konstanta Kesetimbangan pada suhu tertentu

T₁ : Suhu tertentu (K)

ΔH°_{r298} : Panas reaksi pada 298 K

(Smith J. M. and Van Ness H.C, 2018)

- Reaksi 1 (Pembentukan Monokloramina)

Berdasarkan data dari Lange's (1999), nilai ΔG°_f untuk masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 1.9 di bawah ini.

Tabel 1. 17 Harga ΔG°_f Setiap Komponen

Komponen	$\Delta G^\circ_{f298\text{ K}}$ (kJ/mol)
NH ₃	-16,4
NaOCl	298,7
NH ₂ Cl	-14,3
NaOH	-419,2

(Lange's, 1999)

ΔG°_f persamaan (1) pada suhu referensi 25°C atau 298 K

$$\Delta G^\circ = \sum(n\Delta G^\circ_f)\text{produk} - \sum(n\Delta G^\circ_f)\text{reaktan}$$

(E-1.8)

$$\Delta G^\circ_{f\text{ produk}} = [(\Delta G^\circ_f \text{NH}_2\text{Cl}) + (\Delta G^\circ_f \text{NaOH})]$$

$$= (-14,3) \text{ kJ/mol} + (-419,2) \text{ kJ/mol}$$

$$= -433,5 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ_{f\text{ reaktan}} = [(\Delta G^\circ_f \text{NH}_3) + (\Delta G^\circ_f \text{NaOCl})]$$

$$= (-16,4) \text{ kJ/mol} + (298,7) \text{ kJ/mol}$$

$$= 286,4 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ_{r298\text{ K}} = \Delta G^\circ_{f\text{ produk}} - \Delta G^\circ_{f\text{ reaktan}} \quad (\text{E-1.8})$$

$$\begin{aligned}\Delta G^{\circ}_{r\ 298\ K} &= ((-433,5) \text{ kJ/mol} - (282,3) \text{ kJ/mol}) \\ &= -147,1 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

$$K = \exp\left(\frac{-\Delta G^{\circ}}{RT}\right) \quad (\text{E-1.10})$$

$$\begin{aligned}K &= \exp\left(\frac{-(-147,1 \text{ kJ/mol})}{(8,314 \times 10^{-3}) \text{ kJ/mol.K} \times 298 \text{ K}}\right) \\ &= 6,10 \times 10^{25}\end{aligned}$$

Harga tetapan kesetimbangan persamaan (1) pada suhu 10°C atau 283 K

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = -\frac{\Delta H^{\circ}_r\ 298\ K}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (\text{E-1.11})$$

(Smith J. M. and Van Ness H.C, 2018)

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{-98,74 \text{ kJ/mol.K}}{0,008314 \text{ kJ/mol.K}} \left(\frac{1}{298 \text{ K}} - \frac{1}{276 \text{ K}} \right)$$

$$\ln \frac{2,97 \times 10^{125}}{K_1} = \frac{-98,74 \text{ kJ/mol.K}}{0,008314 \text{ kJ/mol.K}} \left(\frac{1}{298 \text{ K}} - \frac{1}{276 \text{ K}} \right)$$

$$K = 1,24 \times 10^{124}$$

- **Reaksi 2 (Pembentukan Hidrazin)**

Berdasarkan data dari Lange's (1999), nilai ΔG°_f untuk masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 1.9 di bawah ini.

Tabel 1. 18 Harga ΔG°_f Setiap Komponen

Komponen	$\Delta G^{\circ}_{f\ 298\ K} \text{ (kJ/mol)}$
N ₂ H ₄	149,3
NH ₃	-16,4
H ₂ O	-237,14

Komponen	$\Delta G^\circ_{f\ 298\ K} \text{ (kJ/mol)}$
NaCl	-393,17
NH ₂ Cl	-14,3
NaOH	-419,2

(Lange's, 1999)

ΔG°_f persamaan (2) pada suhu referensi 25°C atau 298 K

$$\Delta G^\circ = \sum(n\Delta G^\circ_f)\text{produk} - \sum(n\Delta G^\circ_f)\text{reaktan} \quad (\text{E-1.8})$$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_{f\text{ produk}} &= [(\Delta G^\circ_f \text{N}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}) + (\Delta G^\circ_f \text{NaCl})] \\ &= (149,3 + (-237,14)) \text{ kJ/mol} + (-393,17) \text{ kJ/mol} \\ &= -481,01 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_{f\text{ reaktan}} &= [(\Delta G^\circ_f \text{NH}_2\text{Cl}) + (\Delta G^\circ_f \text{NaOH}) + (\Delta G^\circ_f \text{NH}_3)] \\ &= (-14,3) \text{ kJ/mol} + (-419,2) \text{ kJ/mol} + (-16,4) \text{ kJ/mol} \\ &= -449,9 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\Delta G^\circ_{r\ 298\ K} = \Delta G^\circ_{f\text{ produk}} - \Delta G^\circ_{f\text{ reaktan}} \quad (\text{E-1.8})$$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_{r\ 298\ K} &= (-481,01) \text{ kJ/mol} - (-449,9) \text{ kJ/mol} \\ &= -31,11 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$K = \exp\left(\frac{-\Delta G^\circ}{RT}\right) \quad (\text{E-1.10})$$

$$\begin{aligned} K &= \exp\left(\frac{-(-31,11 \text{ kJ/mol})}{(8,314 \times 10^{-3}) \text{ kJ/mol.K} \times 298 \text{ K}}\right) \\ &= 2,84 \times 10^5 \end{aligned}$$

**Harga tetapan kesetimbangan persamaan (2) pada suhu 40°C
atau 313 K**

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = -\frac{\Delta H^\circ}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (\text{E-1.11})$$

(Smith J. M. and Van Ness H.C, 2018)

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{-63,82 \text{ kJ/mol.K}}{0,008314 \text{ kJ/mol.K}} \left(\frac{1}{313 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right)$$

$$\ln \frac{K_2}{2,84 \times 10^5} = \frac{-63,82 \text{ kJ/mol.K}}{0,008314 \text{ kJ/mol.K}} \left(\frac{1}{313 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right)$$

$$K = 2,15 \times 10^6$$

- **Reaksi 3 (Reaksi Samping)**

Berdasarkan data dari Lange's (1999), nilai ΔG°_f untuk masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 1.9 di bawah ini.

Tabel 1. 19 Harga ΔG°_f Setiap Komponen

Komponen	$\Delta G^\circ_{f298 \text{ K}} \text{ (kJ/mol)}$
NaOCl	-270
N ₂ H ₄ .H ₂ O	149,3
NaCl	-393,17
N ₂	0
H ₂ O	-237,14

(Lange's, 1999)

ΔG°_f persamaan (3) pada suhu referensi 25°C atau 298 K

$$\Delta G^\circ = \sum (n \Delta G^\circ_f)_{\text{produk}} - \sum (n \Delta G^\circ_f)_{\text{reaktan}}$$

(E-1.8)

$$\begin{aligned}
\Delta G^{\circ}_{f \text{ produk}} &= [(\Delta G^{\circ}f \text{ 2NaCl}) + (\Delta G^{\circ}f \text{ N}_2) + (\Delta G^{\circ}f \text{ 3H}_2\text{O})] \\
&= (2 \times (-393,17)) \text{ kJ/mol} + 0 \text{ kJ/mol} + 3 \times (-237,14) \\
&\text{ kJ/mol} \\
&= -1.497,8 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\Delta G^{\circ}_{f \text{ reaktan}} &= [(\Delta G^{\circ}f \text{ 2NaOCl}) + (\Delta G^{\circ}f \text{ N}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O})] \\
&= (-270) \text{ kJ/mol} + (149,3) \text{ kJ/mol} + (-237,14) \text{ kJ/mol} \\
&= -390,7 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

$$\Delta G^{\circ}_{r \text{ 298 K}} = \Delta G^{\circ}_{f \text{ produk}} - \Delta G^{\circ}_{f \text{ reaktan}}$$

(E-1.8)

$$\begin{aligned}
\Delta G^{\circ}_{r \text{ 298 K}} &= (-1.497,8 \text{ kJ/mol} - (-390,7) \text{ kJ/mol}) \\
&= -1107,06 \text{ kJ/mol}
\end{aligned}$$

$$K = \exp\left(\frac{-\Delta G^{\circ}}{RT}\right) \quad (\text{E-1.10})$$

$$\begin{aligned}
K &= \exp\left(\frac{-(-1107,06 \text{ kJ/mol})}{(8,314 \times 10^{-3}) \text{ kJ/mol.K} \times 298 \text{ K}}\right) \\
&= 1,14 \times 10^{194}
\end{aligned}$$

Harga tetapan kesetimbangan persamaan (3) pada suhu 40°C

atau 313 K

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = -\frac{\Delta H^{\circ}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (\text{E-1.11})$$

(Smith J. M. and Van Ness H.C, 2018)

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{-789,57 \text{ kJ/mol.K}}{0,008314 \text{ kJ/mol.K}} \left(\frac{1}{313 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right)$$

$$\ln \frac{K_2}{2,84 \times 10^5} = \frac{-789,57 \text{ kJ/mol.K}}{0,008314 \text{ kJ/mol.K}} \left(\frac{1}{313 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right)$$

$$K = 1,16 \times 10^{194}$$

- Reaksi 4 (Reaksi Samping)

Berdasarkan data dari Lange's (1999), nilai ΔG°_f untuk masing-masing komponen dapat dilihat pada Tabel 1.9 di bawah ini.

Tabel 1. 20 Harga ΔG°_f Setiap Komponen

Komponen	$\Delta G^\circ_{f\ 298\ K}\ (kJ/mol)$
NH ₂ Cl	-14,3
N ₂ H ₄	149,3
NH ₄ Cl	-202,7
N ₂	0
H ₂ O	-237,14

(Lange's, 1999)

ΔG°_f persamaan (4) pada suhu referensi 25°C atau 298 K

$$\Delta G^\circ = \sum(n\Delta G^\circ_f)\text{produk} - \sum(n\Delta G^\circ_f)\text{reaktan}$$

(E-1.8)

$$\Delta G^\circ_{f\ \text{produk}} = [(\Delta G^\circ_f\ 2\text{NH}_4\text{Cl}) + (\Delta G^\circ_f\ \text{N}_2) + (\Delta G^\circ_f\ 3\text{H}_2\text{O})]$$

$$= (2 \times (-202,7))\ \text{kJ/mol} + 0\ \text{kJ/mol} + 3 \times (-237,14)$$

$$\text{kJ/mol}$$

$$= -642,5\ \text{kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ_{f\ \text{reaktan}} = [(\Delta G^\circ_f\ 2\text{NH}_2\text{Cl}) + (\Delta G^\circ_f\ \text{N}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O})]$$

$$= (-14,3)\ \text{kJ/mol} + (149,3)\ \text{kJ/mol} + (-237,14)\ \text{kJ/mol}$$

$$= 120,7\ \text{kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ_{r\ 298\ K} = \Delta G^\circ_{f\ \text{produk}} - \Delta G^\circ_{f\ \text{reaktan}}$$

(E-1.8)

$$\Delta G^{\circ}_{r, 298 K} = (-642,5) \text{ kJ/mol} - 120,7 \text{ kJ/mol}$$

$$= -763,24 \text{ kJ/mol}$$

$$K = \exp\left(\frac{-\Delta G^{\circ}}{RT}\right) \quad (\text{E-1.10})$$

$$K = \exp\left(\frac{-(-763,24 \text{ kJ/mol})}{(8,314 \times 10^{-3}) \text{ kJ/mol.K} \times 298 \text{ K}}\right)$$

$$= 6,15 \times 10^{133}$$

Harga tetapan kesetimbangan persamaan (4) pada suhu 40°C

atau 313 K

$$\ln \frac{K_2}{K_1} = -\frac{\Delta H^{\circ}}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (\text{E-1.11})$$

(Smith J. M. and Van Ness H.C, 2018)

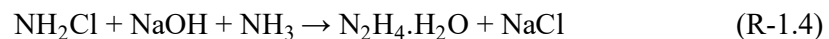
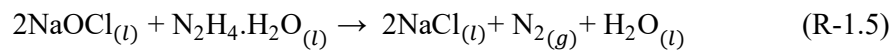
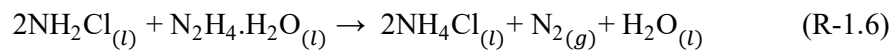
$$\ln \frac{K_2}{K_1} = \frac{-964,63 \text{ kJ/mol.K}}{0,008314 \text{ kJ/mol.K}} \left(\frac{1}{313 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right)$$

$$\ln \frac{K_2}{2,84 \times 10^5} = \frac{-964,63 \text{ kJ/mol.K}}{0,008314 \text{ kJ/mol.K}} \left(\frac{1}{313 \text{ K}} - \frac{1}{298 \text{ K}} \right)$$

$$K = 6,15 \times 10^{133}$$

1.4.2 Tinjauan Kinetika Reaksi

Persamaan kinetika reaksi untuk reaksi pembuatan hidrazin adalah:



Orde reaksinya merupakan orde reaksi dua, sehingga:

$$-r_a = k \cdot C_A \cdot C_B \quad (\text{E-1.12})$$

Dimana:

k = konstanta laju reaksi

C = konsentrasi

T = Temperatur (K)

Dengan nilai k sebagai berikut:

$$k_1 = 1,05 \times 10^{12} \exp(-74000/RT) + (5,6 \times 10^7 \exp(-68100/RT))$$

(E-1.14)

(Yagil, 1962)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk

Spesifikasi produk pada proses pembuatan hidrazin dari amonia dan natrium hipoklorit adalah:

2.1.1 Produk utama (Hidrazin)

1. Sifat Fisika

Nama senyawa	: Hidrazin
Rumus kimia	: N_2H_4
Fase	: Cair
Bau	: Seperti amonia
Warna	: Tidak berwarna
Berat molekul	: 32,05 gr/mol
Titik didih	: 118 °C
Titik beku	: -60 °C
Densitas	: 1,02 gr/cm ³ (T= 20°C)
Specific gravity	: 1,011
Konsentrasi	: 80%
<i>Impurities</i>	: 20% (H ₂ O)
Yield	: >92%

(MSDS Merck Millipore, 2006)

2. Sifat Kimia

- Bersifat reduktor kuat dan sangat reaktif terhadap oksidator, logam berat, asam, halogen, dan senyawa nitro.
- Dapat membentuk campuran mudah meledak dengan udara saat dipanaskan terus-menerus.
- Stabil pada suhu ruang dalam kondisi tertutup dan berventilasi baik; risiko ledakan bila didistilasi.
- Bersifat korosif terhadap kulit, logam, dan kaca.
- Mudah terbakar (flammable liquid kategori 3).
- Dapat menyebabkan reaksi eksotermik hebat dengan bahan tertentu.

2.1.2 Produk samping (air dan garam)

1. Sifat Fisika

Tabel 2. 1 Spesifikasi produk samping

Sifat fisik	Nama senyawa	
	Air	Garam
Rumus kimia	H ₂ O	NaCl
Fase	Cair	padat
Bau	Tidak berbau	tidak berbau
Warna	Tidak berwarna	tidak berwarna
Berat molekul (gr/mol)	18,016	58,45
Titik didih (°C)	100	1413
Titik beku (°C)	0	801
Densitas (gr/cm ³)	1 (T= 4°C)	2.16 (T= 25°C)
Specific gravity	1	2,163
Konsentrasi	-	95%
<i>Impurities</i>	-	5%

2. Sifat Kimia

Air (H₂O)

- Dapat bereaksi dengan beberapa senyawa kimia aktif seperti logam alkali (misalnya natrium, kalium) dan senyawa tertentu yang sangat reaktif.

- Stabil di bawah kondisi suhu dan tekanan normal. Tidak mudah terurai atau berubah komposisi kimianya dalam kondisi penyimpanan standar.
- Tidak korosif secara umum, namun dapat menyebabkan korosi jangka panjang pada logam tertentu seperti besi dan baja melalui proses oksidasi.
- Tidak mudah terbakar, tetapi dapat memicu reaksi berbahaya bila bercampur dengan bahan kimia reaktif.

(MSDS Merck Millipore, 2022)

Garam (NaCl)

- Bersifat stabil dan tidak mudah bereaksi di bawah kondisi normal. Namun, dalam kondisi tertentu dapat bereaksi dengan logam basa seperti litium dan menghasilkan reaksi eksotermik.
- NaCl stabil pada suhu ruang dan tidak mudah terurai dalam kondisi lingkungan normal.
- Tidak korosif.
- Tidak memiliki sifat sebagai bahan oksidator.
- Tidak mudah terbakar.

(MSDS Merck Millipore, 2022)

2.2 Spesifikasi Bahan Baku

2.2.1 Sifat Fisika Bahan Baku

Tabel 2. 2. Spesifikasi bahan baku

Sifat fisik	Nama senyawa			
	Amonia	Natrium hipoklorit	Monokloramina	Natrium hidroksida
Rumus kimia	NH ₃	NaOCl	NH ₂ Cl	NaOH
Fase	cair	cair	cair	padat
Bau	pedih	berbau klor	tidak berbau	tidak berbau
Warna	tidak berwarna	hijau muda	tidak berwarna	putih
Berat molekul (gr/mol)	17,03	74,45	51,48	40
Titik didih (°C)	-37,7	102	-	1390
Titik beku (°C)	-57,5	-20	-66	318

Sifat fisik	Nama senyawa			
	Amonia	Natrium hipoklorit	Monokloramina	Natrium hidroksida
Densitas (gr/cm ³)	0,903 (T=20°C)	1,22	1,18	2,13 (T=20°C)
Specific gravity	0,817	-	-	2,13
Kemurnian	99,2%	12%	95%	98%
Impurities	0,08% H ₂ O	88% (NaCl, dan H ₂ O)	5%	2%

(MSDS Merck Millipore, 2025)

2.2.2 Sifat Kimia Bahan Baku

1. Amonia

- Dapat bereaksi dengan berbagai zat seperti oksidator kuat, halogen, asam, logam berat, dan natrium hipoklorit.
- Stabil pada kondisi suhu dan tekanan normal.
- Reaksi eksotermik dengan senyawa seperti asam kuat, peroksida, halogen, serta senyawa logam.
- Bersifat sangat korosif terhadap kulit, mata, dan logam tertentu (aluminium, tembaga, seng).
- Sangat toksik terhadap organisme perairan dan dapat menyebabkan efek jangka Panjang di lingkungan air.

(MSDS Merck Millipore, 2025)

2. Natrium Hipoklorit

- Melepaskan gas beracun (klorin) bila bereaksi dengan asam.
- Stabil dalam kondisi normal, namun sensitive terhadap panas, cahaya, dan air.
- Bereaksi dengan asam, amonia, dan bahan organik menghasilkan gas beracun (klorin dan kloramina).
- Korosif terhadap logam, terutama bila larutan pekat.
- Sangat toksik terhadap biota air, membentuk larutan korosif dengan air bahkan setelah diencerkan.

(MSDS Merck Millipore, 2025)

3. Monokloramina

- Monokloramina relatif larut dalam air, namun pada bentuk pekat dan kering dapat sangat tidak stabil.
- Peka terhadap cahaya, perubahan suhu, dan perubahan pH.
- Senyawa ini stabil dalam larutan eter, namun dalam bentuk tanpa pelarut (murni) akan terdekomposisi secara hebat, dapat bersifat eksplosif.
- Ketika dipanaskan sampai dekomposisi, monokloramina dapat menghasilkan gas tambahan yang sangat toksik seperti oksida nitrogen (nitrogen oxides), amonia (NH_3) dan gas klorida (HCl) atau gas-klorin.

(NTP, 1992)

4. Natrium Hidroksida

- Reaktif terhadap air, asam, halogen, dan berbagai bahan organik.

- Stabil di bawah kondisi penyimpanan standar (kering dan tertutup rapat).
- Reaksi eksotermik kuat dengan air dan asam menghasilkan panas dan uap korosif.
- Sangat korosif terhadap logam serta jaringan tubuh manusia.
- Menyebabkan perubahan pH signifikan pada lingkungan air dan bersifat toksik bagi organisme air pada konsentrasi tinggi.

(MSDS Merck Millipore, 2025)

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) merupakan aktivitas terpadu dalam suatu perusahaan yang berfungsi menjaga dan mempertahankan mutu produk agar tetap berjalan baik serta sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Kegiatan ini juga berperan sebagai bagian dari manajemen perusahaan yang bertujuan mengarahkan dan memastikan agar kualitas produk maupun jasa tetap konsisten dengan perencanaan dan spesifikasi yang telah ditetapkan sebelumnya.

2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas bahan baku merupakan proses penting dalam industri kimia yang bertujuan memastikan bahwa seluruh bahan yang digunakan dalam proses produksi memenuhi standar mutu dan spesifikasi teknis yang telah ditentukan. Kegiatan ini meliputi pemeriksaan fisik, kimia, serta uji kesesuaian karakteristik bahan sebelum digunakan dalam reaksi atau tahap produksi berikutnya. Fungsi utama pengendalian kualitas bahan baku adalah mencegah terjadinya penyimpangan mutu produk akhir, menjaga kestabilan proses produksi, serta mengurangi potensi kerugian akibat bahan yang tidak

sesuai standar. Dengan penerapan sistem pengawasan yang baik terhadap bahan baku, perusahaan dapat meningkatkan efisiensi proses, menjamin konsistensi hasil, dan menjaga kepercayaan pelanggan terhadap mutu produk yang dihasilkan.

2.3.2 Pengendalian Kualitas Proses Produksi

Kelancaran dalam pelaksanaan proses produksi ditentukan oleh sistem produksi yang ada di dalam perusahaan tersebut. Baik buruknya sistem produksi dalam suatu perusahaan akan mempengaruhi pelaksanaan proses produksi dalam perusahaan yang bersangkutan. Jika proses produksi yang terjadi dalam perusahaan baik, maka akan menghasilkan barang atau jasa dengan kualitas yang baik, demikian sebaliknya. Untuk menghindari hal tersebut maka perlu adanya pengendalian dalam suatu proses produksi. Pengendalian merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menjamin agar kegiatan produksi dan operasi yang dilaksanakan sesuai dengan apa yang telah direncanakan, dan apabila terjadi penyimpangan, maka penyimpangan tersebut dapat dikoreksi, sehingga apa yang diharapkan dapat tercapai.

2.3.2.1. Alat Sistem Kontrol

Sistem kendali atau sistem kontrol (*Control system*) adalah suatu alat (kumpulan alat) untuk mengendalikan, memerintah dan mengatur keadaan dari suatu sistem. Ada beberapa sistem pengendalian yaitu Sistem Pengendalian Umpan Maju (*Open loop system*), Sistem Pengendalian Umpan Balik, Sistem Pengendalian Manual dan Sistem Pengendalian Otomatis.

Dalam industri, sistem kontrol merupakan sebuah sistem yang meliputi pengontrolan variabel variabel seperti temperatur (*temperature*), tekanan (*pressure*), aliran (*flow*), level (*level*), dan kecepatan (*speed*). Variabel-variabel ini merupakan keluaran yang harus dijaga tetap sesuai dengan keinginan yang telah ditetapkan terlebih dahulu oleh operator yang disebut dengan setpoint. Sistem yang dikontrol (bangunan) agar variabel keluaran dijaga tetap pada kondisi tertentu disebut dengan *plant*.

Alat kontrol yang harus di set pada kondisi tertentu antara lain adalah:

a. *Flow Control*

Flow control adalah alat yang digunakan untuk mengelola aliran masuk dan juga aliran keluar sehingga tidak terlalu cepat ataupun tidak terlalu lambat.

b. *Temperature Control*

Temperature control adalah alat yang digunakan untuk mengelola batasan nilai suhu dengan menggunakan set point. Dimana setiap perubahan suhu yang terjadi akan terdeteksi, dan pada aliran energi panas kedalam dan keluar diatur untuk mencapai suhu yang diinginkan.

c. *Level Control*

Level control adalah alat yang digunakan pada alat seperti tangki yang berfungsi untuk mengetahui dan mengendalikan cairan yang berada didalam tangki sehingga tinggi cairan tidak melebihi batas maksimum yang ditetapkan.

d. *Pressure Control (valve)*

Pressure control adalah alat yang dilakukan untuk mengetahui dan juga mengendalikan tekanan pada operasi berdasarkan tekanan operasi yang sudah ditetapkan pada alat.

2.3.2.2. Aliran Sistem Kontrol

Aliran sistem kontrol merupakan rangkaian proses yang mengatur bagaimana suatu sistem bekerja secara otomatis untuk mencapai kondisi operasi yang diinginkan melalui mekanisme umpan balik (*feedback*). Aliran sistem kontrol mencakup tahapan pengukuran variabel proses seperti suhu, tekanan, laju alir, atau konsentrasi oleh sensor, kemudian sinyal tersebut dikirim ke pengendali (*controller*) untuk dibandingkan dengan nilai acuan (*set point*). Jika terdapat penyimpangan, pengendali akan memberikan sinyal koreksi kepada aktuator, misalnya katup, pompa, atau pemanas, agar sistem kembali ke kondisi yang stabil.

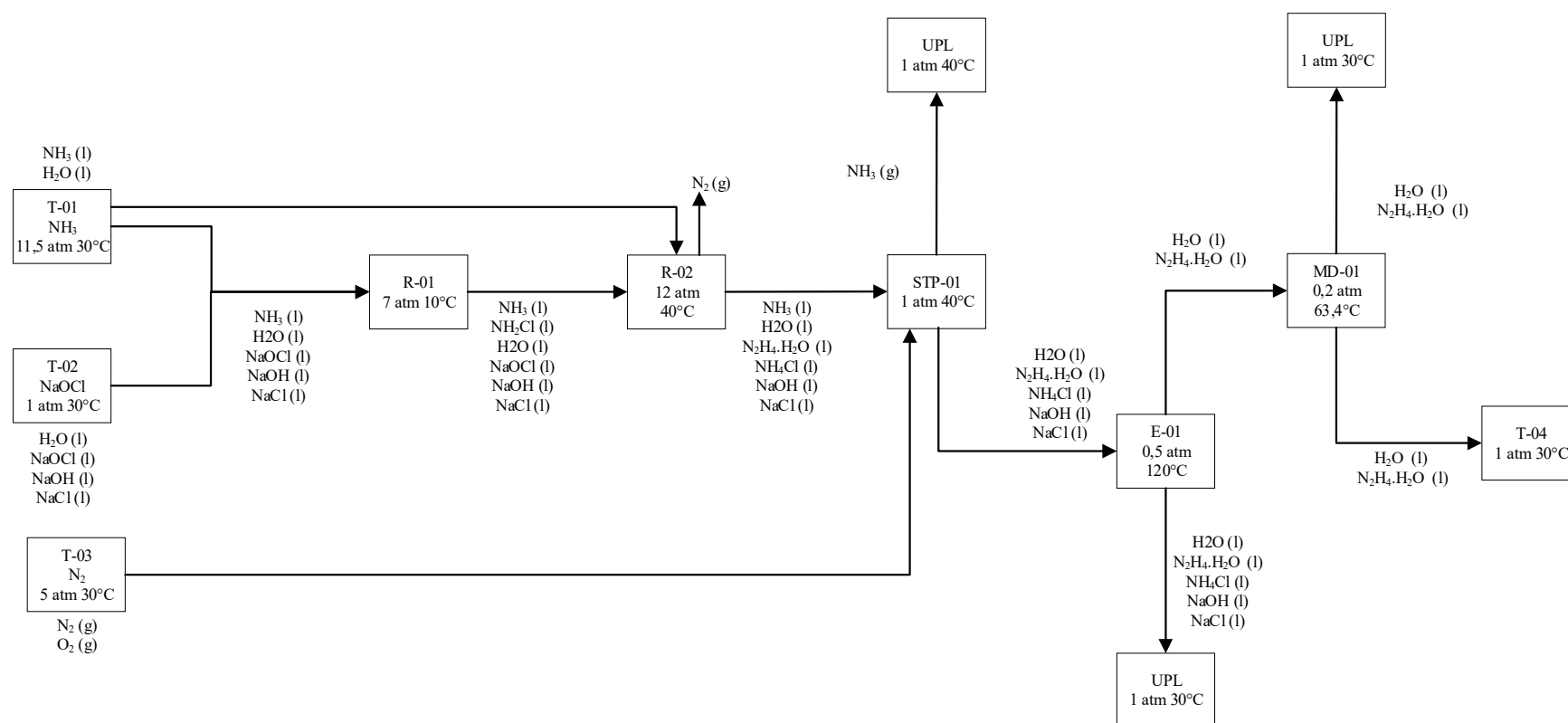
2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

Agar produk yang dihasilkan memiliki mutu sesuai standar, diperlukan penggunaan bahan baku yang berkualitas serta adanya pengawasan dan pengendalian yang baik terhadap setiap tahapan proses produksi. Pengendalian ini dilakukan melalui sistem kontrol yang berfungsi menjaga kestabilan proses agar hasil akhir tetap konsisten dan sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan

BAB III PERANCANGAN PROSES

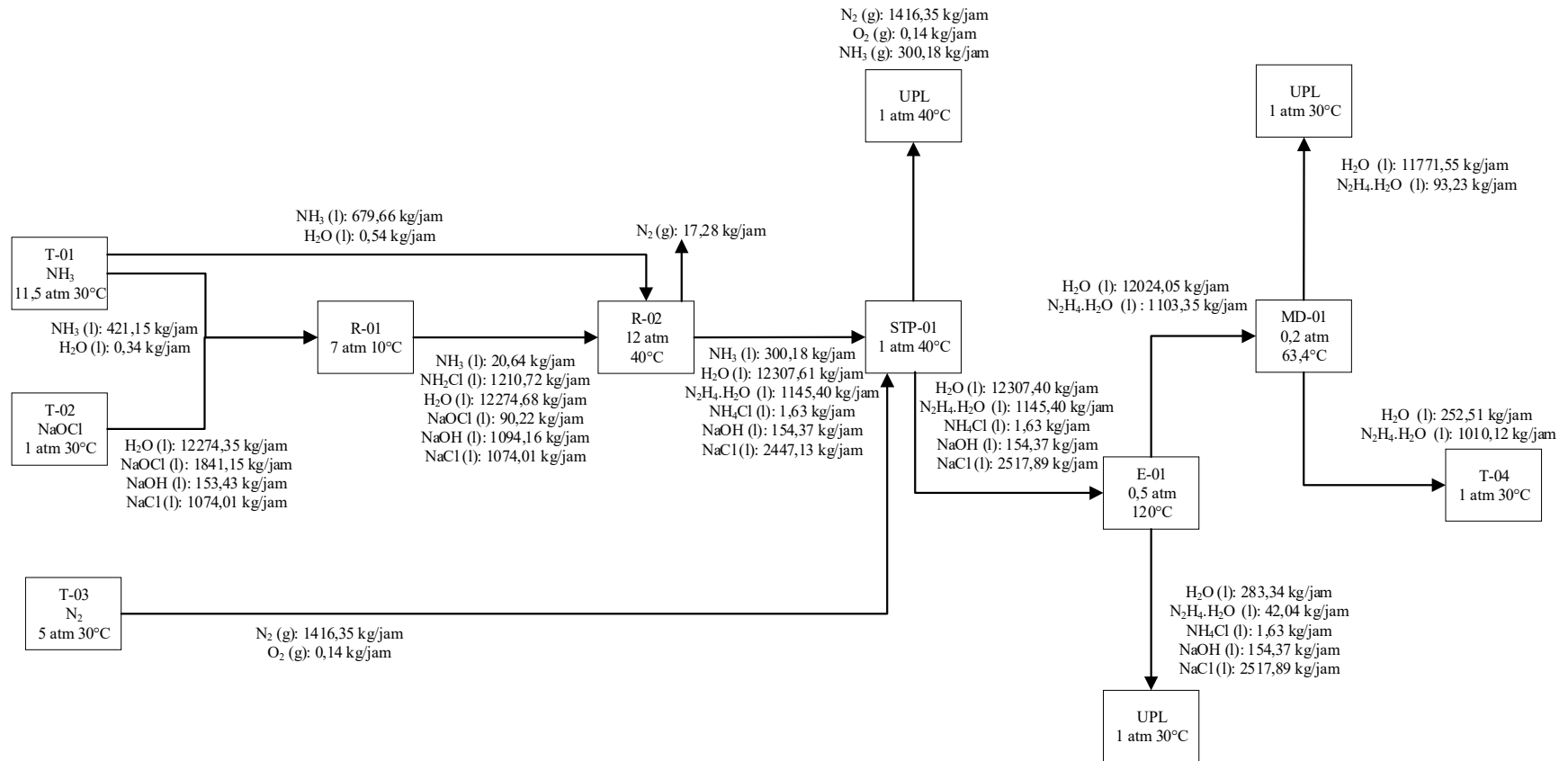
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif

3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

3.2 Uraian Proses

3.2.1 Analisis Kebutuhan Bahan Baku

a. Amonia

Amonia (NH_3) digunakan sebagai salah satu bahan baku utama dalam proses pembuatan hidrazin hidrat. Amonia disimpan di dalam tangki penyimpanan T-01 pada kondisi cair dengan suhu operasi 30°C dan tekanan 11,5 atm. Tekanan operasi yang cukup tinggi digunakan untuk mempertahankan amonia tetap berada dalam fase cair sehingga memudahkan proses pengaliran dan pencampuran di dalam reaktor. Selain itu, penggunaan amonia berlebih bertujuan untuk meningkatkan pembentukan monokloramina serta meminimalkan terbentuknya produk samping yang tidak diinginkan selama reaksi berlangsung.

Dari tangki penyimpanan, amonia cair dialirkan menuju reaktor pertama (R-01). Sebelum memasuki reaktor, amonia tetap dijaga dalam fase cair agar proses kontak dengan natrium hipoklorit dapat berlangsung secara merata dan reaksi pembentukan monokloramina dapat berjalan lebih efektif.

b. Natrium Hipoklorit

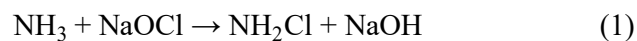
Natrium hipoklorit (NaOCl) digunakan sebagai oksidator dalam proses pembentukan monokloramina pada reaktor pertama. Natrium hipoklorit disimpan di dalam tangki penyimpanan T-02 pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm dalam bentuk larutan cair. Penyimpanan dilakukan pada kondisi suhu relatif rendah dan tekanan atmosfer untuk menjaga kestabilan senyawa

natrium hipoklorit serta mengurangi risiko dekomposisi selama penyimpanan.

Larutan natrium hipoklorit dari tangki penyimpanan kemudian dialirkan menuju reaktor pertama (R-01) untuk direaksikan dengan amonia. Sebelum memasuki reaktor, natrium hipoklorit dipertahankan dalam fase cair agar proses pencampuran dengan amonia dapat berlangsung secara optimal. Pengendalian kondisi operasi juga diperlukan untuk menjaga selektivitas reaksi pembentukan monokloramina dan mengurangi pembentukan senyawa kloramin lainnya yang tidak diinginkan.

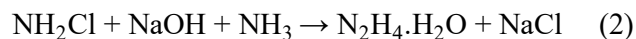
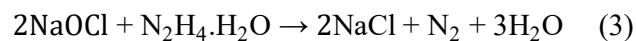
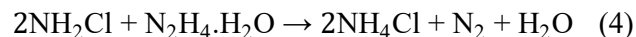
3.2.2 Analisis Kebutuhan Peralatan Proses

Amonia dari tangki penyimpanan T-01 dan natrium hipoklorit dari tangki penyimpanan T-02 dialirkan menuju reaktor pertama (R-01). Reaktor ini berfungsi sebagai tempat berlangsungnya reaksi pembentukan monokloramina (NH_2Cl) dari amonia dan natrium hipoklorit. Reaktor dioperasikan pada suhu rendah sekitar 10°C dan tekanan 7 atm untuk menjaga kestabilan monokloramina yang terbentuk serta meminimalkan pembentukan produk samping. Reaksi yang terjadi pada reaktor pertama adalah sebagai berikut:



Keluaran dari reaktor pertama berupa campuran amonia, monokloramina, natrium hidroksida, dan air yang kemudian dialirkan menuju reaktor kedua (R-02). Pada reaktor kedua berlangsung reaksi pembentukan hidrazin hidrat melalui reaksi antara monokloramina dengan amonia berlebih dalam suasana basa. Reaktor ini dioperasikan pada suhu 40°C dan tekanan 12

atm agar reaksi berlangsung secara optimal. Reaksi yang terjadi pada reaktor kedua adalah:



Hasil keluaran reaktor kedua (R-02) berupa campuran hidrazin hidrat ($\text{N}_2\text{H}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), amonia (NH_3), air (H_2O), natrium hidroksida (NaOH), natrium klorida (NaCl), serta amonium klorida (NH_4Cl). Selain itu, pada reaktor kedua juga terbentuk gas nitrogen (N_2) sebagai produk samping yang dikeluarkan dari bagian atas reaktor. Campuran hasil reaksi selanjutnya dialirkan menuju stripper (ST-01) untuk memisahkan komponen-komponen yang bersifat volatil dari campuran cair.

Pada stripper (ST-01), campuran dipanaskan dan dialiri gas nitrogen dari tangki penyimpanan nitrogen (T-03) sebagai gas stripping. Gas nitrogen berfungsi untuk meningkatkan perpindahan massa sehingga amonia yang masih terlarut di dalam campuran cair dapat terlepas dan terbawa ke bagian atas kolom. Hasil atas stripper berupa gas amonia yang kemudian dialirkan menuju unit pengolahan limbah (UPL), sedangkan hasil bawah berupa campuran hidrazin hidrat, air, natrium hidroksida, natrium klorida, dan sisa monokloramina dialirkan menuju evaporator (E-01).

Aliran bawah stripper yang masuk ke evaporator (E-01) dipanaskan pada suhu sekitar 120°C dan tekanan 0,5 atm. Pada unit ini sebagian besar air diuapkan sehingga volume cairan berkurang dan konsentrasi komponen non-

volatil meningkat. Hasil atas yang terbentuk dialirkan menuju menara distilasi (MD-01), sedangkan residu yang masih mengandung hidrazin hidrat, monokloramina, natrium hidroksida, dan natrium klorida dialirkan menuju unit pengolahan limbah (UPL) untuk penanganan lebih lanjut.

3.2.3 Pemurnian dan Penyimpanan Produk

Campuran hidrazin hidrat dan air dari hasil atas evaporator (E-01) kemudian diproses lebih lanjut di dalam menara distilasi (MD-01) yang dioperasikan pada tekanan sekitar 0,2 atm dan suhu operasi sekitar 63,4°C. Pengoperasian pada kondisi vakum bertujuan untuk menurunkan titik didih campuran sehingga proses pemisahan dapat berlangsung pada suhu yang lebih rendah. Kondisi ini penting untuk meminimalkan kemungkinan dekomposisi hidrazin yang bersifat sensitif terhadap temperatur tinggi.

Di dalam menara distilasi terjadi pemisahan berdasarkan perbedaan titik didih dan volatilitas antara air dan hidrazin hidrat. Komponen yang lebih mudah menguap, yaitu air dengan sejumlah kecil hidrazin hidrat, keluar sebagai produk atas dan dialirkan menuju unit pengolahan limbah (UPL). Sementara itu, komponen yang memiliki volatilitas lebih rendah akan keluar sebagai produk bawah berupa hidrazin hidrat dengan konsentrasi yang lebih tinggi. Produk bawah dari menara distilasi selanjutnya dialirkan menuju tangki penyimpanan produk (T-04). Di dalam tangki ini hidrazin hidrat disimpan pada kondisi operasi yang sesuai untuk menjaga kestabilan produk sebelum didistribusikan atau digunakan sebagai bahan baku pada proses selanjutnya.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Alat Proses

a. Reaktor (R-01)

1) Spesifikasi Umum

Kode	: R-01
Fungsi	: Mereaksikan amonia dengan natrium hipoklorit
Jenis/Tipe	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Mode Operasi	: Kontinyu
Jumlah	: 1
Harga, Rp	: 5.358.565.000

2) Kondisi Operasi

Suhu, °C	: 10
Tekanan, atm	: 7
Kondisi Proses	: <i>Isothermal</i>

3) Konstruksi dan Material

Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA-240 Grade M tipe 316</i>
Diameter (ID) <i>Shell</i> , m	: 2,318
Tebal <i>Shell</i> , in	: 0,011
Tinggi Total, m	: 3,244
Jenis <i>Head</i>	: <i>Torispherical Head</i>

4) Spesifikasi Khusus

Tipe Pengaduk	: Turbin
Ukuran Pengaduk, m	: 0,808

Kecepatan Pengaduk, rpm	: 68
Powe, Hp	: 1,5
Jumlah <i>Baffle</i>	: 1
Ukuran <i>Baffle</i> , m	: 2,866

b. Reaktor (R-02)

1) Spesifikasi Umum

Kode	: R-02
Fungsi	: Mereaksikan monokloromina, natrium hidroksida dan amonia
Jenis/Tipe	: Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Mode Operasi	: Kontinyu
Jumlah	: 1
Harga, Rp	: 10.059.178.000

2) Kondisi Operasi

Suhu, °C	: 40
Tekanan, atm	: 12
Kondisi Proses	: <i>Isothermal</i>

3) Konstruksi dan Material

Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA-240 Grade M tipe 316</i>
Diameter (ID) <i>Shell</i> , m	: 3,14
Tebal <i>Shell</i> , in	: 1,13
Tinggi Total, m	: 4,55
Jenis <i>Head</i>	: <i>Torispherical Head</i>

4) Spesifikasi Khusus

Tipe Pengaduk	: Turbin
Ukuran Pengaduk, m	: 1,08
Kecepatan Pengaduk, rpm	: 47,61
Powe, Hp	: 3
Jumlah <i>Baffle</i>	: 1
Ukuran <i>Baffle</i> , m	: 0,20

c. Menara *Stripper* (STP-01)

1) Spesifikasi Umum

Kode	: STP-01
Fungsi	: Memisahkan sisa NH_3 dan NH_2Cl dari campurannya.
Jumlah	: 1
Harga, Rp	: 242.869.000

2) Kondisi Operasi

Suhu, °C	: 40
Tekanan, atm	: 1

3) Konstruksi dan Material

Bahan Konstruksi	: <i>Stainless Steel SA-240 Grade M</i> tipe 316
Diameter Menara, m	: 1,12
Tinggi Menara, m	: 6,16
Jenis <i>Packing</i>	: <i>Berl Saddles</i>

Tebal <i>Packing</i> , m	: 3,66
Nominal Size, mm	: 38
Tebal Dinding, m	: 0,005
Tebal Head, m	: 0,005
Tinggi Head, m	: 0,23

d. Menara Distilasi 01

1) Spesifikasi Umum

Kode	: MD-01
Fungsi	: Memurnikan Hidrazin dengan <i>impurities</i>
Tipe	: Plate tower (<i>sieve tray</i>)
Material	: <i>Stainless Steel SA-240 Grade M</i> tipe 316
Harga, Rp	: 176.631.000

2) Kondisi Operasi

Umpan	:	P : 0,2 atm
		T : 63 °C
Distilat	:	P : 0,2 atm
		T : 60 °C
Bottom	:	P : 0,2 atm
		T : 66 °C

Spesifikasi *Shell*

a. Diameter, m	: 2,33
b. Tinggi, m	: 16,71

c. Tebal, m : 0,004

Spesifikasi *Head*

a. Jenis, : *Torispherical Roof*

b. Tebal, m : 0,005

c. Tinggi, in : 17,42

Spesifikasi *Tray*

a. Jenis *Tray* : Sieve Tray

b. Jumlah Stage : 40

c. Panjang *Weir*, m : 1,75

d. Diamter *Hole*, m : 0,010

e. Tebal *Tray*, m : 0,003

f. Jumlah Lubang : 2.864

e. Akumulator

1) Spesifikasi Umum

Kode : ACC-01

Fungsi : Menampung arus keluaran dari CD-01

Tipe : *Silinder Horizontal*

Material : *Stainless Steel SA-240 Grade M tipe 316*

Harga, Rp : 154.552.000

2) Kondisi Operasi

Suhu, °C : 61

Tekanan, atm : 0,2

Spesifikasi *Shell*

- a. Diameter, m : 0,38
- b. Tinggi, m : 0,13
- c. Tebal, in : 0,188

Spesifikasi *Head*

- d. Jenis, : *Torispherical Roof*
- e. Tebal, m : 0,13
- f. Tinggi, m : 0,13

3.3.2 Spesifikasi Alat Penukar Panas

a. Cooler 1

- Kode : CL-01
- Fungsi : Mengubah suhu keluaran T-01 menuju R-01
- Jenis : Double Pipe Heat Exchanger

Tabel 3. 1 Spesifikasi CL-01

<i>Operating Condition</i>		
<i>Position</i>	<i>Inner pipe</i>	<i>Annulus</i>
<i>Fluid</i>	<i>Chilled Water</i>	<i>Aqueous solutions</i>
<i>Fluid type</i>	<i>Cold</i>	<i>Hot</i>
<i>Temperature in °C</i>	5	30
<i>Temperature out</i>	10	3
<i>°C</i>		
<i>Pressure, atm</i>	1	11,5

Mechanical Design

<i>Inner Pipe</i>		<i>Annulus</i>	
IPS, in	3	IPS, in	4
ID, in	3,068	ID, in	4,026
OD, in	3,5	OD, in	4,5
Luas permukaan, ft ² /ft	0,92	Luas permukaan, ft ² /ft	1,18
ΔP allow, psi	2,80E-03	ΔP allow, psi	1,34E-12
Hairpin, buah		1	
Panjang total, ft		20	
Luas Transfer		0,26	
Panas, ft ²			
$R_{d_{min}}$, hr.ft ² .F/Btu		0,0006	
$R_{d_{hitung}}$, hr.ft ² .F/Btu		0,285	

b. Cooler 2

Kode	: CL-02
Fungsi	: Mengubah suhu keluaran T-02 menuju R-01
Jenis	: Double Pipe Heat Exchanger

Tabel 3. 2 Spesifikasi CL-02

<i>Operating Condition</i>

<i>Position</i>	<i>Inner pipe</i>	<i>Annulus</i>
<i>Fluid</i>	<i>Chilled Water</i>	<i>Aqueous solutions</i>
<i>Fluid type</i>	<i>Cold</i>	<i>Hot</i>
<i>Temperature in °C</i>	5	30
<i>Temperature out</i>	10	10
°C		
<i>Pressure, atm</i>	1	1

Mechanical Design

<i>Inner Pipe</i>		<i>Annulus</i>	
IPS, in	3	IPS, in	4
ID, in	3,068	ID, in	4,026
OD, in	3,5	OD, in	4,5
Luas permukaan, ft ² /ft	0,917	Luas permukaan, ft ² /ft	1,178
ΔP allow, psi	0,92	ΔP allow, psi	1,18
Hairpin, buah	1		
Panjang total, ft	20		
Luas Transfer Panas, ft ²	25,68		
$R_{d_{min}}$, hr.ft ² .F/Btu	0,0006		
$R_{d_{hitung}}$, hr.ft ² .F/Btu	0,0006		

c. Cooler 3

Kode : CL-03

Fungsi : Mengubah suhu keluaran MD-01
menuju T-04

Jenis : Double Pipe Heat Exchanger

Tabel 3. 3 Spesifikasi CL-03

Operating Condition			
Position	Inner pipe		Annulus
Fluid	Aqueous solutions		Water
Fluid type	Hot		Cold
Temperature in °C	63,4		25
Temperature out	30		35
°C			
Pressure, atm	0,2		1
Mechanical Design			
Inner Pipe		Annulus	
IPS, in	3	IPS, in	4
ID, in	3,068	ID, in	4,026
OD, in	3,5	OD, in	4,5
Luas permukaan,	0,917	Luas permukaan,	1,178
ft ² /ft		ft ² /ft	
ΔP allow, psi	0,018	ΔP allow, psi	2,04E-08

<i>Operating Condition</i>	
Hairpin, buah	1
Panjang total, ft	20
Luas Transfer Panas, ft ²	0,36
Rd _{min} , hr.ft ² .F/Btu	0,001
Rd _{hitung} , hr.ft ² .F/Btu	0,213

d. Heater 1

Kode	: HE-01
Fungsi	: Memanaskan keluaran R-01 sebelum masuk R-02
Jenis	: Double Pipe Heat Exchanger

Tabel 3. 4 Spesifikasi HE-01

<i>Operating Condition</i>		
<i>Position</i>	<i>Inner pipe</i>	<i>Annulus</i>
<i>Fluid</i>	<i>Aqueous solutions</i>	<i>Water</i>
<i>Fluid type</i>	<i>Cold</i>	<i>Hot</i>
<i>Temperature in °C</i>	10	50
<i>Temperature out</i> °C	40	45
<i>Pressure, atm</i>	1	0,122

Mechanical Design

<i>Inner Pipe</i>		<i>Annulus</i>	
IPS, in	3	IPS, in	4
ID, in	3,068	ID, in	4,026
OD, in	3,5	OD, in	4,5
Luas permukaan, ft ² /ft	0,917	Luas permukaan, ft ² /ft	1,178
ΔP allow, psi	3,663	ΔP allow, psi	6,43E-06
Hairpin, buah		1	
Panjang total, ft		20	
Luas Transfer Panas, ft ²		35,49	
$R_{d_{min}}$, hr.ft ² .F/Btu		0,0012	
$R_{d_{hitung}}$, hr.ft ² .F/Btu		0,013	

e. Heater 2

Kode	: HE-02
Fungsi	: Mengubah suhu keluaran T-03 menuju ST-01
Jenis	: Double Pipe Heat Exchanger

Tabel 3. 5 Spesifikasi CL-01

<i>Operating Condition</i>

<i>Position</i>	<i>Inner pipe</i>	<i>Annulus</i>
<i>Fluid</i>	<i>Aqueous solutions</i>	<i>Water</i>
<i>Fluid type</i>	<i>Cold</i>	<i>Hot</i>
<i>Temperature in</i> °C	30	50
<i>Temperature out</i> °C	40	45
<i>Pressure, atm</i>	1	1

Mechanical Design

<i>Inner Pipe</i>		<i>Annulus</i>	
IPS, in	3	IPS, in	4
ID, in	3,068	ID, in	4,026
OD, in	3,5	OD, in	4,5
Luas permukaan, ft ² /ft	0,917	Luas permukaan, ft ² /ft	1,178
ΔP allow, psi	0,0051	ΔP allow, psi	2,17E-08
Hairpin, buah		2	
Panjang total, ft		12	
Luas Transfer Panas, ft ²		14,42	
$R_{d_{min}}$, hr.ft ² .F/Btu		0,0012	
$R_{d_{hitung}}$, hr.ft ² .F/Btu		0,015	

f. Kondensor 1

Kode	: CD-01
Fungsi	: Mengembunkan hasil atas E-01
Jenis	: Double Pipe Heat Exchanger

Tabel 3. 6 Spesifikasi CD-01

Operating Condition			
Position	Inner pipe		Annulus
Fluid	Aqueous solutions		Water
Fluid type	Hot		Cold
Temperature in °C	120		30
Temperature out	63,41		40
°C			
Pressure, atm	0,2		1
Mechanical Design			
Inner Pipe		Annulus	
IPS, in	3	IPS, in	4
ID, in	3	ID, in	4,000
OD, in	3,5	OD, in	4,5
Luas permukaan,	0,917	Luas permukaan,	1,178
ft ² /ft		ft ² /ft	
ΔP allow, psi	1,48	ΔP allow, psi	0,63

Hairpin, buah	2
Panjang total, ft	20
Luas Transfer Panas, ft ²	44
$R_{d_{min}}$, hr.ft ² .F/Btu	0,0006
$R_{d_{hitung}}$, hr.ft ² .F/Btu	0,0009

3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

Tabel 3. 7 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

Tangki	T-01	T-02	T-03
Fungsi	Menyimpan	Menyimpan	Menyimpan bahan
Peruntukan	bahan baku NH ₃	bahan baku	baku Nitrogen
Alat	99,2%	NaOCl 12%	
Lama			
Penyimpanan	30	30	30
(hari)			
Fasa	Cair	Cair	Gas
Jumlah Tangki	3	5	8
Jenis Tangki	Silinder Vertikal	Silinder Vertikal	Silinder Vertikal
Kondisi	Suhu (°C): 30	Suhu (°C): 30	Suhu (°C): 30
Operasi	Tekanan (atm): 11,5	Tekanan (atm): 1	Tekanan (atm): 5

Tangki	T-01	T-02	T-03
Spesifikasi	Bahan	Bahan	
	Konstruksi:	Konstruksi:	
	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	Bahan Konstruksi:
	SA-240 Grade M	SA-240 Grade	<i>Stainless Steel</i> SA-
	316	M 316	240 Grade M 316
	Volume Tangki	Volume Tangki	Volume Tangki
	(m ³): 4.835	(m ³): 2.688	(m ³): 55.391
	Diameter (m): 18	Diameter (m):	Diameter (m): 61
	Tinggi (m): 18	15	Tinggi (m): 18
	Jumlah <i>Course</i> :	Tinggi (m): 15	Jumlah <i>Course</i> : 10
	10	Jumlah <i>Course</i> :	Tebal <i>Shell</i> (in):
	Tebal <i>Shell</i> (in):	8	0,187
	0,187	Tebal <i>Shell</i> (in):	
		0,187	
Head & Bottom	Jenis <i>Head</i> :	Jenis <i>Head</i> :	Jenis <i>Head</i> :
	<i>Elipsoidal</i>	<i>Torispherical</i>	<i>Elipsoidal</i>
	Tebal <i>Head</i> (in):	Tebal <i>Head</i> (in):	Tebal <i>Head</i> (in):
	0,187	0,187	0,187
	Jenis <i>Bottom</i> :	Jenis <i>Bottom</i> :	Jenis <i>Bottom</i> :
	<i>Elipsoidal</i>	Torispherical	Torispherical
	Tebal <i>Bottom</i>	Tebal <i>Bottom</i>	Tebal <i>Bottom</i> (in):
	(in): 0,187	(in): 0,187	0,187

Tabel 3. 8 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan Baku dan Produk

Tangki	T-04
Fungsi Peruntukan Alat	Menyimpan produk utama (hidrazin anhidrat 80%)
Lama Penyimpanan (hari)	30
Fasa	Cair
Jumlah Tangki	1
Jenis Tangki	Silinder Vertikal
Kondisi Operasi	Suhu (°C): 30 Tekanan (atm): 1
	Bahan Konstruksi: <i>Stainless Steel</i> SA-240 Grade M 316
	Volume Tangki (m ³): 5.864
Spesifikasi	Diameter (m): 18 Tinggi (m): 18 Jumlah <i>Course</i> : 10 Tebal <i>Shell</i> (in): 2
Head & Bottom	Jenis <i>Head</i> : <i>Torispherical</i> Tebal <i>Head</i> (in): 0,625 Jenis <i>Bottom</i> : <i>Torispherical</i> Tebal <i>Bottom</i> (in): 0,625

Tabel 3. 9 Spesifikasi Alat Penyimpanan (Lanjutan)

Tangki	TUPL-01	TUPL-02	TUPL-03
Fungsi	Tangki	Menyimpan hasil	Tangki sementara
Peruntukan	sementara hasil	bawah Evaporator	hasil distilat MD-
Alat	Stripper ke unit	ke unit proses	01 ke unit proses
Lama	proses lanjutan	lanjutan	lanjutan
Penyimpanan	30	30	30
(hari)			
Fasa	Cair	Slurry	Cair
Jumlah Tangki			
Jenis Tangki	Silinder Vertikal	Silinder Vertikal	Silinder Vertikal
Kondisi	Suhu (°C): 40	Suhu (°C): 30	Suhu (°C): 60
Operasi	Tekanan (atm): 1	Tekanan (atm): 1	Tekanan (atm): 0,2
Spesifikasi	Bahan Konstruksi: <i>Stainless Steel</i>	Bahan Konstruksi: <i>Stainless Steel</i> SA-240 Grade M	Bahan Konstruksi: <i>Stainless Steel</i> SA-240 Grade M
	SA-240 Grade M 316	316	316
	Volume Tangki	Volume Tangki	Volume Tangki
	(m ³): 19.553	(m ³): 215	(m ³):
		Diameter (m): 6	5.844

Tangki	TUPL-01	TUPL-02	TUPL-03
Head & Bottom	Diameter (m):	Tinggi (m): 7	Diameter (m): 18
	37	Jumlah <i>Course</i> : 4	Tinggi (m): 18
	Tinggi (m): 18	Tebal <i>Shell</i> (in):	Jumlah <i>Course</i> :
	Jumlah <i>Course</i> :	0,187	10
	10		Tebal <i>Shell</i> (in): 3
	Tebal <i>Shell</i> (in):		
	0,187		
	Jenis <i>Head</i> :	Jenis <i>Head</i> :	Jenis <i>Head</i> :
	<i>Elipsoidal</i>	<i>Torispherical</i>	Torispherical
	Tebal <i>Head</i> (in):	Tebal <i>Head</i> (in):	Tebal <i>Head</i> (in):
	0,187	0,187	0,625
	Jenis <i>Bottom</i> :	Jenis <i>Bottom</i> :	Jenis <i>Bottom</i> :
	<i>Elipsoidal</i>	Torispherical	Torispherical
	Tebal <i>Bottom</i>	Tebal <i>Bottom</i> (in):	Tebal <i>Bottom</i> (in):
	(in): 0,187	0,812	0,625

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

a. Alat Transportasi Bahan Padat

Tabel 3. 10 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Padat

Tangki	BC-01
Fungsi Peruntukan Alat	Mengangkut hasil bawah evaporator menuju Tangki UPL
Bahan yang diangkut	NaCl, NaOH, NH ₄ Cl
Kondisi Operasi	Suhu (°C): 30 Tekanan (atm): 1
Bentuk Bahan	Padatan
Jenis Alat	<i>Belt Conveyor</i>
Kapasitas (ton/jam)	2,99
Speed (ft/min)	100
Motor Power (HP)	3
Dimensi (m)	Panjang: 6,096 Lebar: 0,355 Tinggi: 0,089
Driver pulley diameter (in)	-
Bahan Konstruksi	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>

b. Alat Transportasi Bahan Cair

Tabel 3. 11 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair

Kode Alat	P-01	P-02	P-03
Fungsi	Mengalirkan	Mengalirkan	Mengalirkan
Peruntukan	NaOCl (T-02)	keluaran R-01	keluaran R-02
Alat	menuju R-01	menuju R-02	menuju RDF-01
Tipe	Centrifugal	Centrifugal	Centrifugal Single
	Single Stage	Single Stage	Stage Pump
	Pump	Pump	
Impeller	Mixed Flow	Mixed Flow	Radial flow
	Impellers	Impellers	impellers
Bahan	Stainles Steel SA-	Stainles Steel SA-	Stainles Steel SA-
Kontruksi	240 Tipe 316	240 Tipe 316	240 Tipe 316
Viskositas			
(cP)	56,50	491,30	0,129
	Kapasitas	Kapasitas	Kapasitas
Spesifikasi	(m3/jam): 36,51	(m3/jam): 35,93	(m3/jam): 1,87
	Kecepatan Aliran	Kecepatan Aliran	Kecepatan Aliran
	(ft/s): 4,06	(ft/s): 3,99	(ft/s): 3,06
	ID (in): 4,02	ID (in): 4,02	ID (in): 1,05
	OD (in): 4,5	OD (in): 4,5	OD (in): 1,32
Ukuran Pipa	IPS (in): 4	IPS (in): 4	IPS (in): 1
	<i>Flow Area (in2):</i>	<i>Flow Area (in2):</i>	<i>Flow Area (in2):</i>
	12,70	12,70	0,86

Kode Alat	P-01	P-02	P-03
Daya Pompa			
(watt)	825,03	832,85	89,20
Daya Motor			
(watt)	1.118,55	1.118,55	124,28
Kecepatan			
Putar (rpm)	2.764,56	2.698,31	863,65

Tabel 3. 12 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair

Kode Alat	P-04	P-05
Fungsi	Mengalirkan hasil bawah	Mengalirkan hasil atas
Peruntukan Alat	MD-01 menuju T-04	MD-01 menuju UPL
Tipe	<i>Centrifugal Single Stage Pump</i>	<i>Centrifugal Single Stage Pump</i>
Impeller	<i>Mixed flow impellers</i>	<i>Mixed flow impellers</i>
Bahan	Stainles Steel SA-240 Tipe	Stainles Steel SA-240
Konstruksi	316	Tipe 316
Viskositas (cP)	0,54	0,47
Spesifikasi	Kapasitas (m3/jam): 3,47	Kapasitas (m3/jam): 48,19
	Kecepatan Aliran (ft/s): 2,40	Kecepatan Aliran (ft/s): 5,36
Ukuran Pipa	ID (in): 1,61	ID (in): 4,03
	OD (in): 1,90	OD (in): 4,5

Kode Alat	P-04	P-05
	IPS (in): 1,5	IPS (in): 4
	<i>Flow Area (in²): 2,04</i>	<i>Flow Area (in²): 12,7</i>
Daya Pompa (watt)	149,90	619
Daya Motor (watt)	186,42	1.119,55
Kecepatan Putar (rpm)	1267,86	6.458

Tabel 3. 13 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Cair

Kode Alat	EV-01	EV-02
Fungsi	Menurunkan tekanan dari	Menurunkan tekanan dari
Peruntukan	tangki NH3 (T-01) sebelum	tangki R-02 sebelum
Alat	masuk reaktor 1 (R-01)	masuk ST-01
Jumlah	1	1
Tipe	Globe Valve Open	Globe Valve Open
	ID (in): 0,82	ID (in): 4,03
Ukuran Pipa	OD (in): 1,05	OD (in): 4,5
	IPS (in): 0,75	IPS (in): 4
	<i>Flow Area (in²): 0,53</i>	<i>Flow Area (in²): 12,7</i>

c. Alat Transportasi Bahan Gas

Tabel 3. 14 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan Gas

Kode Alat	BL-01	BL-02
Fungsi	Mengalirkan keluaran	Mengalirkan keluaran atas
Peruntukan Alat	atas STP-01 menuju UPL	stripper menuju UPL
Tipe	<i>Backward curve blade centrifugal blower</i>	<i>Backward curve blade centrifugal blower</i>
Bahan	<i>Carbon steel SA-283</i>	<i>Carbon steel SA-283 grade</i>
Konstruksi	<i>grade C</i>	<i>C</i>
Densitas		
Campuran	1,59	0,32
(kg/m³)		
Kapasitas	639,38	24.598
(ft³/min)		
Power (watt)	62	5.593

3.4 Neraca Massa

3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 15 Neraca Massa Total

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
N ₂	1416,35	1416,35
O ₂	0,14	0,14
NH ₃	1164,54	656,91
NH ₂ Cl	1210,72	1210,72
NH ₄ Cl	-	1,63

Komponen	Input (kg/jam)	Output (kg/jam)
H ₂ O	12274,68	12024,05
NaOCl	1841,15	-
N ₂ H ₄ .H ₂ O	-	1152,95
NaOH	153,43	154,37
NaCl	1074,01	2517,89
Total	19135,03	19135,03

3.4.2 Neraca Massa Komponen

a. Reaktor 01 (R-01)

Tabel 3. 16 Neraca Massa Reaktor 01

Komponen	<i>Input <1></i>	<i>Output<2></i>
	kg/jam	Kg/jam
NH ₃	421,15	20,64
NH ₂ Cl	-	1.210,72
H ₂ O	12.274,68	12.274,68
NaOCl	1.841,15	90,22
NaOH	153,43	1.094,16
NaCl	1.074,01	1.074,01
Total	15.764,42	15.764,42

b. Reaktor 02 (R-02)

Tabel 3. 17 Neraca Massa Reaktor 02

Komponen	<i>Input <2></i>	<i>Inputt <3></i>	<i>Output <4></i>
	kg/jam	kg/jam	kg/jam
N ₂	-	-	17,28
NH ₃	20,64	679,66	300,18
NH ₂ Cl	1.210,72	-	-
H ₂ O	12.274,68	-	12.307,61
NaOCl	90,22	-	0,09
N ₂ H ₄ .H ₂ O	-	-	1.145,40
NH ₄ Cl	-	-	1,63
NaOH	1.094,16	-	154,37
NaCl	1.074,01	-	2.517,52
Total	15.764,42	679,66	16.444,08
Total In-Out	16444,08		16444,08

c. Menara *Stripper* (STP-01)

Tabel 3. 18 Neraca Massa *Stripper* 01

Komponen	<i>Input <5></i>	<i>Input <6></i>	<i>Output <7></i>	<i>Output<8></i>
	kg/jam	kg/jam	kg/jam	kg/jam
N ₂	-	1.416,35	1.416,35	-
O ₂	-	0,14	0,14	-

Komponen	<i>Input <5></i>	<i>Input <6></i>	<i>Output <7></i>	<i>Output<8></i>
	kg/jam	kg/jam	kg/jam	kg/jam
NH ₃	300,18	-	300,18	-
NH ₂ Cl	-	-	-	-
H ₂ O	12.307,40	-	-	12.307,40
N ₂ H ₄ .H ₂ O	1.145,40	-	-	1.145,40
NH ₄ Cl	1,63	-	-	1,63
NaOH	154,37	-	-	154,37
NaCl	2.517,89	-	-	2.517,89
Total	16.426,86	1.416,49	1.716,67	16.126,69
Total In-	17.843,36		17.843,36	
Out				

d. Evaporator (E-01)

Tabel 3. 19 Neraca Massa Evaporator

Komponen	<i>Input <9></i>	<i>Output <10></i>	<i>Output <11></i>
	kg/jam	kg/jam	kg/jam
H ₂ O	12.307,40	12.024,05	283,34
N ₂ H ₄ .H ₂ O	1.145,40	1.103,35	42,04
NH ₄ Cl	1,63	-	1,63
NaOH	154,37	-	154,37

NaCl	2.517,89	-	2.517,89
Total	16.126,69	13.127,41	2.999,28
Total In-Out	16.126,69	16.126,69	

e. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 20 Neraca Massa Menara Distilasi 01

Komponen	<i>Input <12></i>	<i>Output <13></i>	<i>Output<14></i>
	kg/jam	kg/jam	kg/jam
H ₂ O	12.024,05	11.771,55	252,51
N ₂ H ₄ .H ₂ O	1.103,35	93,23	1.010,12
Total	13.127,41	11.864,78	1.262,63
Total In-Out	13.127,41	13.127,41	

3.5 Neraca Panas

3.5.1 Neraca Panas Total

Tabel 3. 21 Neraca Panas Total

Komponen	Masuk Q <i>in</i>	Keluar Q <i>out</i>
	(kj/jam)	(kj/jam)
N ₂	1.481,13	1.481,13
O ₂	0,13	0,13
NH ₃	584,08	588,79
NH ₂ Cl	0,97	1,06
H ₂ O	182.099,00	296.162,64

Komponen	Masuk Q <i>in</i> (kj/jam)	Keluar Q <i>out</i> (kj/jam)
NaOCl	3,53	0,17
N ₂ H ₄ .H ₂ O	5.445,95	5.447,65
NH ₄ Cl	-2.797,49	-5.554,11
NaOH	678,81	682,14
NaCl	8.042,94	8.041,32
Q reaksi	-	121.775,96
Q pendingin	354.862,75	107.724.589,08
Q pemanas	107.602.814,15	-
Total	108.153.215,96	108.153.215,96

3.5.2 Neraca Panas Komponen

a. Reaktor 01 (R-01)

Tabel 3. 22 Neraca Panas Reaktor 01

Komponen	Masuk Q <i>in</i> (kj/jam)	Keluar Q <i>out</i> (kj/jam)
NH ₃	0,84	0,04
NH ₂ Cl	0,00	1,06
H ₂ O	63,09	63,09
NaOCl	3,39	0,17
NaOH	0,34	2,40
NaCl	1,75	1,75
Q reaksi	0	72.844,32

Komponen	Masuk Q <i>in</i> (kj/jam)	Keluar Q <i>out</i> (kj/jam)
Q Pendingin	72.843,42	0
Total	72.912,83	72.912,83

b. Reaktor 02 (R-02)

Tabel 3. 23 Neraca Panas Reaktor 02

Komponen	Masuk Q <i>in</i> (kj/jam)	Keluar Q <i>out</i> (kj/jam)
N ₂	0,00	0,02
NH ₃	-5,55	-2,38
NH ₂ Cl	0,97	0,00
H ₂ O	62,28	62,45
N ₂ H ₄ .H ₂ O	0,14	0,00
NH ₄ Cl	0,00	1,70
NaOH	0,00	-2756,62
NaCl	2,40	3,67
Q reaksi	-	48.931,64
Q Pendingin	48.931,45	-
Total	48.993,43	48.993,43

c. Menara *Stripper* (STP-01)

Tabel 3. 24 Neraca Panas Menara *Stripper* 01

Komponen	Masuk Q <i>in</i> (kj/jam)	Keluar Q <i>out</i> (kj/jam)
N ₂	1.481,13	1.481,13
O ₂	0,13	0,13
NH ₃	588,79	588,73
NH ₂ Cl	0,00	10,61
H ₂ O	62.444,21	62.444,21
N ₂ H ₄ .H ₂ O	1.703,35	1.703,35
NH ₄ Cl	-2.756,62	-2.756,62
NaOH	338,19	338,19
NaCl	4.072,99	4.072,99
Q Pemanas	0,06	-
Total	67.872,12	67.872,12

d. Evaporator (E-01)

Tabel 3. 25 Neraca Panas Menara Evaporator 01

Komponen	Masuk Q <i>in</i> (kj/jam)	Keluar Q <i>out</i> (kj/jam)	Keluar Q <i>out</i> (kj/jam)
H ₂ O	59304,05	57.938,74	1.365,31
N ₂ H ₄ .H ₂ O	1999,07	1.925,69	73,38
NH ₄ Cl	-40,87	-	-40,85
NaOH	337,89	-	337,89
NaCl	3966,45	-	3.966,45

Komponen	Masuk Q <i>in</i> (kj/jam)	Keluar Q <i>out</i> (kj/jam)	Keluar Q <i>out</i> (kj/jam)
Q Pemanas	0,0	-	-
Total	65.566,59	65.566,59	

e. Menara Distilasi (MD-01)

Tabel 3. 26 Neraca Panas Menara Distilasi 01

Komponen	Masuk Q <i>in</i> (kj/jam)	Keluar Q <i>out</i> (kj/jam)
ΔH Reboiler	80.711.666,04	0
ΔH umpan	63.544,75	0
ΔH distilat	0	60.997,97
ΔH kondensor	0	80.711.343,43
ΔH bottom	0	2.869,39
Total	80.775.210,79	80.775.210,79

f. Heater (HE-01)

Tabel 3. 27 Neraca Panas Heater 01

Komponen	Masuk Q <i>in</i> (kj/jam)	Keluar Q <i>out</i> (kj/jam)
Q <i>in</i>	68.118,72	-
Q <i>out</i>	-	69.406,24
Q <i>steam</i>	1.287,52	
Q Total	69.406,24	69.406,24

g. *Heater* (HE-02)

Tabel 3. 28 Neraca Panas *Heater* 02

Komponen	Masuk <i>Q in</i> (kj/jam)	Keluar <i>Q out</i> (kj/jam)
<i>Q in</i>	833,60	-
<i>Q out</i>	-	837,16
<i>Q steam</i>	3,56	-
Q Total	837,16	837,16

h. *Heater* (HE-03)

Tabel 3. 29 Neraca Panas *Heater* 03

Komponen	Masuk <i>Q in</i> (kj/jam)	Keluar <i>Q out</i> (kj/jam)
<i>Q in</i>	1.484,74	-
<i>Q out</i>	-	1.486,64
<i>Q steam</i>	1,89	-
Q Total	1.486,64	1.486,64

i. *Cooler* (CL-01)

Tabel 3. 30 Neraca Panas *Cooler* 01

Komponen	Masuk <i>Q in</i> (kj/jam)	Keluar <i>Q out</i> (kj/jam)
<i>Q in</i>	830,48	-

Komponen	Masuk Q <i>in</i> (kj/jam)	Keluar Q <i>out</i> (kj/jam)
<i>Q out</i>	-	826,72
Q pendingin	-	3,76
Q Total	830,48	830,48

j. Cooler (CL-02)

Tabel 3. 31 Neraca Panas *Cooler 02*

Komponen	Masuk Q <i>in</i> (kj/jam)	Keluar Q <i>out</i> (kj/jam)
<i>Q in</i>	67.737,6	-
<i>Q out</i>	-	67.290,9
Q pendingin	-	446,7
Q Total	67.737,6	67.737,6

k. Cooler (CL-03)

Tabel 3. 32 Neraca Panas *Cooler 03*

Komponen	Masuk Q <i>in</i> (kj/jam)	Keluar Q <i>out</i> (kj/jam)
<i>Q in</i>	2.860,93	-
<i>Q out</i>	-	2744,17
Q pendingin	-	116,76
Q Total	2.860,93	2.860,93

l. Condensor (CD-01)

Tabel 3. 33 Neraca Panas *Condensor 01*

Komponen	Masuk Q <i>in</i> (kj/jam)	Keluar Q <i>out</i> (kj/jam)
Q <i>in</i>	63.574,48	-
Q <i>out</i>	-	63.566,25
Q pendingin	-	8,23
Q Total	63.574,48	63.574,48

m. Reboiler (RB-01)

Tabel 3. 34 Neraca Panas *Reboiler 01*

Komponen	Masuk Q <i>in</i> (kj/jam)	Keluar Q <i>out</i> (kj/jam)
Q <i>in</i>	99.716,54	-
Q <i>out</i>	-	115.846,66
Q <i>steam</i>	16.130,12	
Q Total	115.846,66	115.846,66

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor penting dalam menunjang keberlangsungan operasional industri. Penentuan lokasi dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa aspek, seperti kemudahan akses pasar, sarana transportasi, ketersediaan tenaga kerja, kedekatan dengan sumber bahan baku, serta peluang pengembangan pabrik di masa mendatang. Selain itu, lokasi pabrik juga diupayakan mampu menekan biaya produksi maupun distribusi. Ketersediaan sumber air, baik dari sungai, laut, maupun danau, menjadi faktor penting lainnya untuk mendukung kebutuhan proses produksi secara berkelanjutan.

Berdasarkan berbagai pertimbangan tersebut, pabrik Hidrazin dengan kapasitas produksi 10.000 ton/tahun direncanakan didirikan di daerah Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat.



Gambar 4. 1 Perencanaan Lokasi

Lokasi pabrik ditetapkan seperti diatas berdasarkan beberapa pertimbangan sebagai berikut:

4.1.1 Faktor Primer

4.1.1.1 Penyediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor utama dalam menunjang keberlangsungan proses produksi suatu pabrik, sehingga pemilihan lokasi sangat dipengaruhi oleh kedekatan terhadap sumber bahan baku. Bahan baku utama dalam pembuatan hidrazin hidrat adalah amonia (NH_3) dan natrium hipoklorit (NaOCl). Amonia diperoleh dari PT Pupuk Kujang yang berlokasi di Cikampek, Kabupaten Karawang, Jawa Barat, sedangkan natrium hipoklorit diperoleh dari PT Pindo Deli Pulp and Paper Mills II yang berlokasi di Kabupaten Karawang, Jawa Barat.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, lokasi pabrik dipilih di Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat, tepatnya di kawasan Jatiluhur Industrial Smart City (JISC). Lokasi ini dinilai strategis karena memiliki akses transportasi yang baik dan relatif dekat dengan Pelabuhan Tanjung Priok, Jakarta, sehingga mendukung kegiatan distribusi maupun ekspor produk. Selain itu, bahan baku amonia dan NaOCl digunakan dalam fase cair sehingga jarak antara pabrik pemasok dan lokasi produksi perlu dipertimbangkan agar tidak terlalu jauh. Hal tersebut bertujuan untuk meminimalkan risiko perubahan kondisi bahan baku selama proses pengangkutan serta mempermudah distribusi dan penyimpanan bahan baku.

4.1.1.2 Pasar Utama

Pemilihan lokasi pabrik yang dekat dengan pasar utama merupakan salah satu strategi penting untuk mendukung kelancaran distribusi produk dan mempermudah konsumen memperoleh produk yang dibutuhkan. Selain itu, lokasi yang strategis juga dapat menekan biaya transportasi dan meningkatkan efisiensi pemasaran produk.

Pabrik hidrazin hidrat direncanakan didirikan di Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat karena berada dekat dengan kawasan industri yang memiliki potensi penggunaan hidrazin dalam berbagai proses industri kimia, tekstil, resin, polimer, dan specialty chemicals. Beberapa industri yang berada di wilayah Purwakarta dan sekitarnya antara lain PT Indorama Polychem Indonesia di Kecamatan Jatiluhur, Purwakarta, serta PT Chemstar Indonesia Tbk di kawasan industri Ubrug, Purwakarta. Industri-industri tersebut bergerak pada bidang kimia dan tekstil yang berpotensi menggunakan bahan kimia pendukung dalam proses produksinya.

Selain dekat dengan kawasan industri, lokasi pabrik di kawasan Jatiluhur Industrial Smart City (JISC), Purwakarta juga memiliki akses transportasi yang baik menuju berbagai pusat industri di Indonesia maupun fasilitas ekspor melalui Pelabuhan Tanjung Priok, Jakarta. Kondisi ini memberikan keuntungan dalam distribusi dan pemasaran produk karena memudahkan pengiriman produk ke konsumen dalam negeri maupun luar negeri.

4.1.1.3 Penyediaan Utilitas

Dalam pengoperasian pabrik, air, listrik, dan bahan bakar diperlukan untuk keberlangsungan proses produksi. Unit penyediaan bahan bakar, unit pembangkit steam, unit pengadaan dan pengolahan air, serta kebutuhan listrik diperoleh dari PT. Perusahaan Listrik Negara (PLN). Pabrik yang berlokasi di kawasan Jatiluhur Industrial Smart City (JISC), Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat memiliki ketersediaan utilitas yang cukup memadai. Kebutuhan air baku diperoleh dari Sungai Citarum yang menjadi sumber utama penyediaan air bagi kebutuhan industri dan domestik di wilayah tersebut sehingga dapat mendukung kontinuitas operasional pabrik.

4.1.1.4 Transportasi

Sarana transportasi yang memadai berperan penting dalam menunjang keberhasilan operasional suatu pabrik kimia. Transportasi yang dimaksud meliputi akses jalan bagi tenaga kerja, kemudahan pengangkutan bahan baku dan peralatan, serta sistem distribusi produk yang cepat dan ekonomis. Untuk mendukung kelancaran arus bahan baku dan distribusi produk, pabrik direncanakan didirikan di kawasan Jatiluhur Industrial Smart City (JISC), Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat. Lokasi ini memiliki posisi yang strategis karena didukung oleh akses jalan tol, jalan raya industri, serta kedekatan dengan Pelabuhan Tanjung Priok sebagai sarana distribusi dan ekspor produk. Dengan adanya infrastruktur transportasi yang memadai, proses pengiriman bahan baku dari pemasok maupun distribusi produk ke konsumen diharapkan dapat berjalan dengan lancar dan efisien.

4.1.1.5 Ketersediaan Tenaga Kerja

Tenaga kerja merupakan salah satu faktor penting dalam pendirian pabrik. Pembangunan pabrik ini diharapkan dapat menyerap tenaga kerja lokal, terutama lulusan sekolah menengah kejuruan, diploma, maupun sarjana, mengingat wilayah Jawa Barat memiliki banyak perguruan tinggi dan kawasan industri yang mendukung ketersediaan sumber daya manusia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), Provinsi Jawa Barat memiliki jumlah angkatan kerja yang besar sehingga kebutuhan tenaga kerja industri dapat terpenuhi dengan baik.

Selain itu, lokasi pabrik di kawasan Jatiluhur Industrial Smart City (JISC), Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat juga memberikan keuntungan karena berada dekat dengan kawasan industri Karawang, Bekasi, dan Bandung yang memiliki ketersediaan tenaga kerja terampil di bidang industri dan manufaktur. Dengan kondisi tersebut, kebutuhan tenaga kerja operasional maupun tenaga ahli diharapkan dapat dipenuhi secara optimal untuk menunjang kegiatan produksi pabrik.

4.1.2 Faktor Sekunder

4.1.2.1 Perizinan

Lokasi pabrik dipilih di kawasan Jatiluhur Industrial Smart City (JISC), Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat yang merupakan kawasan industri sehingga proses perizinan pendirian pabrik, pengembangan utilitas, serta kegiatan operasional industri menjadi lebih mudah karena telah didukung oleh kebijakan dan infrastruktur kawasan industri yang memadai.

4.1.2.2 Area Perluasan Pabrik

Pabrik direncanakan didirikan di kawasan industri Jatiluhur Industrial Smart City (JISC), Purwakarta yang masih memiliki lahan pengembangan cukup luas dan berada jauh dari kawasan pemukiman padat penduduk. Kondisi ini memungkinkan dilakukannya perluasan area pabrik di masa mendatang tanpa mengganggu lingkungan sekitar. Selain itu, kawasan industri tersebut telah didukung oleh infrastruktur yang memadai seperti jalan akses industri, utilitas, dan sistem transportasi sehingga mendukung pengembangan kapasitas produksi pabrik.

4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik merupakan pengaturan fasilitas fisik, peralatan proses, serta tenaga kerja secara optimal untuk menunjang kelancaran kegiatan produksi. Penempatan peralatan dan fasilitas pabrik harus dirancang dengan memperhatikan aspek keamanan, keselamatan kerja, serta kenyamanan pekerja selama proses operasional berlangsung. Selain unit proses utama, fasilitas pendukung seperti kantor, gudang, laboratorium, bengkel, dan unit utilitas juga harus ditata secara efisien agar mempermudah pengawasan, aliran bahan, serta distribusi produk.

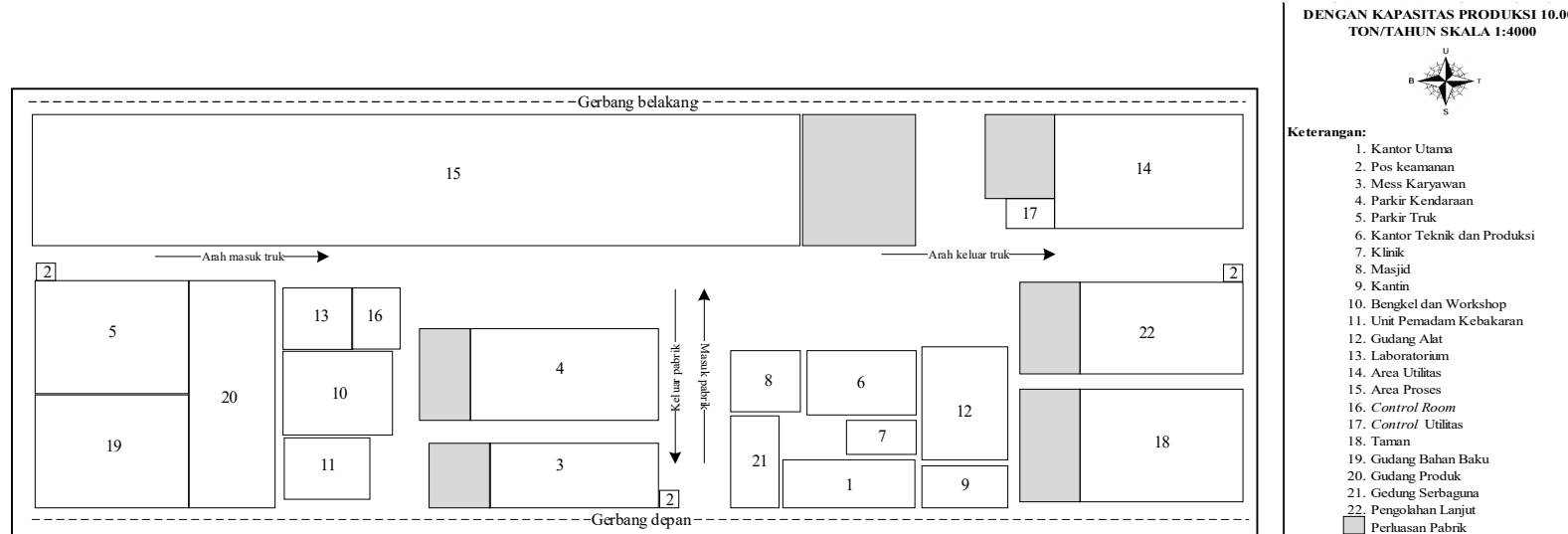
Pabrik yang direncanakan berlokasi di kawasan Jatiluhur Industrial Smart City (JISC), Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat sehingga tata letak pabrik disesuaikan dengan kondisi lahan dan infrastruktur kawasan industri. Perancangan tata letak dilakukan dengan mempertimbangkan hubungan antarunit proses, kemudahan akses transportasi, jalur perpipaan, keamanan operasional, serta kemungkinan pengembangan pabrik di masa mendatang. Tata letak yang baik

diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional, menekan biaya produksi dan distribusi, serta mendukung keselamatan kerja dan kelancaran proses produksi secara keseluruhan.

Tabel 4. 1 Rincian Luas Bangunan dan Tanah

No.	Area	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
1	Kantor Utama	30	20	600
2	Pos Keamanan	4	4	48
3	Mess	40	20	800
4	Parkir Kendaraan	50	30	1500
5	Parkir Truk	62	50	3100
6	Kantor Teknik dan Produksi	25	20	500
7	Klinik	15	10	150
8	Masjid	20	20	400
9	Kantin	25	15	375
10	Bengkel dan Workshop	40	30	1200
11	Unit Pemadam Kebakaran	30	20	600
12	Gudang Alat	35	25	875
13	Laboratorium	25	20	500
14	Utilitas	78,07	78,07	6.095,50
15	Area Proses	142,14	253,36	36.011,94
16	Control Room	15	15	225
17	Control Utilitas	15	10	150
18	Taman	80	50	4.000

No.	Area	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas (m ²)
19	Perluasan Pabrik	100	80	8.000
20	Gudang Bahan Baku	99	40	4.000
21	Gudang Produk	62	50	3.100
22	Gedung Serbaguna	32	15	480
23	Pengolahan Limbah	70	45	3.150
24	Jalan	100	80	8.000
Luas Total (m²)				83.860,44
Luas Total (m²)				100.632,53



Gambar 4. 2 *Layout* Pabrik Hidrazin

4.3 Tata Letak Mesin / Alat Proses (*Machines Layout*)

4.3.1 Aliran Bahan Baku dan Produk

Jalannya aliran bahan baku dan produk yang tepat akan memberikan keuntungan ekonomis serta menunjang kelancaran dan keamanan proses produksi. Aliran bahan baku dirancang agar memiliki jalur distribusi yang efisien dari area penyimpanan menuju unit proses sehingga dapat meminimalkan waktu dan biaya transportasi internal. Selain itu, pengaturan aliran produk dilakukan secara terarah dari unit proses hingga area penyimpanan produk untuk mempermudah pengawasan, pengendalian proses, dan menjaga kualitas produk yang dihasilkan.

4.3.2 Aliran Udara

Sirkulasi udara di dalam maupun di sekitar area proses harus diperhatikan agar tetap berjalan dengan baik. Sistem ventilasi dan aliran udara yang memadai diperlukan untuk mencegah terjadinya penumpukan gas atau uap bahan kimia pada area tertentu yang dapat membahayakan keselamatan pekerja maupun mengganggu proses produksi.

Pada pabrik hidrazin hidrat, pengaturan aliran udara dilakukan dengan mempertimbangkan arah angin, jarak antarperalatan, serta penempatan ventilasi pada area proses dan utilitas. Dengan adanya sirkulasi udara yang baik, risiko akumulasi zat kimia berbahaya dapat dikurangi sehingga keamanan dan kenyamanan lingkungan kerja tetap terjaga.

4.3.3 Pencehayaan

Sistem pencahayaan di seluruh area pabrik harus dirancang secara memadai untuk mendukung kelancaran operasional dan keselamatan kerja. Area proses, utilitas, laboratorium, gudang, serta jalan operasional diberikan penerangan yang cukup agar aktivitas pengawasan dan pengoperasian peralatan dapat dilakukan dengan baik, terutama pada saat operasi malam hari. Selain itu, pada area proses yang memiliki risiko bahaya lebih tinggi, seperti area penyimpanan bahan kimia dan unit proses utama, dipasang penerangan tambahan untuk meningkatkan keamanan dan mempermudah penanganan apabila terjadi kondisi darurat.

4.3.4 Lalu Lintas Manusia dan Kendaraan

Dalam perancangan tata letak pabrik, lalu lintas manusia dan kendaraan harus diperhatikan agar kegiatan operasional dapat berjalan dengan aman dan efisien. Penempatan peralatan proses dirancang sedemikian rupa sehingga seluruh unit mudah dijangkau oleh operator untuk memudahkan pengawasan, perawatan, maupun penanganan gangguan proses. Selain itu, jalur perpindahan pekerja dipisahkan dari jalur kendaraan operasional dan distribusi bahan guna mengurangi risiko kecelakaan kerja.

4.3.5 *Maintenance*

Maintenance merupakan kegiatan penting dalam menjaga kondisi sarana, fasilitas, dan peralatan pabrik agar proses produksi dapat berlangsung secara optimal dan berkelanjutan. Kegiatan pemeliharaan dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan peralatan yang dapat mengganggu proses produksi serta

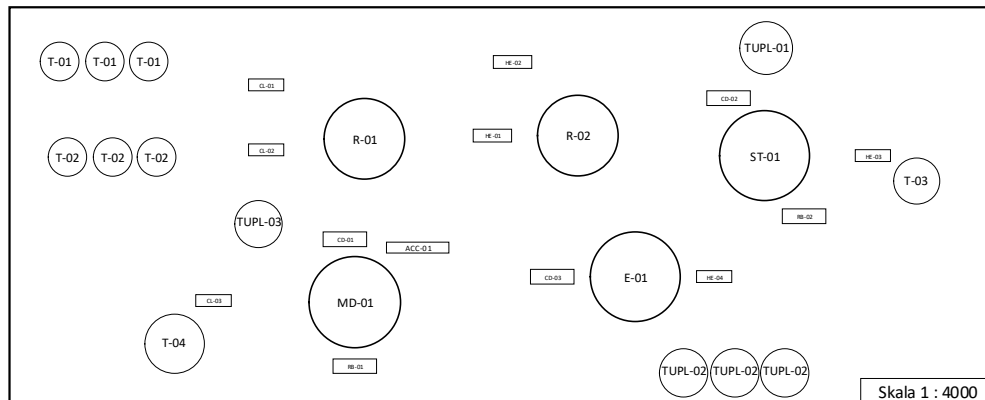
menurunkan produktivitas pabrik. Dengan adanya maintenance yang baik, target produksi dan kualitas produk yang diinginkan dapat tercapai sesuai spesifikasi.

Pada pabrik hidrazin hidrat, perawatan preventif dilakukan secara rutin setiap hari untuk menjaga kebersihan area proses, memeriksa kondisi peralatan, serta mencegah terjadinya kerusakan dini pada alat. Selain itu, dilakukan juga perawatan periodik berdasarkan jadwal tertentu dan petunjuk teknis masing-masing peralatan agar kinerja alat tetap optimal dan umur operasi peralatan menjadi lebih panjang.

4.3.6 Jarak Antara Alat Proses

Jarak antar alat proses merupakan salah satu aspek penting dalam perancangan tata letak pabrik karena berpengaruh terhadap kelancaran proses produksi, efisiensi perpindahan material, serta keselamatan kerja. Penentuan jarak antarperalatan dilakukan dengan mempertimbangkan kemudahan akses operator, kebutuhan ruang untuk kegiatan maintenance, jalur perpipaan, serta keamanan operasional dari masing-masing unit proses.

Pada pabrik hidrazin hidrat, pengaturan jarak antar alat juga mempertimbangkan kondisi operasi seperti suhu, tekanan, serta potensi bahaya bahan kimia yang digunakan sehingga risiko kecelakaan kerja dapat diminimalkan. Selain itu, disediakan ruang yang cukup untuk mobilitas pekerja dan kemungkinan pengembangan kapasitas pabrik di masa mendatang agar operasional pabrik dapat berjalan dengan aman, efisien, dan optimal.



Gambar 4. 3 Layout Alat Proses

Keterangan gambar:

ACC	: <i>Accumulator</i>	MD	: Menara Distilasi
CD	: <i>Condensor</i>	R	: Reaktor
CL	: <i>Cooler</i>	ST	: <i>Stripper</i>
E	: <i>Evaporator</i>	T	: Tangki
HE	: <i>Heater</i>	TUPL	: Tangki UPL

4.4 Organisasi Perusahaan

Dalam menjalankan suatu perusahaan, diperlukan sumber daya manusia yang kompeten serta sistem organisasi yang mampu mendukung kelancaran operasional pabrik. Struktur organisasi disusun untuk mengatur pembagian tugas, tanggung jawab, kedudukan, serta wewenang setiap bagian dalam perusahaan sehingga kegiatan produksi dan administrasi dapat berjalan secara efektif dan terkoordinasi. Jabatan dalam perusahaan disusun secara hierarkis mulai dari tingkat tertinggi hingga tingkat operasional.

Struktur organisasi pabrik hidrazin hidrat menggunakan sistem garis dan staf (line and staff organization). Sistem garis merupakan bagian organisasi yang secara langsung menjalankan kegiatan utama perusahaan untuk mencapai tujuan produksi, sedangkan sistem staf bertugas memberikan saran, pertimbangan, dan dukungan teknis sesuai bidang keahliannya kepada bagian operasional.

Pemegang saham sebagai pemilik perusahaan diwakili oleh Dewan Komisaris yang bertugas melakukan pengawasan terhadap jalannya perusahaan. Kegiatan operasional perusahaan dipimpin oleh Direktur Utama yang dibantu oleh Direktur Produksi serta Direktur Administrasi, Keuangan, dan Umum.

Direktur Produksi bertanggung jawab terhadap kegiatan produksi dan membawahi bagian produksi, proses, utilitas, pengendalian proses, serta pemeliharaan (maintenance). Sementara itu, Direktur Administrasi, Keuangan, dan Umum membawahi bagian pembelian, pemasaran, administrasi dan keuangan, personalia, hubungan masyarakat (humas), keamanan, serta penelitian dan pengembangan (research and development).

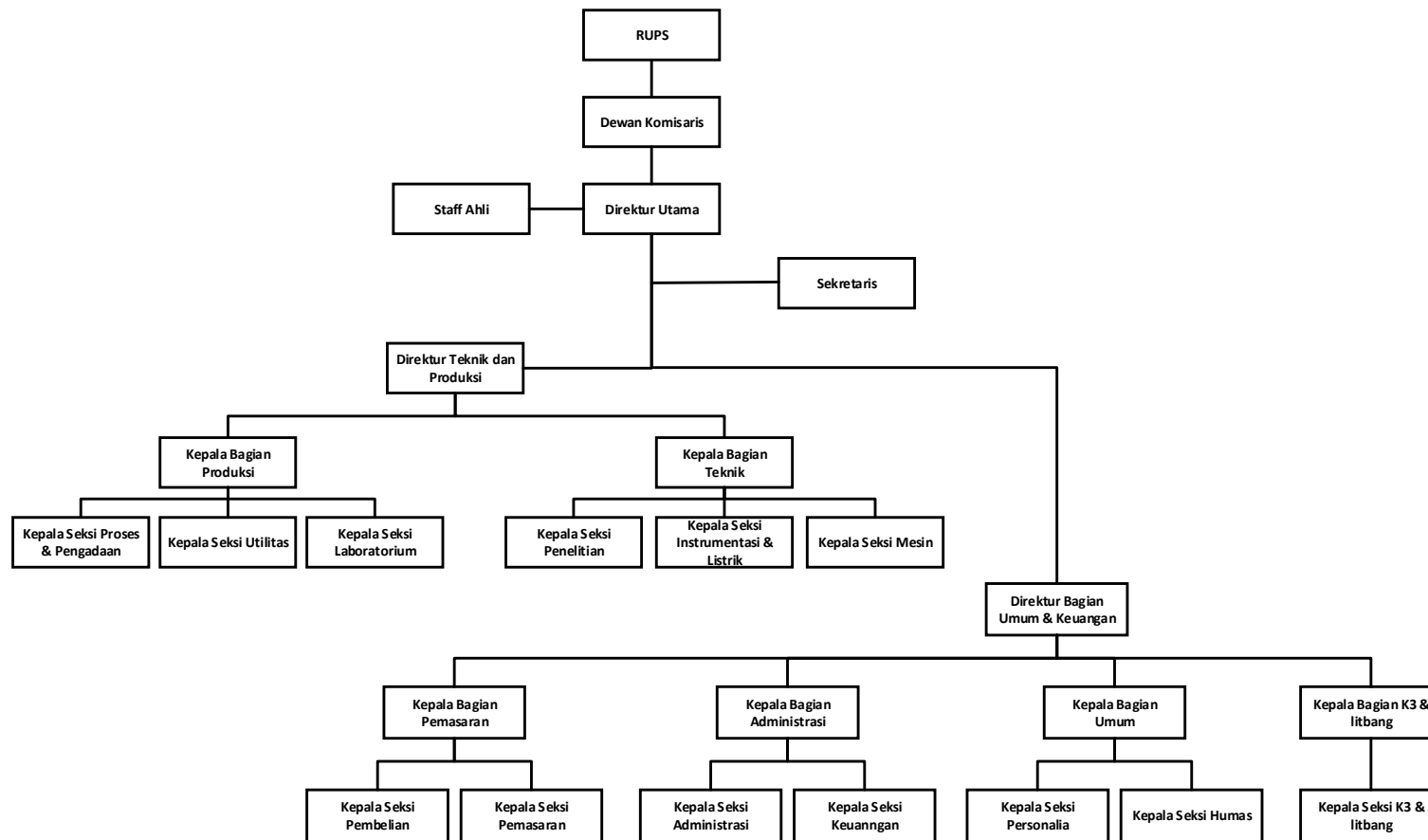
Setiap direktur membawahi kepala bagian yang bertanggung jawab terhadap masing-masing divisi. Kepala bagian kemudian mengawasi beberapa seksi yang membawahi karyawan operasional dalam kelompok kerja tertentu yang dipimpin oleh kepala regu. Kepala regu bertanggung jawab langsung kepada pengawas seksi sehingga koordinasi kerja dapat berjalan dengan baik.

Selain itu, untuk mendukung kelancaran proses produksi, perusahaan juga memerlukan staf ahli yang memiliki keahlian sesuai bidang masing-masing. Staf ahli bertugas memberikan masukan teknis, saran, dan pertimbangan kepada

pimpinan maupun pengawas dalam pengambilan keputusan agar tujuan perusahaan dapat tercapai secara optimal.

Adanya struktur organisasi yang baik memberikan beberapa manfaat bagi perusahaan, antara lain:

- a. Menjelaskan pembagian tugas, tanggung jawab, dan wewenang setiap bagian.
- b. Mempermudah koordinasi dan pengawasan dalam perusahaan.
- c. Menempatkan tenaga kerja sesuai dengan keahlian dan kompetensinya.
- d. Membantu perencanaan dan pengembangan manajemen perusahaan.
- e. Mempermudah evaluasi dan perbaikan sistem kerja apabila terdapat prosedur yang kurang efektif.



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan Pabrik Hidrazin dari Amonia dan Natrium Hipoklorit

4.5 Tugas dan Wewenang

4.5.1 Pemegang Saham

Pemegang saham merupakan pihak yang memberikan modal kepada perusahaan melalui kepemilikan saham. Dalam bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT), kekuasaan tertinggi berada pada Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). RUPS dilaksanakan minimal satu kali dalam satu tahun sebagai forum pengambilan keputusan penting yang berkaitan dengan kebijakan dan keberlangsungan perusahaan.

Beberapa tugas dan wewenang pemegang saham melalui RUPS antara lain:

- a. Mengangkat dan memberhentikan Dewan Komisaris serta Direksi perusahaan.
- b. Mengesahkan laporan keuangan perusahaan seperti neraca, laporan laba rugi, dan hasil usaha tahunan.
- c. Meminta pertanggungjawaban Dewan Komisaris dan Direksi atas pelaksanaan kegiatan perusahaan.
- d. Menyetujui perubahan komposisi pemegang saham apabila terdapat perubahan kepemilikan saham berdasarkan hasil musyawarah.
- e. Menentukan penggunaan laba perusahaan, baik untuk dibagikan sebagai dividen, disimpan sebagai cadangan, maupun digunakan kembali untuk pengembangan perusahaan.

Dengan kepemilikan saham tersebut, pemegang saham berperan sebagai pemilik sekaligus penyedia modal perusahaan. Oleh karena itu, pemegang saham memiliki hak untuk melakukan pengawasan terhadap jalannya

perusahaan melalui RUPS agar kebijakan yang diambil dapat mendukung keberlangsungan operasional dan perkembangan perusahaan di masa mendatang.

4.5.2 Dewan Komisaris

Dewan Komisaris merupakan perwakilan pemegang saham yang bertugas melakukan pengawasan terhadap jalannya perusahaan serta memastikan kebijakan perusahaan dilaksanakan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Dewan Komisaris bertanggung jawab langsung kepada pemegang saham melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) dan memiliki peranan penting dalam menjaga tata kelola perusahaan agar berjalan dengan baik.

Adapun tugas dan wewenang Dewan Komisaris antara lain:

- a. Mengevaluasi dan memberikan persetujuan terhadap rencana yang diajukan Direksi terkait kebijakan umum perusahaan, target produksi, pengembangan perusahaan, sumber pendanaan, serta strategi pemasaran produk.
- b. Mengawasi pelaksanaan tugas Direksi dan memastikan kegiatan operasional perusahaan berjalan sesuai dengan kebijakan dan peraturan yang berlaku.
- c. Memberikan saran dan pertimbangan kepada Direksi dalam pengambilan keputusan yang bersifat strategis bagi perusahaan.
- d. Membantu Direktur Utama dalam menangani permasalahan penting yang berkaitan dengan keberlangsungan dan pengembangan perusahaan.

Dewan Komisaris dipilih melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS) sebagai bentuk pengawasan dari pemegang saham terhadap pengelolaan

perusahaan. Dengan adanya Dewan Komisaris, diharapkan pelaksanaan kegiatan perusahaan dapat berjalan lebih terarah, akuntabel, dan sesuai dengan tujuan perusahaan.

4.5.3 Direktur Utama

Direktur Utama merupakan pimpinan tertinggi dalam perusahaan yang bertanggung jawab atas pengelolaan dan perkembangan perusahaan secara keseluruhan. Direktur Utama bertanggung jawab langsung kepada Dewan Komisaris dan pemegang saham terhadap seluruh kebijakan dan kegiatan operasional perusahaan. Dalam menjalankan tugasnya, Direktur Utama berperan dalam mengoordinasikan seluruh kegiatan perusahaan agar tujuan produksi, pemasaran, dan pengembangan perusahaan dapat tercapai secara efektif dan efisien.

Tugas dan wewenang Direktur Utama meliputi:

- a. Memimpin dan mengembangkan perusahaan agar kegiatan operasional berjalan secara efektif dan efisien.
- b. Menyusun dan melaksanakan kebijakan umum perusahaan sesuai dengan hasil keputusan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS).
- c. Menjaga hubungan yang baik antara pemegang saham, pimpinan, karyawan, dan konsumen guna mendukung stabilitas perusahaan.
- d. Mengangkat dan memberhentikan kepala bagian dengan persetujuan Dewan Komisaris atau RUPS.
- e. Mengoordinasikan kegiatan seluruh direktorat dan bagian dalam perusahaan.

- f. Menjalin kerja sama dengan pihak eksternal untuk mendukung pengembangan perusahaan.
- g. Mewakili perusahaan dalam hubungan kerja sama maupun perjanjian dengan pihak ketiga.

Dalam pelaksanaan tugasnya, Direktur Utama dibantu oleh beberapa bagian dan staf pendukung, yaitu:

1) Sekretaris

Sekretaris bertugas membantu Direktur Utama dalam kegiatan administrasi perusahaan, seperti surat-menyurat, pengarsipan dokumen, penyusunan jadwal, dan pekerjaan administratif lainnya untuk mendukung kelancaran operasional perusahaan.

2) Direktorat Produksi dan Teknik

Direktorat ini bertanggung jawab terhadap kelancaran kegiatan produksi dan operasional pabrik. Direktorat Produksi dan Teknik membawahi bagian proses dan utilitas, bagian pemeliharaan (maintenance), bagian listrik dan instrumentasi, serta bagian pengendalian proses dan mutu produk.

3) Direktorat Keuangan dan Pemasaran

Direktorat ini bertanggung jawab dalam pengelolaan keuangan perusahaan, penyusunan anggaran, serta kegiatan pemasaran produk. Direktorat Keuangan dan Pemasaran membawahi bagian keuangan dan bagian pemasaran.

4) Direktorat Sumber Daya Manusia dan Umum

Direktorat ini bertanggung jawab dalam pengelolaan administrasi perusahaan, personalia, hubungan masyarakat, keamanan, serta keselamatan dan kesehatan kerja (K3). Direktorat ini membawahi bagian administrasi, sumber daya manusia, umum dan keamanan, serta bagian K3 dan lingkungan.

5) Staf Ahli

Staf ahli bertugas memberikan saran, pertimbangan, dan masukan teknis kepada pimpinan perusahaan sesuai bidang keahlian masing-masing guna mendukung pengambilan keputusan dan kelancaran operasional perusahaan.

Dengan struktur organisasi yang jelas dan pembagian tugas yang terorganisasi, Direktur Utama dapat mengoordinasikan seluruh kegiatan perusahaan secara optimal sehingga tujuan perusahaan dapat tercapai sesuai visi dan misi yang telah ditetapkan.

4.5.4 Kepala Bagian

Secara umum, tugas Kepala Bagian adalah mengoordinasikan, mengatur, dan mengawasi pelaksanaan pekerjaan pada masing-masing bagian sesuai dengan kebijakan dan arahan pimpinan perusahaan. Kepala Bagian juga bertanggung jawab kepada direktur yang membawahnya serta memastikan seluruh kegiatan operasional berjalan dengan baik sesuai bidang kerja masing-masing.

Adapun Kepala Bagian dalam struktur organisasi pabrik hidrazin hidrat terdiri dari:

1. Kepala Bagian Proses dan Utilitas

Bertugas mengatur dan mengawasi kegiatan proses produksi serta penyediaan utilitas seperti air, steam, listrik, dan sistem pendingin agar operasional pabrik berjalan lancar. Kepala Bagian ini membawahi Seksi Proses dan Seksi Utilitas.

2. Kepala Bagian Pemeliharaan, Listrik, dan Instrumentasi

Bertanggung jawab terhadap kegiatan pemeliharaan peralatan proses, sistem kelistrikan, serta instrumentasi pabrik agar seluruh peralatan dapat beroperasi dengan baik dan aman. Kepala Bagian ini membawahi Seksi Pemeliharaan dan Bengkel serta Seksi Listrik dan Instrumentasi.

3. Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, dan K3

Bertugas mengatur dan mengawasi kegiatan penelitian, pengembangan proses, pengendalian mutu, serta penerapan aspek Kesehatan, Keselamatan Kerja, dan Lingkungan (K3L) di area pabrik. Kepala Bagian ini membawahi Seksi Litbang dan Seksi K3L.

4. Kepala Bagian Keuangan

Bertanggung jawab terhadap pengelolaan keuangan perusahaan, pencatatan keluar masuk dana, penyusunan laporan keuangan, serta pengawasan penggunaan anggaran perusahaan. Kepala Bagian ini membawahi Seksi Keuangan dan Seksi Akuntansi.

5. Kepala Bagian Pemasaran dan Pembelian

Bertugas mengatur kegiatan pembelian bahan baku serta pemasaran produk perusahaan. Kepala Bagian ini membawahi Seksi Pembelian dan Seksi Pemasaran.

6. Kepala Bagian Umum dan Keamanan

Bertanggung jawab terhadap kegiatan penunjang perusahaan seperti pelayanan umum, kebersihan lingkungan kerja, keamanan pabrik, serta pengelolaan fasilitas umum perusahaan. Kepala Bagian ini membawahi Seksi Umum dan Seksi Keamanan.

7. Kepala Bagian Sumber Daya Manusia (SDM)

Bertugas mengelola tenaga kerja perusahaan, mulai dari rekrutmen, pelatihan, pengembangan kompetensi, hingga evaluasi kinerja karyawan agar kualitas sumber daya manusia perusahaan tetap terjaga.

Setiap Kepala Bagian bertanggung jawab kepada direktur terkait dan secara umum memiliki tugas untuk mengatur, mengawasi, serta mengoordinasikan pelaksanaan pekerjaan sesuai bidangnya masing-masing sehingga kegiatan operasional perusahaan dapat berjalan secara efektif dan efisien.

4.6 Pengaturan Jam Kerja

4.6.1 Karyawan *non-Shift*

Karyawan non-shift adalah karyawan yang tidak terlibat secara langsung dalam kegiatan proses produksi pabrik. Kelompok ini meliputi Direktur Utama, direktur, sekretaris, kepala bagian, staf ahli, serta seluruh karyawan administrasi dan perkantoran lainnya. Karyawan non-shift bekerja selama 5 hari kerja dalam satu minggu dengan total waktu kerja 40 jam per minggu sesuai ketentuan perusahaan. Hari Sabtu, Minggu, dan hari libur nasional ditetapkan sebagai hari

libur kerja. Pengaturan jam kerja ini bertujuan untuk mendukung efektivitas kerja serta menjaga produktivitas dan kenyamanan karyawan dalam menjalankan tugasnya.

Tabel 4. 2 Rincian Jam Kerja

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
Senin - Kamis	08.00 - 17.00	12.00 – 13.00
Jum'at	08.00 – 17.00	11.30 – 13.00

4.6.2 Karyawan *Shift*

Karyawan shift adalah karyawan yang terlibat secara langsung dalam kegiatan proses produksi maupun pengoperasian unit penting pabrik yang berkaitan dengan kelancaran operasional dan keselamatan kerja. Karena proses produksi pabrik hidrazin hidrat berlangsung secara kontinu, maka kegiatan operasional harus berjalan selama 24 jam sehingga diperlukan sistem kerja shift secara bergantian.

Golongan karyawan shift meliputi operator produksi, operator utilitas, personel laboratorium, pengendalian proses, sebagian teknisi pemeliharaan, petugas gudang, serta petugas keamanan pabrik. Karyawan shift bertugas memastikan seluruh unit proses, utilitas, dan fasilitas penunjang dapat beroperasi dengan aman dan stabil selama kegiatan produksi berlangsung.

Sistem kerja shift dibagi menjadi 3 shift dalam satu hari dengan pengaturan waktu kerja secara bergiliran. Pembagian shift ini dilakukan untuk menjaga kontinuitas proses produksi, mengurangi kelelahan kerja, serta memastikan pengawasan operasional pabrik tetap berjalan secara optimal selama 24 jam.

Tabel 4. 3 Rincian Jam Kerja Masing – masing *Shift*

Hari	Jam Kerja	Jam Istirahat
<i>Shift 1</i>	08.00 - 16.00	12.00 – 13.00
<i>Shift 2</i>	16.00 - 00.00	18.30 – 19.30
<i>Shift 3</i>	00.00 – 18.00	04.00 – 05.00

Pelaksanaan kerja shift dibagi ke dalam 4 kelompok kerja, yaitu kelompok A, B, C, dan D. Dalam satu hari kerja, hanya 3 kelompok yang bertugas, sedangkan 1 kelompok lainnya mendapat giliran libur. Sistem ini diterapkan untuk menjaga kontinuitas operasional pabrik yang berlangsung selama 24 jam sekaligus memberikan waktu istirahat yang cukup bagi karyawan.

Setiap kelompok menjalani jadwal kerja secara bergantian pada masing-masing shift selama 3 hari berturut-turut dan kemudian memperoleh 1 hari libur sebelum memasuki jadwal shift berikutnya. Pengaturan kerja tersebut bertujuan untuk menjaga efektivitas kerja, mengurangi kelelahan operator, serta memastikan kegiatan produksi tetap berjalan dengan aman dan stabil.

Pada hari libur nasional maupun hari besar keagamaan yang ditetapkan pemerintah, kelompok yang memperoleh jadwal kerja tetap diwajibkan menjalankan tugas operasional pabrik. Jam kerja pada hari tersebut dihitung sebagai lembur sehingga karyawan berhak memperoleh insentif tambahan sesuai ketentuan perusahaan yang berlaku.

Setiap shift dipimpin oleh seorang kepala shift yang bertanggung jawab terhadap kelancaran proses produksi, pengawasan operasional, serta koordinasi pekerja selama jam kerja berlangsung. Dengan adanya sistem kerja shift yang

teratur, operasional pabrik diharapkan dapat berjalan secara kontinu, aman, dan efisien sepanjang waktu.

Tabel 4. 4 Jadwal jam Kerja

Kelompok	Tanggal														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P
B	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
C	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
D	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M

Tabel 4. 5 Jadwal Jam Kerja (Lanjutan)

Kelompok	Tanggal														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
A	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M
B	M	L	S	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S
C	S	S	L	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L
D	P	P	P	L	M	M	M	L	S	S	S	L	P	P	P

Keterangan :

P : *Shift* Pagi

S : *Shift* Siang

M : *Shift* Malam

L : Libur

4.7 Jumlah Karyawan dan Sistem Gaji

4.7.1 Gaji Bulanan

Gaji bulanan adalah gaji yang diberikan kepada pegawai tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan.

4.7.2 Gaji Lembur

Gaji lembur adalah gaji yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok yang sudah ditentukan.

Gambar 4. 5 Jumlah Tenaga Kerja dan Sistem Penggajian

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji
1	Direktur Utama	1	Rp40.000.000	Rp40.000.000
2	Direktur Teknik dan Operasi	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
3	Direktur Keuangan dan Pemasaran	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
4	Direktur SDM dan Umum	1	Rp30.000.000	Rp30.000.000
5	Kepala Bagian Produksi dan Utilitas	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
6	Kepala Bagian Listrik dan Instrumentasi	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
7	Kepala Bagian Penelitian, Pengembangan, Pengendalian Mutu	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
8	Kepala Bagian Keuangan dan Pemasaran	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
9	Kepala Bagian Administrasi	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
10	Kepala Bagian Humas dan Keamanan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000
11	Kepala Bagian K3 dan Lingkungan	1	Rp15.000.000	Rp15.000.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji
12	Kepala Seksi Proses	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
13	Kepala Seksi Bahan Baku dan Produk	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
14	Kepala Seksi Utilitas	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
15	Kepala Seksi Pemeliharaan dan Bengkel	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
16	Kepala Seksi Listrik dan Instrument	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
17	Kepala Seksi Penelitian dan Pengembangan	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
18	Kepala Seksi Laboratorium dan Pengembangan Mutu	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
19	Kepala Seksi Keuangan	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
20	Kepala Seksi Pemasaran	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
21	Kepala Seksi Tata Usaha	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
22	Kepala Seksi Personalia	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
23	Kepala Seksi Hubungan Masyarakat	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
24	Kepala Seksi Keamanan	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
25	Kepala Seksi K3	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
26	Kepala Seksi Lingkungan	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji
27	Karyawan Produksi	6	Rp6.500.000	Rp39.000.000
28	Karyawan Utilitas	6	Rp6.500.000	Rp39.000.000
29	Karyawan Bahan Baku dan Produk	6	Rp6.500.000	Rp39.000.000
30	Karyawan Listrik, Instrumentasi dan Pemeliharaan	6	Rp6.500.000	Rp39.000.000
31	Karyawan Litbang	5	Rp6.500.000	Rp32.500.000
32	Karyawan K3 dan Pengolahan Limbah	5	Rp6.500.000	Rp32.500.000
33	Karyawan Kas/Anggaran	4	Rp6.500.000	Rp26.000.000
34	Karyawan Pemasaran/Penjualan	6	Rp6.500.000	Rp39.000.000
35	Karyawan Humas dan Keamanan	6	Rp6.500.000	Rp39.000.000
36	Karyawan Administrasi	6	Rp6.500.000	Rp39.000.000
37	Operator Produksi	31	Rp7.000.000	Rp217.000.000
38	Operator Utilitas	19	Rp7.000.000	Rp133.000.000
39	Sekretaris	4	Rp6.500.000	Rp26.000.000
40	Dokter	3	Rp12.000.000	Rp36.000.000
41	Perawat	3	Rp7.000.000	Rp21.000.000
42	Supir	7	Rp6.500.000	Rp45.500.000
43	Cleaning Service	12	Rp6.500.000	Rp78.000.000
44	Security	12	Rp6.500.000	Rp78.000.000
45	Kepala Seksi Pendataan Audit	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
46	Kepala Seksi Perencanaan Keuangan	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000

No	Jabatan	Jumlah	Gaji/Bulan	Total Gaji
	Kepala Seksi			
47	Pengendalian Keuangan	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
	Kepala Seksi			
48	Pengadaan Bahan Baku	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
	Kepsi Seksi			
49	Pengadaan Bahan Pendukung	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
	Kepala Seksi			
50	Akuntansi	2	Rp10.000.000	Rp20.000.000
Total		200	Rp569.000.000	Rp1.653.500.000

4.8 Fasilitas dan Hak Karyawan

Perusahaan memberikan berbagai fasilitas dan hak kepada karyawan guna mendukung aktivitas kerja serta meningkatkan kesejahteraan karyawan secara keseluruhan. Adapun hak dan fasilitas tersebut meliputi:

a. Hak Cuti

1) Cuti Tahunan

Setiap karyawan berhak atas cuti tahunan maksimal selama 14 hari dalam satu tahun. Apabila hak cuti tersebut tidak digunakan dalam tahun berjalan, maka cuti tersebut akan hangus dan tidak dapat diakumulasikan ke tahun berikutnya

2) Cuti Massal

Perusahaan juga memberikan cuti massal selama 4 hari kerja setiap tahunnya yang bertepatan dengan perayaan Hari Raya.

3) Cuti Hamil

Karyawan wanita yang akan melahirkan berhak mendapatkan cuti selama 3 bulan dengan gaji penuh, dengan ketentuan bahwa jarak kelahiran anak pertama dan kedua minimal dua tahun

b. Hari Libur Nasional

Bagi karyawan harian (non-shift), hari libur nasional merupakan hari libur kerja. Sementara itu, karyawan yang bekerja dalam sistem shift tetap masuk kerja pada hari libur nasional, namun hari tersebut dihitung sebagai kerja lembur (overtime).

c. Kerja Lembur

Lembur hanya dilakukan jika ada pekerjaan yang bersifat mendesak dan harus segera diselesaikan, serta harus mendapat persetujuan dari kepala bagian terlebih dahulu.

d. Pakaian Kerja dan Alat Perlindungan Diri

Untuk menjaga kesetaraan antar karyawan, perusahaan menyediakan dua pasang pakaian kerja setiap tahun. Selain itu, masker kerja juga disediakan sebagai bagian dari perlindungan kesehatan dan keselamatan kerja.

e. Jamsostek

Seluruh karyawan tercakup dalam program Jamsostek yang mencakup asuransi jiwa dan asuransi kecelakaan kerja. Program ini bertujuan memberikan rasa aman bagi karyawan selama menjalankan tugasnya.

f. Fasilitas Pendukung Karyawan

Perusahaan juga menyediakan berbagai fasilitas untuk mendukung kenyamanan dan produktivitas kerja karyawan, antara lain:

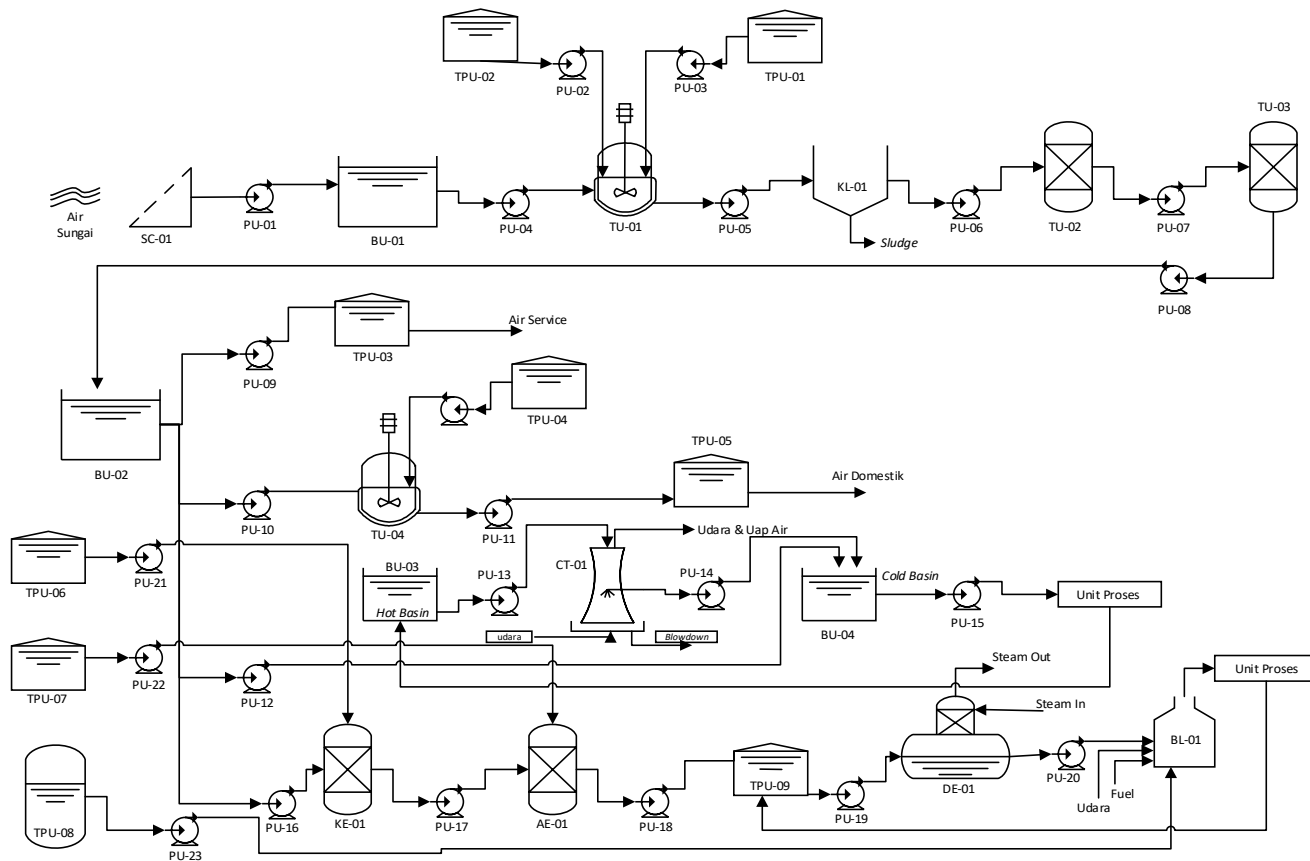
- 1) Sarana transportasi berupa bus karyawan.
- 2) Fasilitas poliklinik dengan tenaga medis profesional.
- 3) Tempat ibadah yang dilengkapi dengan air dan listrik.
- 4) Koperasi karyawan.
- 5) Kantin karyawan.
- 6) Penghargaan berupa tanda mata bagi karyawan yang telah bekerja
- 7) selama 10 tahun berturut-turut.

BAB V

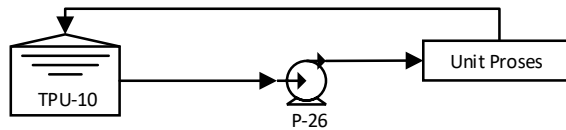
UTILITAS

Unit utilitas atau unit pendukung merupakan bagian penting dalam suatu pabrik yang berfungsi menunjang kelancaran proses produksi. Unit ini menyediakan berbagai kebutuhan operasional, seperti air, steam, energi listrik, bahan bakar, udara tekan, serta sistem pendingin, sehingga proses produksi dapat berlangsung secara kontinu, aman, efisien, dan sesuai dengan standar operasional yang ditetapkan. Adapun unit-unit yang digunakan meliputi:

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)
3. Unit Penyediaan Bahan Bakar (*Fuel Supply System*)
4. Unit Pembangkit Listrik (*Power Generation System*)
5. Unit Penyedia Udara Tekan (*Instrument Air System*)
6. Unit Sistem Pendingin dan Brine (*Cooling and Brine System*)
7. Unit Pengolahan Lanjut (*Advanced Treatment System*)



Gambar 5. 1 Diagram Alir Utilitas Unit Pengolahan Air



Gambar 5. 2 Diagram Alir Utilitas Unit Pengolahan Air

5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

5.1.1 Unit Penyediaan Air

Dalam kegiatan operasional pabrik, ketersediaan air merupakan salah satu aspek penting yang harus dipenuhi secara kontinu, baik untuk kebutuhan proses maupun utilitas. Sumber air industri umumnya dapat berasal dari air sungai, air sumur, air danau, maupun air laut, tergantung pada lokasi dan kebutuhan pabrik.

Pada Prarancangan Pabrik Hidrazin dari amonia dan natrium hipoklorit ini, sumber air utama diperoleh dari Sungai Citarum yang berada di kawasan Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat. Pemilihan Sungai Citarum sebagai sumber penyedia air didasarkan pada beberapa pertimbangan teknis dan ekonomis sebagai berikut:

a. Ketersediaan Air

Sungai Citarum memiliki debit air yang relatif besar dan tersedia sepanjang tahun, sehingga mampu memenuhi kebutuhan air pabrik secara kontinu untuk menunjang kegiatan proses maupun utilitas.

b. Efisiensi Pengolahan Air

Air sungai lebih mudah dan ekonomis untuk diolah dibandingkan air laut karena memiliki kandungan garam yang lebih rendah. Dengan demikian, proses

pengolahan air menjadi lebih sederhana serta dapat menekan biaya investasi dan operasional unit pengolahan air.

c. Lokasi Dekat dengan Kawasan Industri

Lokasi Sungai Citarum relatif dekat dengan kawasan industri *Jatiluhur Industrial Smart City* (JISC), sehingga mempermudah sistem distribusi air ke pabrik dan mengurangi biaya pembangunan infrastruktur perpipaan maupun biaya transportasi utilitas.

Secara keseluruhan, air yang digunakan pada pabrik hidrazin ini dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan operasional, baik untuk proses produksi maupun kegiatan pendukung lainnya, yang meliputi:

1. Air Domestik

Air domestik merupakan air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari karyawan dan fasilitas penunjang pabrik, seperti air minum, sanitasi, toilet, serta kebutuhan perumahan dinas. Air yang digunakan harus memenuhi persyaratan kualitas tertentu agar aman digunakan. Secara fisik, air harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Selain itu, secara kimia air tidak boleh mengandung zat berbahaya, baik organik maupun anorganik, sedangkan secara mikrobiologi air harus bebas dari mikroorganisme patogen yang dapat membahayakan kesehatan.

Menurut standar kebutuhan air bersih yang dikeluarkan oleh *World Health Organization*, kebutuhan air domestik berkisar antara 100–200 liter/orang per hari. Pada prarancangan pabrik ini digunakan asumsi kebutuhan air sebesar 120 liter/orang perhari untuk kebutuhan karyawan pabrik. Dengan jumlah karyawan

sebanyak 200 orang, maka kebutuhan air domestik untuk area kantor diperoleh sebesar 24.000 kg/hari.

Selain kebutuhan kantor, pabrik juga menyediakan fasilitas perumahan dinas sebanyak 30 unit rumah. Dengan asumsi setiap rumah dihuni oleh 4 orang dan kebutuhan air sebesar 150 liter/orang per hari, maka kebutuhan air untuk kawasan perumahan diperoleh sebesar 18.000 kg/hari.

Dengan demikian, total kebutuhan air domestik pada pabrik adalah sebesar 42.000 kg/hari. Untuk mengantisipasi adanya fluktuasi penggunaan air serta kebutuhan mendadak, diterapkan faktor overdesign sebesar 20%, sehingga total kebutuhan air domestik yang direncanakan menjadi 50.400 kg/hari.

2. Air Service

Perkiraan air untuk kebutuhan layanan umum seperti bengkel, poliklinik, laboratorium, pemadam kebakaran, kantin, musholla, dan kebun sebesar 10.800 kg/hari. Untuk mengantisipasi fluktuasi dan kebutuhan darurat, maka diterapkan overdesign sebesar 20%, sehingga total kebutuhan air *service* yang direncanakan menjadi 12.960 kg/hari.

3. Air Pendingin

Air pendingin digunakan untuk peralatan yang membutuhkan penurunan suhu selama proses berlangsung. Penggunaan air sebagai media pendingin dipilih karena beberapa keunggulan, antara lain: ketersediaannya yang melimpah, kemudahan dalam pengolahan dan pengaturan, kemampuan menyerap panas dalam jumlah besar tanpa terdekomposisi, dan kestabilan volumenya meskipun pada temperatur rendah.

Kebutuhan air pendingin pada pabrik ini ditunjukkan dalam Tabel 5.1 berikut:

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
Heat Exchanger	CL-01	0,002
	CL-02	27,22
	CL-03	1,177
Condensor	CD-01	21.688,723
	CD-02	27,20
	CD-03	913,14
Reaktor	R-01	390.255,97
	R-02	106,548,73
Total		519.462,15

Untuk mengantisipasi beban puncak dan kondisi tidak terduga, perancangan sistem pendingin dilakukan dengan *overdesign* sebanyak 20%, sehingga total kebutuhan air pendingin menjadi 623.354,58 kg/jam. Selama proses berlangsung, air pendingin mengalami *blowdown* pada unit *cooling tower*, sehingga perlu ditambahkan air pengganti (*make-up water*). Berdasarkan hasil perhitungan, kebutuhan air *make-up* tersebut sebesar 6.623,14 kg/jam.

4. Air Pemanas (*Steam*)

Air *steam* dalam pabrik digunakan sebagai media pemanas pada berbagai unit proses. Air yang digunakan sebagai umpan boiler harus memenuhi beberapa persyaratan agar tidak menimbulkan kerusakan pada sistem. Adapun

syarat air umpan boiler antara lain: tidak membuih atau berbusa, tidak membentuk kerak dalam *reboiler*; serta tidak menyebabkan korosi pada pipa. Apabila air *boiler* tidak memnuhi persyaratan tersebut, maka dapat menyebabkan kerusakan alat akibat terbentuknya *scaling*, *fouling*, dan *foaming*. Oleh karena itu, pengolahan air *boiler* dilakukan secara hati-hati untuk menjamin kualitasnya. Kebutuhan steam untuk peralatan pada pabrik ini ditunjukkan pada Tabel 5.2 berikut:

Tabel 5. 2 Kebutuhan Steam

Nama Alat	Kode	Jumlah (kg/jam)
<i>Heat Exchanger</i>	HE-01	26,01
	HE-02	0,32
	HE-03	0,57
	HE-04	66.247,39
Reboiler	RB-01	34.594,47
	RB-02	1,30
Total		100.870,06

Dalam perancangannya, dilakukan overdesign sebesar 20% untuk mengantisipasi kebutuhan beban puncak, sehingga total kebutuhan steam menjadi 100.870,06 kg/jam. Selama proses berlangsung, sekitar 85% air pembangkit steam dimanfaatkan kembali melalui sistem kondensat return. Sementara itu, 15% sisanya perlu digantikan sebagai air make-up, akibat terjadinya blowdown pada boiler sebesar 10% dan kehilangan melalui steam

trap sebesar 5%. Berdasarkan hasil perhitungan, jumlah air make-up yang dibutuhkan sebesar 24.208,82 kg/jam.

5.1.2 Unit Pengolahan Air

a. Penghisapan

Air dari sungai dihisap menggunakan Pompa (PU-01) dan dialirkan menuju *Screening* (SC-01).

b. *Screening*

Screening adalah proses awal pemisahan benda-benda besar tanpa bahan kimia. Saringan ini dipasang di sisi hisap pompa untuk mencegah masuknya kotoran besar yang dapat menyumbat atau merusak peralatan berikutnya. Kotoran kasar seperti daun, plastik, dan serpihan kayu akan tertinggal di sini, sedangkan partikel kecil tetap terbawa untuk diolah selanjutnya.

c. Sedimentasi

Setelah melewati proses *screening* (SC-01), air sungai dialirkan ke dalam bak sedimentasi (BU-01) untuk menjalani pengendapan awal. Di dalam BU-01, partikel-partikel berat yang masih terbawa setelah proses penyaringan seperti pasir halus, lumpur, dan endapan mineral akan mengendap secara alami melalui gaya gravitasi. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mengurangi kadar padatan tersuspensi sejak dini, sehingga beban pada proses kimia selanjutnya menjadi lebih ringan dan efisien. Air yang telah melewati sedimentasi awal ini kemudian dipompa menuju tahap koagulasi dan flokulasi untuk proses pengolahan lanjutan.

d. Flokulator

Setelah mengalami pengendapan awal di Bak Sedimentasi (BU-01), air dialirkan menuju floakulator (TU-01) untuk menjalani proses koagulasi dan flokulasi. Pada saat yang bersamaan, dari sisi lain, larutan tawas dari Tangki tawas (TPU-01) dan larutan CaOH dari Tangki CaOH (TPU-02) juga dialirkan langsung ke dalam TU-01. Di dalam floakulator ini, tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) bertindak sebagai koagulan untuk menetralkan muatan partikel koloid di dalam air. Sementara itu, CaOH berfungsi untuk meningkatkan pH air agar suasana menjadi basa, sehingga reaksi koagulasi berjalan optimal. Proses pencampuran berlangsung lambat (*slow mixing*) di TU-01 memungkinkan partikel-partikel kecil dan koloid menggumpal membentuk flok. Flok-flok ini akan terbentuk secara perlahan dan siap untuk dipisahkan pada tahap pengendapan berikutnya di klarifier (KL-01).

e. Klarifier

Setelah melalui proses koagulasi dan flokulasi di floakulator (TU-01), air yang telah mengandung flok-flok besar dialirkan ke unit klarifier (KL-01). Klarifier berfungsi sebagai tempat pengendapan lanjutan, di mana flok-flok hasil flokulasi akan mengendap secara gravitasi ke dasar tangki. Desain klarifier memungkinkan air bergerak perlahan, sehingga partikel-partikel tersuspensi yang terbentuk dapat mengendap sempurna dan tidak terbawa ke proses selanjutnya.

f. *Sand Filter*

Air jernih dari bagian atas klarifier (KL-01) kemudian dialirkan ke unit *sand filter* (TU-01) untuk menjalani proses penyaringan lanjutan. Sand filter berfungsi untuk menghilangkan partikel tersisa yang berukuran sangat kecil dan tidak dapat terendapkan pada proses sebelumnya. Media penyaring yang digunakan terdiri dari pasir berlapis dengan komposisi *Graded Gravel* sebesar 20% sebagai penahan dan pendukung dasar, *Coarse Sand* sebesar 70% sebagai media utama penyaring, serta *Fine Sand* sebesar 10% yang mampu menyaring padatan tersuspensi halus, lumpur mikro, dan sisa flok yang masih terbawa. Proses ini merupakan tahap penting dalam meningkatkan kualitas kejernihan air sebelum digunakan lebih lanjut. Air hasil filtrasi dari sand filter kemudian dialirkan ke tahap berikutnya, yaitu karbon filter, untuk menghilangkan kontaminan organik dan bau.

g. *Karbon Filter*

Air hasil filtrasi dari *sand filter* selanjutnya dialirkan ke unit karbon *filter* (TU-03) untuk menjalani proses penyempurnaan kualitas. Pada tahap ini, digunakan media penyaring berupa karbon aktif *haycarb*, yang dikenal memiliki daya serap tinggi terhadap senyawa organik, bau, warna, serta sisa klorin bebas dalam air. Karbon aktif bekerja dengan cara adsorpsi, yaitu menarik dan menahan zat-zat pengotor ke permukaan pori-pori karbon. Dengan menggunakan media *haycarb*, proses penyaringan ini menjadi lebih efektif dalam menghasilkan air yang jernih, tidak berbau, dan aman digunakan.

h. Bak Penampungan

Air yang telah melalui tahap filtrasi dapat disebut sebagai air bersih dan ditampung dalam bak penampung air sementara (BU-02). Air tersebut kemudian didistribusikan untuk keperluan seperti air domestik dan service water, air, air pendingin, serta steam water.

i. Klorinasi

Klorinasi berfungsi sebagai tempat pencampuran air bersih dengan bahan desinfektan yaitu natrium hipoklorit (NaOCl). Proses ini bertujuan membunuh mikroorganisme patogen seperti bakteri, virus, dan protozoa yang mungkin masih ada setelah tahap filtrasi. Klorinasi dilakukan secara terkontrol agar konsentrasi klorin tetap sesuai standar, sehingga air aman digunakan untuk keperluan domestik tanpa menimbulkan efek samping. Tangki ini dilengkapi dengan pengaduk untuk menjamin pencampuran merata. Selanjutnya, air hasil klorinasi dialirkan menuju tangki air domestik (TPU-05) untuk distribusi ke kebutuhan sehari-hari.

j. *Cooling Tower*

Air hasil filtrasi yang sudah bersih ditampung dalam bak penampung air bersih dan sebagian dialirkan sebagai air pendingin. Air ini kemudian dipompa menuju peralatan proses *seperti heat exchanger* atau kondensor untuk menyerap panas dari sistem. Setelah menyerap panas, air yang suhunya telah meningkat dialirkan menuju *hot basin* dari *cooling tower*. Di dalam *cooling tower*, air mengalami proses pendinginan melalui kontak langsung dengan udara ambien secara evaporatif. Air yang telah

didinginkan selanjutnya dikumpulkan dalam *cold basin* dan dialirkan kembali ke peralatan proses untuk digunakan ulang dalam sistem pendingin. Proses ini berlangsung secara sirkulasi tertutup sehingga efisien dan berkelanjutan.

k. Demineralisasi

Proses demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan ion-ion terlarut dalam air agar dapat digunakan sebagai air umpan boiler. Tahap ini terdiri dari dua unit utama yaitu *kation exchanger* (KE-01) dan (AE-01). Pada proses kation exchanger (KE-01), Air dari bak penampungan sementara (BU-02) dialirkan ke unit kation exchanger. Di dalam unit ini, ion positif seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} , dan kation logam lainnya ditangkap oleh resin kation bertipe *hydrogen-zeolite*. Resin ini akan menukar ion-ion positif dalam air dengan ion H^{+} . Jika resin telah jenuh, dilakukan proses regenerasi menggunakan asam kuat H_2SO_4 yang dialirkan dari tangki H_2SO_4 (TPU-07). Air keluaran dari unit ini bersifat asam dan bebas dari kation sadah, sehingga mencegah pembentukan kerak (*scaling*) pada peralatan.

Selanjutnya, air hasil dari *kation exchanger* dialirkan ke *anion exchanger* untuk proses. Resin anion akan menangkap ion negatif seperti Cl^{-} , SO_4^{2-} , NO_3^{-} , HCO_3^{-} , dan CO_3^{2-} , serta menukarnya dengan ion OH^{-} . Ion H^{+} dari kation exchanger dan OH^{-} dari anion exchanger akan membentuk H_2O , sehingga menghasilkan air demineralisasi murni. Jika resin anion telah jenuh, dilakukan regenerasi menggunakan basa kuat NaOH yang disuplai dari tangki NaOH (TPU-07). Air hasil dari unit *anion exchanger* ini

memiliki kemurnian tinggi dan dapat digunakan sebagai air proses atau umpan ke tahap deaerasi sebelum masuk boiler.

1. Deareator

Setelah melalui proses demineralisasi, air dialirkan ke unit deaerator (DE-01) untuk menghilangkan gas-gas terlarut, terutama oksigen (O_2), yang dapat menyebabkan korosi pada sistem boiler. Di dalam deaerator, air dipanaskan dan kontak langsung dengan uap, sehingga gas-gas terlarut keluar dari air. Untuk memastikan tidak ada sisa oksigen, ditambahkan senyawa kimia *hydrazine* (N_2H_4) dari tangki *hydrazine* (TPU-09) yang berfungsi sebagai *oxygen scavenger* dengan mengikat O_2 menjadi senyawa yang tidak berbahaya. Air yang telah bebas dari gas terlarut kemudian dialirkan ke boiler *feed water* dan siap digunakan dalam proses pembangkitan uap di boiler.

5.2 Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

Unit ini berfungsi untuk mencukupi kebutuhan steam dalam proses produksi hidrazin dengan menyediakan satu buah ketel uap (*boiler*) berjenis *Water Tube Boiler* yang memiliki kapasitas sebesar 121.044,08 kg/jam. Boiler ini dilengkapi dengan sebuah unit economizer, katup pengaman (*safety valve*), serta sistem pengaman lainnya yang bekerja secara otomatis.

Sebelum digunakan sebagai umpan *boiler*, air dari unit *Water Treatment Plant* terlebih dahulu disesuaikan kualitasnya dengan cara mengurangi kadar silika, oksigen (O_2), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg) yang mungkin masih terkandung di dalamnya. Proses ini dilakukan dengan menambahkan bahan-bahan

kimia tertentu ke dalam boiler feed water tank. Selain itu, pH air juga diatur pada rentang 10.5–11.5, karena pH yang terlalu tinggi dapat menyebabkan korosifitas yang berbahaya bagi sistem.

5.3 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini berfungsi untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada boiler dan generator di pembangkit listrik, dengan jenis bahan bakar yang digunakan adalah *High Speed Diesel* dan konsumsi sebesar 142,13 kg/jam. Jika dibandingkan dengan batu bara, penggunaan *High Speed Diesel* lebih efisien karena memiliki nilai kalor (*heating value*) yang lebih tinggi. Sehingga, penggunaan batu bara memerlukan volume bahan bakar yang lebih besar untuk menghasilkan energi yang sama. Selain itu, meskipun harga batu bara per satuan berat lebih murah, total biaya operasional justru meningkat karena konsumsi yang lebih tinggi serta kebutuhan infrastruktur tambahan untuk penanganan material padat, sistem kontrol emisi, dan pengelolaan limbah.

5.4 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Kebutuhan listrik pada pabrik ini dipenuhi oleh PLN. Selain itu, juga digunakan generator pabrik sebagai cadangan apabila terjadi gangguan pada pasokan listrik dari PLN. Penggunaan generator bertujuan agar proses produksi dan alat alat tetap berjalan atau berlangsung meskipun terdapat gangguan pasokan listrik dari PLN.

Berikut merupakan rincian untuk kebutuhan listrik pabrik ini diantaranya sebagai berikut:

a. Kebutuhan Listrik Alat Proses

Tabel 5. 3 Kebutuhan Listrik Alat Proses

No	Alat	HP	Watt	kW
1	EV-01	0,08	62,14	0,06
2	EV-02	0,08	62,14	0,06
3	P-01	1,50	1.118,55	1,12
4	P-02	1,50	1.118,55	1,12
5	P-03	0,17	124,28	0,12
6	P-04	0,25	186,43	0,19
7	P-05	1,50	1.118,55	1,12
8	BL-01	0,08	62,14	0,06
9	BL-02	7,50	5.592,75	5,59
10	BC-01	3,00	2.237,10	2,24
11	PRV-01	3,00	2.237,10	2,24
12	CP-01	7,05	5.258,81	5,26
13	R-01	1,50	1.118,55	1,12
14	R-02	7,50	5.592,75	5,59
Total		34,72	25.889,85	25,89

b. Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik Alat Utilitas

No	Alat	HP	Watt	kW
1	Tangki Floakulator	0,75	559,28	0,56

No	Alat	HP	Watt	kW
2	Klarifier	1,00	745,70	0,75
3	Cooling Tower	75,00	55.927,50	55,93
4	Tangki Klorinasi	1,50	1.118,55	1,12
5	Kompresor	5,95	4.434,48	4,43
6	Turbin	1,00	745,70	0,75
7	PU-01	15,00	11.185,50	11,19
8	PU-02	0,13	93,21	0,09
9	PU-03	0,05	37,29	0,04
10	PU-04	30,00	22.371,00	22,37
11	PU-05	30,00	22.371,00	22,37
12	PU-06	60,00	44.742,00	44,74
13	PU-07	7,50	5.592,75	5,59
14	PU-08	5,00	3.728,50	3,73
15	PU-09	0,08	62,14	0,06
16	PU-10	0,33	248,57	0,25
17	PU-11	0,13	93,21	0,09
18	PU-12	30,00	22.371,00	22,37
19	PU-13	40,00	29.828,00	29,83
20	PU-14	5,00	3.728,50	3,73
21	PU-15	5,00	3.728,50	3,73
22	PU-16	30,00	22.371,00	22,37
23	PU-17	0,13	93,21	0,09

No	Alat	HP	Watt	kW
24	PU-18	3,00	2.237,10	2,24
25	PU-19	7,50	5.592,75	5,59
26	PU-20	7,50	5.592,75	5,59
27	PU-21	0,05	37,29	0,04
28	PU-22	0,05	37,29	0,04
29	PU-23	0,05	37,29	0,04
30	PU-24	1,50	1.118,55	1,12
31	PU-25	5,00	3.728,50	3,73
Total		368,31	274.558,09	274,56

Sehingga total kebutuhan listrik alat proses dan utilitas adalah 274.558,09 watt kemudian di *over desain* 10% menjadi 302.013,90 watt.

c. Kebutuhan Listrik Alat Kontrol

Kebutuhan daya listrik untuk alat kontrol diperkirakan sebesar 25% dari total kebutuhan listrik yang digunakan untuk menggerakkan motor. Berdasarkan perhitungan tersebut, total kebutuhan listrik untuk alat kontrol mencapai 82,62 kW.

d. Kebutuhan Listrik Penerangan

Daya listrik yang dibutuhkan untuk sistem penerangan diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk pengoperasian motor. Dengan asumsi tersebut, total kebutuhan listrik untuk penerangan mencapai 49,57 kW.

e. Kebutuhan Listrik Peralatan Kantor

Kebutuhan daya listrik untuk peralatan kantor, seperti AC, komputer, dan peralatan penunjang lainnya, diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik yang digunakan untuk menggerakkan motor. Dengan asumsi tersebut, total kebutuhan listrik untuk peralatan kantor adalah sebesar 49,57 kW.

f. Kebutuhan Listrik Bengkel, Laboratorium, dan Lain-lain.

Daya listrik yang dibutuhkan untuk operasional bengkel dan laboratorium diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik yang digunakan untuk menggerakkan motor. Berdasarkan estimasi tersebut, total kebutuhan listrik untuk bengkel dan laboratorium adalah sebesar 49,57 kW.

g. Kebutuhan listrik Perumahan

Total kebutuhan listrik untuk operasional pabrik mencakup berbagai aspek penunjang, mulai dari unit pembangkit hingga fasilitas pendukung lainnya. Kebutuhan terbesar berasal dari unit power plant dan utilitas sebesar 330,49 kW. Untuk sistem kontrol, daya yang dibutuhkan diperkirakan sebesar 82,62 kW, sedangkan untuk penerangan membutuhkan daya sebesar 49,57 kW. Kebutuhan listrik untuk peralatan kantor seperti AC dan komputer juga diperkirakan sebesar 49,57 kW. Selain itu, bengkel dan laboratorium turut menyumbang kebutuhan daya sebesar 49,57 kW. Untuk area perumahan yang terdiri dari 30 unit rumah, masing-masing dengan kebutuhan listrik sekitar 1 kW, total daya yang dibutuhkan mencapai 30 kW. Dengan demikian berdasarkan rincian kebutuhan diatas, total keseluruhan kebutuhan listrik yang diperlukan untuk menjalankan seluruh unit pabrik mencapai 591,84 kW.

h. Generator

Kebutuhan bahan bakar untuk generator cadangan berfungsi untuk mengetahui seberapa banyak bahan bakar yang dibutuhkan agar generator dapat beroperasi secara optimal. Pada sistem ini, digunakan generator dengan kapasitas sebesar 888 kW dan efisiensi kerja sebesar 80%. Bahan bakar yang digunakan adalah HSE (High Speed Diesel). Kebutuhan bahan bakar untuk menjalankan generator sekitar 142,13 kilogram per jam. Nilai ini menjadi acuan penting dalam perencanaan pasokan bahan bakar, terutama saat generator difungsikan sebagai sumber listrik cadangan dalam kondisi darurat atau saat pasokan utama mengalami gangguan.

5.5 Unit Penyedia Udara Tekan (*Instrument Air System*)

Dalam operasional pabrik ini, udara tekan digunakan sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan instrumen-instrumen kontrol yang bekerja secara *pneumatis*. Tekanan udara instrumen yang dibutuhkan adalah sebesar 7 bar. Terdapat sekitar 16 buah alat kontrol di pabrik yang membutuhkan udara tekan untuk menjalankan fungsinya.

Proses penyediaan udara tekan dimulai dari pengambilan udara lingkungan yang kemudian dikompresi menggunakan *compressor* yang dilengkapi dengan filter udara, hingga mencapai tekanan yang diinginkan yaitu 7 bar. Setelah dikompresi, udara tersebut dialirkan menuju alat kontrol dan alat proses yang memerlukannya.

Total kebutuhan udara instrumen diperkirakan mencapai 32,63 m³ per jam. Agar udara yang digunakan dalam kondisi kering, maka setelah keluar dari *blower*, udara terlebih dahulu dilewatkan melalui sebuah tangki udara atau bejana pengering

yang berisi *silica gel*. Proses ini memastikan tidak adanya kandungan uap air yang dapat mengganggu kinerja sistem kontrol pneumatis.

5.6 Unit Penyedia Pendingin

Sistem pendingin pada pabrik ini menggunakan sirkulasi tertutup yang terdiri dari cooling tower, hot basin, dan cold basin. Dari hot basin, air dialirkan ke cooling tower (CT-01) untuk didinginkan. Proses pendinginan pada cooling tower berlangsung secara evaporatif melalui kontak langsung antara air dan udara ambien. Pabrik yang didirikan di kawasan Jatiluhur Industrial Smart City (JISC) memiliki kondisi udara dengan suhu rata-rata sekitar 26°C dan kelembaban relatif 88%, sehingga kondisi tersebut digunakan sebagai dasar perancangan cooling tower. Air pendingin masuk ke cooling tower pada suhu 65°C dan didinginkan hingga mencapai suhu 30°C sebelum digunakan kembali pada unit proses.

Cooling tower yang digunakan merupakan tipe induced draft dengan 1 cell aktif dan luas penampang sebesar 97,939 m². Dengan mempertimbangkan ruang untuk distributor air dan inlet udara, tinggi total cooling tower diperoleh sebesar 2,697 m. Air pendingin yang telah mencapai suhu operasi kemudian ditampung di cold basin sebelum dialirkan kembali ke berbagai peralatan proses. Hot basin dan cold basin masing-masing memiliki volume sebesar 2.493,42 m³ dengan dimensi panjang dan lebar 17,08 m serta tinggi 8,54 m.

Selama proses pendinginan di cooling tower terjadi kehilangan air akibat evaporasi, blowdown, dan windage. Kehilangan air karena evaporasi sebesar 2,5% dari total aliran air pendingin atau sekitar 5.298,51 kg/jam. Selain itu, kehilangan akibat blowdown dan windage berturut-turut sebesar 1.199,96 kg/jam dan 124,67

kg/jam. Oleh karena itu, kebutuhan make-up water total yang diperlukan sistem pendingin adalah sebesar 616.731,44 kg/jam.

5.7 Unit Pengolahan Lanjut

Unit Pengolahan Lanjut (UPL) merupakan unit yang digunakan untuk menampung sementara aliran hasil proses, hasil samping, maupun aliran buangan sebelum dilakukan pengolahan lebih lanjut, atau penanganan limbah. Penggunaan unit ini bertujuan untuk mencegah pembuangan langsung aliran proses ke lingkungan serta menjaga kestabilan operasi pabrik.

5.8 Spesifikasi Alat Utilitas

5.8.1 Alat Unit Pengolahan Air Bersih

Tabel 5. 5 Spesifikasi *Screening* Utilitas

Parameter	Nilai
Fungsi	Menyaring kotoran yang berukuran besar seperti daun, ranting dan sampah lainnya.
Bahan	Alumunium
Jumlah Air (kg/jam)	747.038,66
Kecepatan Air (m/s)	0,600
Luas Penampung (m²)	2,89
Jumlah <i>Screen</i> (buah)	12

Tabel 5. 6 Spesifikasi Bak Pengolahan Air

Kode	BU-01	BU-02
	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai	Menampung sementara raw water setelah disaring di sand filter
Fungsi		
Jenis	Bak Persegi	Bak Persegi
Bahan	Beton Bertulang	Beton Bertulang
Kapasitas (m³/jam)	747	747,04
Panjang (m)	26,18	12,15
Labar (m)	26,18	12,15
Tinggi (m)	13,09	6,07

Tabel 5. 7 Spesifikasi Tangki Pengolahan Air

Kode	TPU-01	TPU-02
	Menyimpan larutan alum 5 % untuk 1 minggu operasisungai	Menyiapkan dan menyimpan larutan CaOH % untuk 1 minggu operasi
Fungsi		
Jenis	Tangki Silinder	Tangki Silinder
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Kapasitas (kg)	314	238.454,74

Kode	TPU-01	TPU-02
Tinggi (m)	0,079	5,67
Diameter (m)	0,079	5,67
Volume (m ³)	0,313	286,15

Tabel 5. 8 Spesifikasi Tangki Flokulator

Parameter	Nilai
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan Kotoran yang berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan.
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Tinggi (m)	10,45
Diameter (m)	10,45
Volume (m ³)	896,45
Jenis <i>Impeller</i>	<i>Marine propeller 3 blade</i>
Jumlah <i>Impeller</i>	1
Power Motor (HP)	0,75

Tabel 5. 9 Spesifikasi Tangki Klarifier

Parameter	Nilai
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran bersifat koloid yang terbawa dari bak pengendap awal.
Jenis	<i>Clarifier/conical bottom</i>
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Tinggi (m)	18,67
Tinggi Kerucut (m)	2,07
Diameter (m)	16,59
Volume (m³)	3.585,79
Jenis Impeller	<i>Marine propeller 3 blade</i>
Jumlah Impeller	1
Power Motor (HP)	1

Tabel 5. 10 Spesifikasi Tangki Sand Filter

Parameter	Nilai
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air sungai.
Jenis	Tangki <i>Silinder</i>
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>

Parameter	Nilai
Tinggi Lapisan Pasir	0,81
(m)	
Tinggi (m)	0,97
Diameter (m)	8,82
Volume (m ³)	59,11

Tabel 5. 11 Spesifikasi Carbon Filter

Parameter	Nilai
Fungsi	Menyaring pengotor berupa senyawa organik terlarut, klorin dan oksida lainnya yang tersisa pada air hasil keluaran sand filter
Jenis	Tangki <i>Silinder</i>
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Massa Karbon aktif (kg)	25.274,81
Tinggi (m)	8,54
Diameter (m)	0,46
Volume (m ³)	62,25

5.8.2 Alat Unit Pengolahan *Service* dan Air Domestik

Tabel 5. 12 Spesifikasi Tangki Air Service dan Air Domestik

Kode	TPU-03	TPU-04	TPU-05
Fungsi	Menampung kebutuhan air untuk pemakaian layanan umum (service water)	Menampung kebutuhan kaporit	Menampung air untuk keperluan kantor dan rumah tangga
Jenis	Tangki Silinder	Tangki <i>Silinder</i>	Tangki <i>Silinder</i>
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Tinggi (m)	2,706	0,378	4,255
Diameter (m)	2,706	0,378	4,255
Volume (m³)	15,552	0,042	60,480

Tabel 5. 13 Spesifikasi Tangki Klorinasi

Parameter	Nilai
Fungsi	Mencampur Klorin dalam bentuk kaporit kedalam air
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>

Parameter	Nilai
Tinggi (m)	1,152
Diameter (m)	1,152
Volume (m ³)	1,200
Jenis <i>Impeller</i>	<i>Marine propeller 3 blade</i>
Jumlah <i>Impeller</i>	1
Power Motor (HP)	1,5

5.8.3 Alat Unit Pengolahan Air Pendingin

Tabel 5. 14 Spesifikasi Bak Pengolahan Air Pendingin

Kode	BU-03	BU-04
	Menampung air untuk keperluan	Menampung air dari
Fungsi	proses pendingin dan hasil dari cooling tower	output alat proses pendingin
Jenis	Bak Persegi	Bak Persegi
Bahan	Beton Bertulang	Beton Bertulang
Kapasitas (m³/jam)	623,35	623,35
Panjang (m)	17,08	17,08
Labar (m)	17,08	17,08
Tinggi (m)	8,54	8,54

Tabel 5. 15 Spesifikasi Cooling Tower

Kode	CT-01
Fungsi	Mendinginkan air kaluaran <i>Cooler</i> dengan dikontakkan je udara
Jenis	<i>Induced draft</i>
Suhu Input (°C)	65
Suhu Output (°C)	30
Luas Area Total (m ³)	97,94
Diameter (m)	9,90
Tinggi Total (m)	2,70
Power Motor (HP)	75

5.8.4 Alat Unit Penyedia Steam

Tabel 5. 16 Spesifikasi Tangki Pengolahan Steam

Kode	TPU-06	TPU-07	TPU-08	TPU-09
	Menyimpan	Menyimpan		Mencampur
	H ₂ SO ₄ untuk regenerasi	NaOH untuk regenerasi	Menyimpan larutan N ₂ H ₄	Kondensat sirkulasi dan makeup air
	penukar kation	penukar kation		umpan boiler
Jenis	Tangki <i>Silinder</i>	Tangki <i>Silinder</i>	Tangki <i>Silinder</i>	Tangki <i>Silinder</i>

Bahan	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless Steel</i>	<i>Stainless</i>	<i>Stainless Steel</i>
	<i>316</i>	<i>316</i>	<i>Steel 316</i>	<i>316</i>
Tinggi				
(m)	3,51	1,53	5,73	5,70
Diameter				
(m)	3,51	1,53	5,73	5,70
Volume				
(m³)	9,69	2,81	147,65	145,25

Tabel 5. 17 Spesifikasi Kation Exchanger

Parameter	Nilai
Fungsi	Menghilangkan mineral yang masih terkandung dalam air dengan cara mengikat ion positif (Na^+ , Ca^{2+} , Ba) yang ada dalam air
Jenis	Tangki <i>Silinder</i>
Bahan	<i>Stainless Steel 316</i>
Tinggi Bed	
(m)	1,91
Tinggi Tangki	
(m)	2,29
Diameter	
Tangki (m)	2,29

Volume Bed
(m³)

31,44

Tabel 5. 18 Spesifikasi Anion Exchanger

Parameter	Nilai
Fungsi	Menghilangkan ion-ion negatif yang masih terbawa dari bak air bersih
Jenis	Tangki <i>Silinder</i>
Bahan	<i>Stainless Steel 316</i>
Tinggi Bad (m)	1,91
Tinggi Tangki (m)	2,29
Diameter Tangki (m)	2,29
Volume Bed (m³)	31,44

Tabel 5. 19 Spesifikasi Deareator

Parameter	Nilai
Fungsi	Menghilangkan gas CO ₂ dan O ₂ yang terikat dalam feed water yang menyebabkan kerak pada reboiler.
Jenis	Tangki <i>Silinder</i>
Bahan	<i>Stainless Steel 316</i>
Kapasitas (m³/jam)	121,05

Tinggi Tangki	5,70
(m)	
Diameter	5,70
Tangki (m)	
Volume Bed	145,25
(m³)	

Tabel 5. 20 Spesifikasi Boiler

Parameter	Nilai
Fungsi	Membuat <i>saturated steam</i>
Bahan	<i>Stainless Steel 316</i>
Kapasitas (kJ/jam)	600.492,64
Suhu (°C)	80
Luas Perpindahan	2,06
Panas (m²)	
Kebutuhan Bahan	0,02
Bakar (m³/jam)	

Tabel 5. 21 Spesifikasi Turbin

Parameter	Nilai
Fungsi	Menurunkan tekanan <i>high pressure steam</i> menjadi <i>low pressure steam</i>
Suhu Input (K)	303
Suhu output (K)	353

Tekanan <i>Input</i> (atm)	0,47
Tekanan <i>Output</i> (atm)	0,35
Power (hP)	20

5.8.5 Alat Unit Udara Tekan

Tabel 5. 22 Spesifikasi Kompresor

Parameter	Nilai
Fungsi	Mengompres udara menjadi udara bertekan
Flow udara (m³/jam)	33
Suhu udara (°C)	27
Tekanan <i>Input</i> (atm)	1
Tekanan <i>Output</i> (atm)	7
Power (hP)	3

Tabel 5. 23 Spesifikasi *Silica Gel*

Parameter	Nilai
Fungsi	Menampung udara kering
Jenis	Tangki <i>Silinder</i>
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Tinggi(m)	0,79
Diameter Tangki (m)	0,79
Volume (m³)	0,59

5.8.6 Alat Unit Penyedia Bahan bakar

Tabel 5. 24 Spesifikasi Tangki Bahan Bakar

Parameter	Nilai
Fungsi	Menyimpan bahan bakar <i>High Speed Diesel</i> untuk boiler dan generator selama 3 hari
Jenis	Tangki <i>Silinder</i>
Bahan	<i>Carbon Steel SA-283 grade C</i>
Tinggi(m)	8,62
Diameter Tangki (m)	8,62
Volume (m³)	503,42

5.8.7 Generator

Tabel 5. 25 Spesifikasi Generator

Parameter	Nilai
Fungsi	Sebagai sumber listrik alternatif yang akan beroperasi ketika pasokan listrik utama terputus
Efisiensi	80%
Kapasitas (kW)	922
Kebutuhan Bahan bakar (kg/jam)	147,60

5.8.8 Pompa Utilitas

Tabel 5. 26 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04
Fungsi	Mengalirkan hasil screening menuju bak sedimentasi	Mengalirkan tangki CaOH menuju Flokulator	Mengalirkan dari tangki tawas menuju flokulator	Mengalirkan hasil sedimentasi menuju flokulator
Jenis	Tangki <i>Silinder</i>	Tangki <i>Silinder</i>	Tangki <i>Silinder</i>	Tangki <i>Silinder</i>
Bahan	<i>Carbon steel</i> <i>SA-283 grade</i>	<i>Carbon steel</i> <i>SA-283 grade</i>	<i>Carbon steel</i> <i>SA-283 grade</i>	<i>Carbon steel</i> <i>SA-283 grade</i>
Kapasitas (kg/jam)	<i>C</i> 876,27	<i>C</i> 1,80	<i>C</i> 0,0005	<i>C</i> 876,27
IPS (in)	14	1	0,1	14
No. Sch	40	40	40	40
OD (in)	14	1,32	0,41	14
ID (in)	13,25	1,05	0,27	13,25
Efisiensi Pompa	90%	30%	20%	92%

Kode	PU-01	PU-02	PU-03	PU-04
Tenaga				
Pompa	58	0,19	0,00006	72,70
(hP)				
Tenaga				
Motor	15	0,13	0,05	30
(hP)				

Tabel 5. 27 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode	PU-05	PU-06	PU-07	PU-08
Fungsi	Mengalirkan hasil flokulator menuju klarifier	Mengalirkan hasil klarifier menuju sand filter	Mengalirkan hasil sand filter menuju carbon filter	Mengalirkan hasil carbon filter menuju bak penampungan sementara
Jenis	Tangki <i>Silinder</i>	Tangki <i>Silinder</i>	Tangki <i>Silinder</i>	Tangki <i>Silinder</i>
Bahan	<i>Carbon steel</i> <i>SA-283 grade</i> <i>C</i>	<i>Carbon steel</i> <i>SA-283 grade</i> <i>C</i>	<i>Carbon steel</i> <i>SA-283 grade</i> <i>C</i>	<i>Carbon steel</i> <i>SA-283 grade</i> <i>C</i>
Kapasitas (kg/jam)	876,27	592,467	876,27	876,27

Kode	PU-05	PU-06	PU-07	PU-08
IPS (in)	14	16	14	14
No. Sch	40	40	40	40
OD (in)	14	16	16	15,25
ID (in)	13,25	15,250	15,25	16
Efisiensi				
Pompa	92%	95%	92%	92%
Tenaga				
Pompa	116,84	9,330	23,53	20,60
(hP)				
Tenaga				
Motor	60	15	7,5	5
(hP)				

Tabel 5. 28 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode	PU-09	PU-10	PU-11	PU-12
	Mengalirkan	Mengalirkan	Mengalirkan	Mengalirkan
	dari bak	dari bak	dari tangki	dari Bak
Fungsi	penampungan	penampungan	klorinasi	penampungan
	sementara	sementara	menuju	sementara
	menuju tangki	menuju tangki	tangki air	menuju Cold
	air service	klorinasi	domestik	basin

Kode	PU-09	PU-10	PU-11	PU-12
Jenis	Tangki	Tangki	Tangki	Tangki
	<i>Silinder</i>	<i>Silinder</i>	<i>Silinder</i>	<i>Silinder</i>
	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>
Bahan	<i>SA-283 grade</i>	<i>SA-283 grade</i>	<i>SA-283</i>	<i>SA-283 grade</i>
	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>grade C</i>	<i>C</i>
Kapasitas (kg/jam)	0,63	2,46	2,46	731,19
IPS (in)	0,8	1,5	1,5	12
No. Sch	40	40	40	40
OD (in)	1,05	1,90	1,61	12,75
ID (in)	0,82	1,61	1,90	12
Efisiensi Pompa	35%	30%	30%	96%
Tenaga Pompa (hP)	0,05	0,21	0,08	71,89
Tenaga Motor (hP)	0,08	0,33	0,12	30

Tabel 5. 29 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode	PU-13	PU-14	PU-15	PU-16
				Mengalirkan
	Mengalirkan	Mengalirkan	Mengalirkan	hasil nal
	dari Hot	hasil cooling	hasil cold	sedimentasi
Fungsi	basin menuju	tower (CT-01)	basin (BU-	(BU-02)
	Cooling	menuju cold	04) menuju	menuju kation
	water	basin (BU-04)	unit proses	exchanger
				(KE-01)
Jenis	Tangki	Tangki	Tangki	Tangki
	<i>Silinder</i>	<i>Silinder</i>	<i>Silinder</i>	<i>Silinder</i>
	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>
Bahan	<i>SA-283 grade</i>	<i>SA-283 grade</i>	<i>SA-283 grade</i>	<i>SA-283 grade</i>
	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>
Kapasitas				
(kg/jam)	731,19	731,20	731,20	141,99
IPS (in)	12	12	12	8
No. Sch	40	40	40	40
OD (in)	12,75	12,8	12,8	8,63
ID (in)	12	12	12	7,98
Efisiensi				
Pompa	90%	89%	89%	83%

Kode	PU-13	PU-14	PU-15	PU-16
Tenaga				
Pompa	62,75	33,97	33,97	49,85
(hP)				
Tenaga				
Motor	40	5	5	30
(hP)				

Tabel 5. 30 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode	PU-17	PU-18	PU-19	PU-20
	Mengalirkan	Mengalirkan	Mengalirkan	
	hasil kation	hasil anion	hasil demin	Mengalirkan
	exchanger	exchanger	water tank	hasil dearator
Fungsi	(KE-01)	(AE-01)	(TPU-06)	(DE-01)
	menuju anion	menuju demin	menuju	menuju boiler
	exchanger	water tank	daerator (DE-	(BL-01)
	(AE-01)	(TPU-06)	01)	
Jenis	Tangki	Tangki	Tangki	Tangki
	<i>Silinder</i>	<i>Silinder</i>	<i>Silinder</i>	<i>Silinder</i>
	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>
Bahan	<i>SA-283 grade</i>	<i>SA-283 grade</i>	<i>SA-283 grade</i>	<i>SA-283 grade</i>
	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>

Kode	PU-17	PU-18	PU-19	PU-20
Kapasitas (kg/jam)	141,99	1,883	141,99	141,99
IPS (in)	8	8	8	8
No. Sch	40	40	40	40
OD (in)	8,63	8,63	8,63	8,63
ID (in)	7,98	7,98	7,98	7,98
Efisiensi Pompa	83%	83%	83%	83%
Tenaga Pompa (hP)	2,83	2,50	5,71	4,74
Tenaga Motor (hP)	0,13	3	7,5	7,5

Tabel 5. 31 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode	PU-21	PU-22	PU-23	PU-24
Fungsi	Mengalirkan hasil tangki H2SO4 (TPU- 07) menuju kation	Mengalirkan hasil tangki NaOH (TPU- 08) menuju anion	Mengalirkan hasil tangki N2H4 (TPU- 09) menuju	Mengalirkan hasil boiler menuju unit proses

Kode	PU-21	PU-22	PU-23	PU-24
	exchanger	exchanger	dearator (DE-	
	(KE-01)	(AE-01)	01)	
Jenis	Tangki	Tangki	Tangki	Tangki
	<i>Silinder</i>	<i>Silinder</i>	<i>Silinder</i>	<i>Silinder</i>
	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>	<i>Carbon steel</i>
Bahan	<i>SA-283 grade</i>	<i>SA-283 grade</i>	<i>SA-283 grade</i>	<i>SA-283</i>
	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>C</i>	<i>grade C</i>
Kapasitas				
(kg/jam)	0,03	0,009	0,08	141,98
IPS (in)	0,25	0,13	0,13	8
No. Sch	40	40	40	40
OD (in)	0,54	0,41	0,41	8,63
ID (in)	0,36	0,27	0,27	7,98
Efisiensi				
Pompa	10%	20%	20%	83%
Tenaga				
Pompa	0,0054	0,00019	0,021	0,86
(hP)				
Tenaga				
Motor	0,05	0,05	0,05	1,5
(hP)				

Tabel 5. 32 Spesifikasi Pompa Utilitas

Kode	PU-25
Fungsi	Mengalirkan hasil Tangki brine menuju unit proses
Jenis	Tangki <i>Silinder</i>
Bahan	<i>Carbon steel SA-283 grade C</i>
Kapasitas (kg/jam)	2,46
IPS (in)	1,3
No. Sch	40
OD (in)	1,38
ID (in)	1,66
Efisiensi Pompa	35%
Tenaga Pompa (hP)	0,09
Tenaga Motor (hP)	0,13

BAB VI

EVALUASI EKONOMI

Evaluasi ekonomi merupakan salah satu aspek penting dalam prarancangan pabrik karena digunakan untuk menilai tingkat kelayakan serta prospek keuntungan dari suatu industri yang akan didirikan. Analisis ini dilakukan untuk menentukan apakah pembangunan pabrik layak direalisasikan ditinjau dari aspek ekonomi dan kemampuan menghasilkan keuntungan. Tahapan dalam evaluasi ekonomi meliputi perhitungan kebutuhan modal investasi awal, estimasi laba bersih yang dapat diperoleh, analisis periode pengembalian modal investasi, serta penentuan titik keseimbangan, yaitu kondisi ketika pendapatan yang diperoleh sama dengan total biaya yang dikeluarkan. Beberapa komponen utama yang dianalisis dalam evaluasi ekonomi meliputi:

1. Modal (*Capital Investment*)
 - 1) Modal Tetap (*Fixed Capital Cost*): Biaya untuk pembangunan fasilitas produksi dan operasi.
 - 2) Modal Kerja (*Working Capital Investment*): Biaya operasional pabrik dalam jangka waktu tertentu.
2. Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)
 - 1) Biaya Produksi Langsung (*Direct Manufacturing Cost*): Pengeluaran yang langsung terkait proses produksi.
 - 2) Biaya Produksi Tidak Langsung (*Indirect Manufacturing Cost*): Pengeluaran tidak langsung akibat operasional pabrik.

3) Biaya Tetap (*Fixed Manufacturing Cost*): Biaya yang dikeluarkan secara rutin, terlepas dari produksi.

3. Pengeluaran Umum (*General Cost*)

Biaya terkait fungsi perusahaan yang tidak termasuk dalam biaya produksi

4. Analisis Resiko Pabrik

Mengidentifikasi tingkat potensi bahaya yang dapat terjadi selama kegiatan operasional, baik yang termasuk kategori risiko tinggi maupun risiko rendah. Hasil identifikasi tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan upaya pengendalian dan mitigasi yang sesuai untuk mengurangi kemungkinan terjadinya serta dampak dari kejadian yang tidak diinginkan.

5. Analisis Kelayakan Ekonomi

1) Return on Investment (ROI): Persentase keuntungan tahunan dibanding modal yang diinvestasikan.

2) Pay Out Time (POT): Waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal investasi.

3) Break Even Point (BEP): Titik impas di mana pendapatan setara dengan biaya produksi, tanpa keuntungan atau kerugian.

4) Shut Down Point (SDP): Kondisi ketika biaya operasi lebih tinggi daripada biaya penutupan, sehingga pabrik perlu dihentikan.

5) Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR): Tingkat pengembalian investasi yang memperhitungkan nilai waktu dari uang.

6.1 Penaksiran Harga Alat

Harga peralatan proses dipengaruhi oleh kondisi ekonomi yang berlaku pada periode tertentu sehingga nilainya dapat berubah setiap tahun, baik mengalami kenaikan maupun penurunan. Perubahan tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor ekonomi, sehingga penentuan harga peralatan secara pasti menjadi cukup sulit dilakukan. Oleh karena itu, estimasi harga peralatan umumnya dilakukan dengan menggunakan indeks harga peralatan operasi yang berlaku pada tahun acuan tertentu.

Pada prarancangan ini, analisis harga peralatan dilakukan berdasarkan data tahun 2026 untuk memperkirakan biaya pembelian peralatan pada tahun pembangunan pabrik yang direncanakan pada tahun 2030. Perhitungan harga peralatan dan kebutuhan pabrik lainnya dalam evaluasi ekonomi dilakukan menggunakan metode yang dikenal sebagai *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI).

Tabel 6. 1 Indeks Harga Alat pada Tahun 1963 - 2030

No.	Tahun	Indeks (Y ₁)	No.	Tahun	Indeks (Y ₁)
1	1963	102,4	35	1997	386,5
2	1964	103,3	36	1998	389,5
3	1965	104,2	37	1999	390,6
4	1966	107,2	38	2000	394,1
5	1967	109,7	39	2001	443,5215
6	1968	113,7	40	2002	453,043
7	1969	119	41	2003	462,5645

No.	Tahun	Indeks (Y₁)	No.	Tahun	Indeks (Y₁)
8	1970	125,7	42	2004	472,086
9	1971	132,3	43	2005	481,6075
10	1972	137,2	44	2006	491,129
11	1973	144,1	45	2007	500,6505
12	1974	165,4	46	2008	510,172
13	1975	182,4	47	2009	519,6935
14	1976	192,1	48	2010	529,215
15	1977	204,1	49	2011	538,7365
16	1978	218,8	50	2012	548,258
17	1979	238,7	51	2013	557,7795
18	1980	261,2	52	2014	567,301
19	1981	297,0	53	2015	576,8225
20	1982	314,0	54	2016	586,344
21	1983	317,0	55	2017	595,8655
22	1984	322,7	56	2018	605,387
23	1985	325,3	57	2019	614,9085
24	1986	318,4	58	2020	624,43
25	1987	323,8	59	2021	633,9515
26	1988	342,5	60	2022	643,473
27	1989	355,4	61	2023	652,9945
28	1990	357,6	62	2024	662,516
29	1991	361,3	63	2025	672,0375

No.	Tahun	Indeks (Y ₁)	No.	Tahun	Indeks (Y ₁)
30	1992	358,2	64	2026	681,559
31	1993	359,2	65	2027	691,0805
32	1994	368,1	66	2028	700,602
33	1995	381,1	67	2029	710,1235
34	1996	381,7	68	2030	719,645

Untuk memperkirakan harga peralatan, terdapat dua metode pendekatan yang dapat digunakan. Harga peralatan pada tahun pendirian pabrik dapat dihitung berdasarkan harga referensi tahun tertentu yang dikalikan dengan rasio indeks harga. Metode ini dikemukakan oleh Aries dan Newton (1955) dan dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Ex = Ey \frac{Nx}{Ny}$$

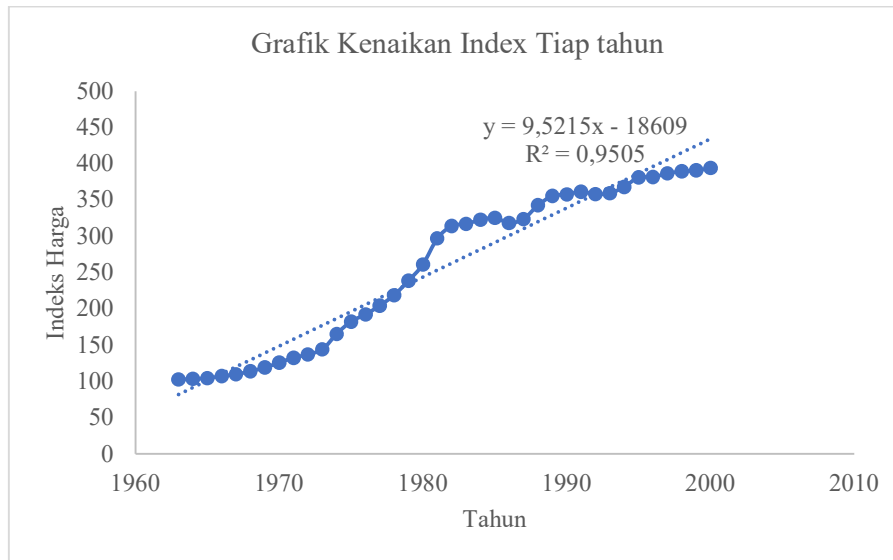
Dimana:

Ex : Harga peralatan pada tahun pembangunan pabrik (2030)

Ey : Harga peralatan pada tahun referensi

Nx : Indeks harga pada tahun 2030

Ny : Indeks harga pada tahun referensi



Gambar 6. 1 Grafik Regresi Kenaikan Index

Berdasarkan analisis regresi linear yang ditunjukkan dalam grafik, diperoleh persamaan $y = 9,5215x - 18609$. Dengan menggunakan persamaan tersebut, nilai indeks CEPC (Chemical Engineering Plant Cost Index) pada tahun referensi 2014 adalah 566,3 sedangkan nilai indeks pada tahun perancangan 2030 diperkirakan mencapai 718,6. Berdasarkan nilai CEP indeks tersebut, dapat ditentukan harga alat proses dan alat utilitas sebagai berikut:

Tabel 6. 2 Harga Alat Proses

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
Tangki Ammonia	T-01	3	567,301	719,645	\$228.500	\$869.585
Tangki Natrium Hipoklorit	T-02	3	567,301	719,645	\$295.700	\$1.125.323
Tangki Nitrogen	T-03	1	567,301	719,645	\$545.800	\$692.370
Tangki Hidrazin	T-04	1	567,301	719,645	\$244.600	\$310.285

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
Tangki UPL	TUPL-01	5	567,301	719,645	\$138.900	\$881.002
	TUPL-02	4	567,301	719,645	\$220.800	\$1.120.376
	TUPL-03	1	567,301	719,645	\$188.900	\$239.628
Reaktor	R-01	1	567,301	719,645		\$-
	R-02	1	567,301	719,645	\$455.600	\$577.948
Stripper	ST-01	1	567,301	719,645	\$11.000	\$13.954
Evaporator	EV-01	1	567,301	719,645	\$3.000	\$3.806
Menara Distilasi	MD-01	1	567,301	719,645	\$8.000	\$10.148
<i>Heat Exchanger</i>	HE-01	1	567,301	719,645	\$2.700	\$3.425
	HE-02	1	567,301	719,645	\$2.700	\$3.425
	HE-03	1	567,301	719,645	\$1.900	\$2.410
	HE-04	1	567,301	719,645	\$1.100	\$1.395
Cooler	CL-01	1	567,301	719,645	\$2.400	\$3.045
	CL-02	1	567,301	719,645	\$2.400	\$3.045
	CL-03	1	567,301	719,645	\$2.400	\$3.045
Condensor	CD-01	1	567,301	719,645	\$2.900	\$3.679
<i>Pompa</i>	P-01	1	567,301	719,645	\$7.500	\$9.514
	P-02	1	567,301	719,645	\$7.500	\$9.514
	P-03	1	567,301	719,645	\$3.200	\$4.059
	P-04	1	567,301	719,645	\$3.200	\$4.059
	P-05	1	567,301	719,645	\$7.500	\$9.514
Expansion Valve	EV-01	1	567,301	719,645	\$3.200	\$4.059
	EV-02	1	567,301	719,645	\$7.500	\$9.514
Belt Conveyor	BC-01	1	567,301	719,645	\$6.600	\$8.372
Blower	BL-01	1	567,301	719,645	\$5.200	\$6.596
	BL-02	1	567,301	719,645	\$24.800	\$31.460
Total			\$3.223.500		\$9.320.737	
			Rp56.105.017.500		Rp162.227.433.043	

Tabel 6. 3 Harga Alat Utilitas

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
Screening	SC-01	1	681,559	719,645	\$7.500	\$7.919
Bak Sedimentasi	BU-01	1	567,301	719,645	\$83.800	\$106.304
Tangki Tawas	TPU-01	1	567,301	719,645	\$6.800	\$8.626
Tangki CaOH	TPU-02	1	567,301	719,645	\$55.300	\$70.150
Floakulator	TU-01	1	567,301	719,645	\$63.400	\$80.426
Klarifier	KL-01	1	567,301	719,645	\$73.400	\$93.111
Sand Filter	TU-02	1	567,301	719,645	\$45.700	\$57.972
Karbon Filter	TU-03	1	567,301	719,645	\$45.900	\$58.226
Bak sementara	BU-02	1	567,301	719,645	\$63.400	\$80.426
Tangki Air Service	TPU-03	1	567,301	719,645	\$29.400	\$37.295
Tangki Klorinasi	TU-04	1	567,301	719,645	\$11.800	\$14.969
Tangki Kaporit	TPU-05	1	567,301	719,645	\$3.600	\$4.567
Tangki Air Domestik/Bersih	TPU-06	1	567,301	719,645	\$48.000	\$60.890
Hot Basin	BU-03	1	567,301	719,645	\$73.300	\$92.984
Cooling Tower	CT-01	1	567,301	719,645	\$62.000	\$78.650
Cold Basin	BU-04	1	567,301	719,645	\$73.300	\$92.984
Tangki Brine	TPU-07	1	567,301	719,645	\$2.400	\$3.045
Tangki H2SO4	TPU-08	1	567,301	719,645	\$16.000	\$20.297
Tangki NaOH	TPU-09	1	567,301	719,645	\$14.100	\$17.886
Tangki Hydrazine	KE-01	1	567,301	719,645	\$8.100	\$10.275
Kation Exchanger	AE-01	1	567,301	719,645	\$8.100	\$10.275
Anion Exchanger	TPU-10	1	567,301	719,645	\$1.500	\$1.903
Demin Water	DE-01	1	567,301	719,645	\$1.500	\$1.903
Daerator	C-01	1	567,301	719,645	\$54.400	\$69.009

Nama Alat	Kode Alat	Jumlah	NY	NX	EY	EX
Kompresor	TPU-12	1	567,301	719,645	\$12.200	\$15.476
Tangki Silica Gel	BL-01	1	567,301	719,645	\$402.200	\$510.207
Boiler	TPU-11	1	567,301	719,645	\$103.800	\$131.675
Tangki Bahan Bakar	TR-01	1	567,301	719,645	\$2.000	\$2.537
Turbin	D-01	1	681,559	719,645	\$20.726	\$21.884
Generator	PU-01	1	567,301	719,645	\$16.200	\$20.550
	PU-02	1	567,301	719,645	\$3.200	\$4.059
	PU-03	1	567,301	719,645		\$-
	PU-04	1	567,301	719,645	\$16.200	\$20.550
	PU-05	1	567,301	719,645	\$16.200	\$20.550
	PU-06	1	567,301	719,645	\$16.200	\$20.550
	PU-07	1	567,301	719,645	\$16.200	\$20.550
	PU-08	1	567,301	719,645	\$16.200	\$20.550
	PU-09	1	567,301	719,645	\$2.600	\$3.298
	PU-10	1	567,301	719,645	\$3.200	\$4.059
	PU-11	1	567,301	719,645	\$3.200	\$4.059
	PU-12	1	567,301	719,645	\$16.200	\$20.550
	PU-13	1	567,301	719,645	\$14.700	\$18.648
	PU-14	1	567,301	719,645	\$14.700	\$18.648
	PU-15	1	567,301	719,645	\$14.700	\$18.648
Pompa	PU-16	1	567,301	719,645	\$3.200	\$4.059
	PU-17	1	567,301	719,645	\$3.200	\$4.059
	PU-18	1	567,301	719,645	\$3.200	\$4.059
	PU-19	1	567,301	719,645	\$3.200	\$4.059
	PU-20	1	567,301	719,645	\$3.200	\$4.059
	PU-21	1	567,301	719,645	\$4.900	\$6.216
	PU-22	1	567,301	719,645	\$3.200	\$4.059
	PU-23	1	567,301	719,645	\$3.200	\$4.059
	PU-24	1	567,301	719,645	\$3.200	\$4.059
	PU-25	1	567,301	719,645	\$4.900	\$6.216
			\$1.598.726		\$2.022.048	
Total			Rp27.825.823.200		Rp35.193.744.159	

6.2 Dasar Perhitungan

Kapasitas produksi	: 10.000 Ton/Tahun
Pabrik beroperasi	: 330 hari kerja
Umur alat	: 10 tahun
Kurs mata uang	: 1 \$ = Rp 17.405,00 (Per 11 Mei 2026)
Didirikan	: 2030
UMR Kota Purwakarta	: Rp 6.084.376,00

6.3 Komponen Biaya

6.3.1. Modal (Capital Investment)

1) *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment adalah biaya yang diperlukan untuk membangun fasilitas-fasilitas pabrik secara fisik (belum beroperasi). *Fixed Capital Investment* terdiri dari *Physical Plant Cost* dan *Direct Plant Cost*.

Tabel 6. 4 *Physical Plant Cost* (PPC)

Komponen	Biaya
PEC	Rp228.416.302.023
DEC	Rp57.104.075.506
Biaya Pemasangan	Rp68.524.890.607
Biaya Instrumentasi dan Kontrol	Rp45.683.260.405
Biaya Pemipaan	Rp196.438.019.740
Biaya Instalasi Listrik	Rp68.524.890.607
Biaya Bangunan	Rp489.281.176.269

Biaya Pengembangan Lahan	Rp182.733.041.618
<i>Services Facilities</i>	Rp137.049.781.214
Biaya <i>Land</i>	Rp42.700.902.656
<i>Start Up Expenses Cost</i>	Rp984.584.153
Total <i>Physical Plant Cost</i>	Rp1.517.440.924.795

Tabel 6. 5 *Diret Plant Cost*

Komponen	Biaya
Biaya Teknik dan Supervisi	Rp303.488.184.959
Biaya Konstruksi	Rp151.744.092.480
<i>Contingenciest</i>	Rp182.092.910.975
Total <i>Diret Plant Cost</i>	Rp1.820.929.109.755

Tabel 6. 6 Fixed capitas Investment (FCI)

Komponen	Biaya
Total PPC	Rp1.517.440.924.795
Total DPC	Rp1.820.929.109.755
Total <i>Fixed Capital Invesment (FCI)</i>	Rp2.154.766.113.210

2) *Working Capital Invesment*

Working Capital Investment adalah modal yang dibutuhkan untuk menjalankan operasional pabrik dalam jangka waktu tertentu. Modal ini mencakup pengeluaran sehari-hari seperti pembelian bahan

baku, gaji karyawan, biaya utilitas, dan kebutuhan operasional lainnya. Sumber modal untuk mendirikan suatu pabrik dapat berasal dari berbagai pihak, seperti pinjaman bank, dana pribadi, maupun investasi dari investor. Tujuan utama dari penanaman modal adalah untuk memperoleh keuntungan dari dana yang telah diinvestasikan. Adapun beberapa ciri investasi yang baik antara lain:

- a) Dapat menghasilkan laba secara maksimal
- b) Memiliki periode pengembalian modal yang relative cepat
- c) Didukung oleh aspek legalitas yang kuat, teknologi yang memadai, serta memenuhi standar keamanan dan keberlanjutan

Tabel 6. 7 *Working Capitas Investment*

Komponen	Biaya
<i>Raw material inventory</i>	Rp1.288.602.406
<i>In process inventory</i>	Rp9.240.781.645
<i>Product inventory</i>	Rp51.337.675.807
<i>Available Cash</i>	Rp51.337.675.807
<i>Extended Credit</i>	Rp1.232.104.219.376
Total Working Capital Investment	Rp1.345.308.955.041

Tabel 6. 8 Total capital Investment

Komponen	Biaya
Total Fixed Capital Investment (FCI)	Rp2.154.766.113.210
Total Working Capital Investment	Rp1.345.308.955.041

Total Capital Investment	Rp3.500.075.068.251
---------------------------------	----------------------------

6.3.2. Biaya Produksi (Manufacturing Cost)

Manufacturing cost merupakan biaya yang dikeluarkan selama proses produksi berlangsung. Biaya ini mencakup keseluruhan pengeluaran yang berhubungan langsung maupun tidak langsung dengan kegiatan pembuatan produk, yang terdiri atas *direct cost*, *indirect cost*, dan *fixed cost*. Dengan demikian, *manufacturing cost* menggambarkan total biaya yang diperlukan untuk menghasilkan suatu produk. Adapun komponen-komponen *manufacturing cost* meliputi:

1) *Direct manufacturing cost*

Direct Manufacturing Cost atau biaya produksi langsung merupakan seluruh biaya yang secara langsung berhubungan dengan kegiatan produksi di dalam pabrik. Biaya ini meliputi pengeluaran untuk bahan baku utama, tenaga kerja langsung, serta biaya operasional peralatan atau mesin yang digunakan secara langsung dalam proses pembuatan produk.

Tabel 6. 9 *Direct Manufacturing Cost*

Komponen	Biaya
<i>Raw Material</i>	Rp15.463.228.869
Biaya Pekerja Operasi	Rp19.842.000.000
Biaya <i>Direct Supervisory</i>	Rp2.976.300.000
Utilitas	Rp29.766.461.778

Biaya Perawatan dan Perbaikan	Rp150.833.627.925
<i>Plant Supplies</i>	Rp22.625.044.189
<i>Royalty and Patent</i>	Rp1.131.252.209
Total Direct Manufacturing Cost	Rp242.637.914.971

2) *Indirect manufacturing cost*

Indirect Manufacturing Cost atau biaya produksi tidak langsung merupakan biaya yang tidak berkaitan secara langsung dengan proses pembuatan suatu produk, namun tetap dibutuhkan untuk menunjang kegiatan operasional pabrik. Biaya ini meliputi biaya pemeliharaan dan perawatan peralatan, penggunaan utilitas umum, gaji tenaga kerja tidak langsung seperti petugas keamanan dan kebersihan, serta biaya administrasi dan operasional pabrik lainnya.

Tabel 6. 10 Indirect Manufacturing Cost

Komponen	Biaya
<i>Payroll Overhead</i>	Rp3.968.400.000
Biaya Laboratorium	Rp5.952.600.000
<i>Plant Overhead</i>	Rp15.873.600.000
<i>Packaging and Shipping</i>	Rp67.500.000.000
Total Indirect Manufacturing Cost	Rp93.294.600.000

3) *Fixed manufacturing cost*

Fixed Manufacturing Cost atau biaya tetap merupakan biaya yang harus dikeluarkan secara rutin oleh pabrik, baik pada saat proses produksi

berlangsung maupun ketika pabrik tidak beroperasi. Biaya ini bersifat relatif tetap dan tidak dipengaruhi oleh kapasitas maupun jumlah produksi yang dihasilkan. Komponen biaya tetap meliputi biaya sewa bangunan, gaji karyawan tetap, serta biaya penyusutan peralatan dan fasilitas produksi.

Tabel 6. 11 *Fixed Manufacturing Cost*

Komponen	Biaya
<i>Depreciation</i>	Rp172.381.289.057
<i>Property Taxes</i>	Rp64.642.983.396
<i>Insurances</i>	Rp43.095.322.264
Total Fixed Manufacturing Cost	Rp280.119.594.717

Tabel 6. 12 *Total Manufacturing Cost*

Komponen	Biaya
Total <i>Indirect Manufacturing Cost</i>	Rp93.294.600.000
Total <i>Direct Manufacturing Cost</i>	Rp242.637.914.971
Total <i>Fixed Manufacturing Cost</i>	Rp280.119.594.717
Total Manufacturing Cost	Rp616.052.109.688

6.3.3. Pengeluaran Umum (General Expenses)

General Expenses atau biaya umum merupakan pengeluaran yang berkaitan dengan kegiatan operasional perusahaan secara keseluruhan, namun tidak termasuk ke dalam komponen *manufacturing cost*. Biaya ini diperlukan untuk menunjang kelancaran aktivitas perusahaan di luar proses produksi. Komponen *general expenses* meliputi biaya administrasi, pemasaran, asuransi,

utilitas perkantoran, serta gaji tenaga kerja pada bagian manajemen dan keuangan.

Tabel 6. 13 General Expenses

Komponen	Biaya
Biaya Administrasi	Rp36.963.126.581
<i>Sales</i>	Rp135.531.464.131
<i>Research</i>	Rp49.284.168.775
<i>Finance</i>	Rp140.003.002.730
Total General Expenses	Rp361.781.762.218

Tabel 6. 14 Total Biaya Produksi

Komponen	Biaya
Total <i>Manufacturing Cost</i>	Rp616.052.109.688
Total <i>General Expenses</i>	Rp361.781.762.218
Total Biaya Produksi	Rp977.833.871.905

6.4 Analisa Keuntungan

6.4.1. Harga Dasar

Kapasitas produksi : 10.000.000 kg/tahun

Harga dasar : $\frac{\text{Total biaya produksi}}{\text{Kapasitas produksi}}$

: Rp97.783 per kg

6.4.2. Harga Jual

Berdasarkan situs Alibaba.com, prediksi harga hidrazin pada tahun 2030 adalah Rp 142.544. Berdasarkan informasi tersebut, dengan margin keuntungan sebesar 40%, maka harga jual ditetapkan sebagai berikut:

Harga pasar hidrazin 2026 per 180 kg = Rp24.300.000

Harga pasar hidrazin 2026 per kg = Rp135.000

Harga pasar hidrazin 2030 per kg = Rp 142.544

Harga jual ditetapkan = Harga Dasar + (Harga Dasar $\times$ 40 %)
= Rp136.897 per kg

Annual Sales (Sa) = Harga Jual $\times$ Jumlah Produksi
= Rp1.368.967.420.668 per tahun

6.4.3. Harga Pendapatan

1) Keuntungan sebelum pajak

Keuntungan sebelum pajak = Total penjualan – Total biaya produksi
= Rp391.133.548.762

2) Keuntungan setelah pajak

Perhitungan keuntungan setelah pajak mengacu pada tarif Pajak Penghasilan (PPh) Badan yang berlaku di Indonesia. Berdasarkan Undang-Undang HPP No. 7 Tahun 2021, tarif PPh Badan ditetapkan sebesar 22% dan berlaku mulai Tahun Pajak 2022 hingga saat ini. Oleh karena itu, keuntungan dihitung setelah dikurangi tarif pajak sebesar 22% dari keuntungan sebelum pajak.

$$\begin{aligned}
 \text{Tarif pajak} &= 22\% \\
 &= \text{Rp}86.049.380.728 \\
 \text{Keuntungan setelah pajak} &= \text{Keuntungan sebelum pajak} - \text{Pajak} \\
 &= \text{Rp}305.084.168.034
 \end{aligned}$$

6.5 Analisa Resiko Pabrik

Analisis risiko pabrik dilakukan untuk menilai tingkat potensi bahaya yang dapat terjadi selama kegiatan operasional pabrik, baik yang termasuk kategori risiko tinggi (*high risk*) maupun risiko rendah (*low risk*). Analisis ini mempertimbangkan kemungkinan terjadinya berbagai kondisi atau kejadian yang tidak diinginkan serta menentukan langkah mitigasi yang tepat untuk meminimalkan dampak yang ditimbulkan.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, pabrik hidrazin dikategorikan sebagai pabrik dengan tingkat risiko rendah (*low risk*). Klasifikasi tersebut didasarkan pada beberapa pertimbangan yang mendukung hasil penilaian tersebut, antara lain:

No.	Parameter		<i>Low</i>	<i>High</i>
	risiko	deskripsi	<i>risk</i>	<i>risk</i>
1	Kondisi	Suhu maksimal yang digunakan 80 °C	✓	
	operasi	Tekanan maksimal yang digunakan 12 atm		✓
Bahan baku yang digunakan				

No.	Parameter risiko	deskripsi	Low risk	High risk
		Bersifat toksik dan mudah menguap sehingga memerlukan penanganan khusus selama proses penyimpanan dan distribusi		✓
2	NH ₃	Kebocoran gas amonia dapat membahayakan pekerja dan lingkungan sekitar apabila tidak segera ditangani.		✓
3	NaOCl	Natrium hipoklorit merupakan oksidator kuat yang dapat menimbulkan reaksi berbahaya apabila bercampur dengan senyawa tertentu.		✓
4	N ₂	Gas nitrogen berpotensi menyebabkan kekurangan oksigen (<i>oxygen deficiency</i>) pada area tertutup apabila terjadi kebocoran dalam jumlah besar.		✓
5	N ₂	Gas nitrogen digunakan dalam proses penjerapan amonia untuk membantu menjaga kestabilan proses dan meminimalkan amonia yang terbuang	✓	
Produk yang dihasilkan				

No.	Parameter risiko	deskripsi	Low risk	High risk
6	N ₂ H ₄ .H ₂ O (hidrazin)	Hidrazin bersifat toksik dan korosif sehingga memerlukan sistem keamanan proses yang baik.		✓
7	NaCl	Natrium klorida (NaCl) terbentuk sebagai produk samping reaksi dan dipisahkan dalam bentuk slurry menggunakan alat pemisah sebelum proses pemurnian lanjutan.	✓	
Pabrik				
8	Lokasi pabrik	Pabrik berada di kawasan industri JISC Jatiluhur yang telah dirancang untuk kegiatan industri kimia. Lokasi pabrik relatif jauh dari kawasan permukiman padat sehingga dapat mengurangi dampak terhadap masyarakat sekitar.	✓	✓
9	Sistem pengendalian proses	Pabrik dilengkapi sistem kontrol otomatis untuk menjaga kestabilan temperatur, tekanan, dan aliran proses.	✓	

No.	Parameter risiko	deskripsi	Low risk	High risk
10	Pelatihan keselamatan kerja	Karyawan mendapatkan pelatihan K3 secara berkala untuk meningkatkan kesiapsiagaan terhadap keadaan darurat.	✓	
Jumlah <i>Low Risk</i> : 7				
Jumlah <i>High Risk</i> : 6				

6.6 Analisa Kelayakan Ekonomi

Analisis kelayakan perancangan pabrik dilakukan untuk menilai potensi keuntungan yang dapat diperoleh dari kegiatan operasional pabrik. Studi kelayakan ekonomi pada pabrik hidrazin bertujuan untuk menentukan apakah proyek yang dirancang layak untuk direalisasikan dan mampu memberikan keuntungan secara finansial.

Melalui analisis ini, dapat diketahui besarnya keuntungan yang berpotensi diperoleh sehingga dapat dievaluasi tingkat prospek ekonomi dari pabrik tersebut. Dengan demikian, pabrik dapat dikategorikan sebagai proyek yang layak dan menguntungkan secara ekonomi maupun sebaliknya. Penilaian kelayakan pabrik dilakukan melalui beberapa parameter evaluasi ekonomi, antara lain:

6.6.1. Return on Investment (ROI)

Return on Investment (ROI) merupakan parameter yang digunakan untuk menunjukkan tingkat keuntungan tahunan yang diperoleh terhadap total investasi yang telah ditanamkan. ROI digunakan sebagai indikator untuk menilai efisiensi

dan tingkat pengembalian dari suatu investasi, khususnya dalam perancangan dan operasional pabrik.

Secara umum, tingkat risiko pabrik dapat ditinjau berdasarkan nilai ROI sebelum pajak. Menurut Aries & Newton (1955), pabrik dengan nilai ROI kurang dari 44% dikategorikan sebagai pabrik dengan risiko rendah (*low risk*), sedangkan pabrik dengan nilai ROI lebih dari 44% termasuk dalam kategori risiko tinggi (*high risk*). Persamaan yang digunakan untuk menghitung *percent return on investment* adalah sebagai berikut:

$$ROI \% = \frac{Laba\ Tahunan}{Fixed\ Capital\ Investment} \times 100\%$$

ROI sebelum pajak : 18,15%

ROI setelah pajak : 14,16%

6.6.2. Pay Out Time (POT)

Pay Out Time (POT) merupakan periode waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan modal investasi berdasarkan keuntungan bersih yang diperoleh setiap tahunnya. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan agar seluruh investasi awal dapat kembali. Pada pabrik dengan tingkat risiko rendah, batas maksimum POT yang dapat diterima adalah 5 tahun. Sementara itu, untuk pabrik dengan tingkat risiko tinggi, nilai POT maksimum yang dianjurkan adalah 2 tahun. POT dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$POT = \frac{Fixed\ Capital\ Investment}{Keuntungan\ Tahunan + Depresiasi}$$

POT sebelum pajak : 3,8 tahun

POT setelah pajak : 4,5 tahun

6.6.3. Break Even Point (BEP)

Break Even Point (BEP) atau titik impas merupakan kondisi ketika total pendapatan yang diperoleh sama dengan total biaya yang dikeluarkan, sehingga perusahaan tidak mengalami keuntungan maupun kerugian. Analisis BEP menjadi salah satu parameter penting dalam evaluasi kelayakan ekonomi karena digunakan untuk menentukan batas minimum kapasitas produksi dan penjualan yang harus dicapai agar perusahaan dapat menutup seluruh biaya operasional dan investasi yang dikeluarkan. Melalui analisis BEP, dapat diketahui jumlah minimum produk yang harus dijual serta harga jual minimum agar perusahaan mulai memperoleh keuntungan. Pada umumnya, nilai BEP untuk industri kimia berada pada kisaran 40% hingga 60% dari kapasitas produksi maksimum. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai *Break Even Point* adalah sebagai berikut:

$$BEP = \frac{Fa + 0,3Ra}{Sa - va - 0,7Ra} \times 100\%$$

Keterangan:

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada kapasitas produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada kapasitas produksi maksimum

Va : *Annual Variable Cost* pada kapasitas produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada kapasitas produksi maksimum

Tabel 6. 15 *Annual Fixed Manufacturing Cost* (Fa)

Komponen	Biaya
<i>Depreciation</i>	Rp172.381.289.057

Komponen	Biaya
<i>Property Taxes</i>	Rp64.642.983.396
<i>Insurances</i>	Rp43.095.322.264
Total	Rp280.119.594.717

Tabel 6. 16 *Annual Variable Cost (Va)*

Komponen	Biaya
<i>Raw Material</i>	Rp15.463.228.869
<i>Packaging and shipping</i>	Rp67.500.000.000
Biaya bahan utilitas	Rp29.766.461.778
<i>Royalties and patens</i>	Rp1.131.252.209
Total	Rp113.860.942.857

Tabel 6. 17 Annual Regulated Expenses (Ra)

Komponen	Biaya
Gaji Karyawan	Rp19.842.000.000
<i>payroll overhead</i>	Rp3.968.400.000
<i>plant overhead</i>	Rp15.873.600.000
<i>supervise</i>	Rp2.976.300.000
<i>laboratory</i>	Rp5.952.600.000
<i>general expenses</i>	Rp361.781.762.218
<i>maintennace</i>	Rp150.833.627.925
<i>plant supplies</i>	Rp22.625.044.189
Total	Rp583.853.334.331

Dengan menggunakan data yang sudah didapatkan pada tabel di atas maka didapatkan dilai BEP sebesar 53,8%.

6.6.4. Shut Down Point (SDP)

Shut Down Point (SDP) merupakan kondisi ketika operasional pabrik harus dihentikan karena kegiatan produksi sudah tidak memberikan keuntungan secara ekonomi. Kondisi ini dapat disebabkan oleh meningkatnya *variable cost* secara signifikan maupun adanya pertimbangan manajerial terkait ketidakefisienan proses produksi. Pada kondisi tersebut, biaya yang diperlukan untuk mempertahankan operasional pabrik lebih besar dibandingkan biaya yang harus dikeluarkan apabila pabrik dihentikan sementara dan hanya menanggung *fixed cost*. Dengan demikian, melanjutkan proses produksi akan mengakibatkan kerugian yang lebih besar dibandingkan dengan menghentikan operasional pabrik. Secara umum, *Shut Down Point* menggambarkan batas minimum kapasitas produksi yang harus dicapai agar pabrik tetap layak untuk beroperasi. Apabila kapasitas minimum tersebut tidak dapat terpenuhi dalam periode tertentu, maka penghentian operasional menjadi pilihan yang paling rasional dari segi ekonomi. Persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai *Shut Down Point* (SDP) dinyatakan sebagai berikut:

$$SDP = \frac{0,3Ra}{Sa - va - 0,7Ra} \times 100\%$$

Maka didapatkan SDP sebesar 20,69%

6.6.5. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR)

Discounted Cash Flow Rate of Return (DCFRR) merupakan estimasi tingkat keuntungan tahunan yang diperoleh dari suatu proyek, yang dihitung. DCFRR memperhitungkan bahwa investasi yang dilakukan tidak akan langsung

kembali setiap akhir tahun, melainkan secara bertahap selama masa hidup proyek. Oleh karena itu, perhitungan ini sangat berguna untuk mengevaluasi kelayakan proyek jangka panjang, termasuk dalam industri kimia. Secara umum, proyek dianggap layak secara ekonomi jika nilai DCFRR melebihi batas minimum yang ditetapkan, yaitu sebesar 1,5 kali suku bunga bank. Adapun persamaan dasar untuk menghitung DCFRR adalah mencari tingkat diskonto (*discount rate*, biasanya dilambangkan sebagai *i*) yang memenuhi persamaan berikut:

$$(FC + WC)(1 + i)^n = CF[(1 + i)^{n-1} + (1 + i)^{n-2} + \dots + (1 + i) + 1]$$

Keterangan:

n	: Umur pabrik	WC	: <i>Working capital</i>
CF	: <i>Cash flow</i> setelah pajak	SV	: <i>Salvage value</i> (10%FCI)
FC	: Keuntungan setelah pajak	i	: <i>Interest/ Discounted cash flow</i>

Sebagai perhitungan digunakan data sebagai berikut:

FC : Rp2.154.766.113.210

WC : Rp1.345.308.955.041

SV : Rp215.476.611.321

CF : Rp617.468.459.821

n : 10 tahun

Berdasarkan situs resmi Bank Indonesia, diketahui bahwa suku bunga deposito saat ini adalah sebesar 4,75%. Sehingga diperoleh nilai DCFRR sebagai berikut:

Suku bunga deposit : 4,75%

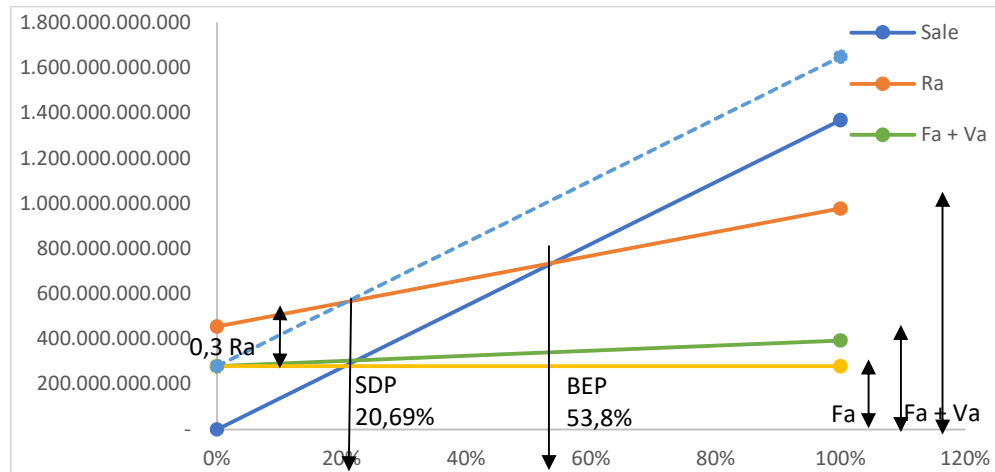
Suku bunga minimum: 7,13%

Persentase DCFRR : 16,87%

6.6.6. Hasil Analisa

Setelah dilakukan seluruh perhitungan parameter ekonomi seperti ROI, POT, BEP, SDP, hingga DCFRR, diperoleh grafik hubungan antara kapasitas produksi (%) terhadap biaya (triliun/tahun) yang ditunjukkan pada Grafik dibawah ini. Grafik ini memberikan gambaran visual mengenai kondisi operasional pabrik pada berbagai tingkat kapasitas, serta titik-titik kritis dalam aspek finansial.

Grafik evaluasi ekonomi berikut menggambarkan hubungan antara kapasitas produksi (dalam persentase) terhadap biaya operasional (dalam triliun rupiah per tahun). Beberapa garis penting yang ditampilkan mencakup biaya tetap (FA), biaya variabel (VA), total biaya (RA), pendapatan penjualan (SA), serta dua indikator utama kelayakan ekonomi, yaitu Break Even Point (BEP) dan Shut Down Point (SDP). Visualisasi ini memberikan gambaran sejauh mana pabrik mampu beroperasi secara finansial dengan aman.



Gambar 6. 2 Grafik Evaluasi Ekonomi

Berdasarkan grafik analisis ekonomi yang diperoleh, garis pendapatan (*Sale/SA*) meningkat secara linier seiring bertambahnya kapasitas produksi, mulai dari nilai nol hingga mencapai Rp 1,37 miliar pada kapasitas produksi 100%. Kondisi ini menunjukkan bahwa harga jual produk diasumsikan tetap pada setiap tingkat kapasitas produksi.

Biaya tetap (*Fixed Cost/FA*) ditunjukkan sebagai garis horizontal dengan nilai sebesar Rp 280 miliar yang menandakan bahwa biaya tersebut tidak dipengaruhi oleh besarnya kapasitas produksi. Sementara itu, biaya variabel (*Variable Cost/VA*) meningkat secara proporsional terhadap kenaikan kapasitas produksi, mulai dari nol hingga mencapai Rp393 miliar pada kapasitas penuh. Penjumlahan biaya tetap dan biaya variabel ($FA + VA$) menghasilkan total biaya produksi sebesar Rp393 miliar pada kapasitas 100%. Adapun total biaya keseluruhan yang meliputi biaya tetap, biaya variabel, dan biaya semi variabel ($FA + VA + RA$) meningkat hingga mencapai Rp1,65 triliun pada kapasitas maksimum produksi.

Nilai *Break Even Point* (BEP) diperoleh pada kapasitas produksi sebesar 53,8%. Pada kondisi ini, pabrik berada pada titik impas sehingga tidak mengalami keuntungan maupun kerugian. Nilai BEP yang masih berada dalam rentang 40–60% menunjukkan bahwa pabrik memiliki tingkat efisiensi yang cukup baik karena titik impas dapat dicapai tanpa harus beroperasi pada kapasitas penuh.

Sementara itu, nilai *Shut Down Point* (SDP) berada pada kapasitas 20,69%. Pada titik ini, pendapatan yang diperoleh tidak lagi mampu menutupi biaya operasional dan biaya tetap pabrik, sehingga penghentian operasional menjadi pilihan yang lebih ekonomis dibandingkan melanjutkan produksi.

Secara keseluruhan, grafik evaluasi ekonomi tersebut menunjukkan bahwa pabrik hidrazin memiliki prospek ekonomi yang cukup baik. Hal ini ditunjukkan oleh potensi keuntungan yang meningkat pada kapasitas produksi tinggi, nilai BEP yang masih berada dalam rentang ideal, serta nilai SDP yang relatif rendah sehingga pabrik dinilai memiliki ketahanan operasional yang cukup baik terhadap perubahan kondisi pasar dan fluktuasi permintaan produk.

Tabel 6. 18 Kesimpulan Analisa Kelayakan Ekonomi

Kriteria	Terhitung	Persyaratan	Keterangan
ROI	Sebelum pajak: 18,15%	ROI before tax	Low Risk
		$>44\% = \text{High Risk}$	
	Setelah pajak: 14,16%	$<44\% \text{ Low Risk}$	
POT	Sebelum pajak: 3,8 tahun	POT before taxes 5	Low Risk
	Setelah pajak: 4,5 tahun	tahun $\geq \text{POT} \geq 2$	

Kriteria	Terhitung	Persyaratan	Keterangan
		tahun = <i>Low Risk</i>	
		POT < 2 tahun =	
		<i>High Risk</i>	
BEP	53,8%	Range 40-60%	Memenuhi
SDP	20,69%		
DCFRR	16,87%	>1,5 bunga bank =	
		7,13%	Memenuhi

BAB VII.

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan perancangan pabrik hidrazin dari amonia dan natrium hipoklorit dengan kapasitas produksi 10.000 ton/tahun ditinjau secara teknis maupun ekonomi, dapat disimpulkan:

- a) Pendirian pabrik hidrazin bertujuan untuk mengurangi ketergantungan pada impor dan menstabilkan pasokan dalam negeri, serta dapat membantu memenuhi kebutuhan industri secara lokal
- b) Pabrik hidrazin direncanakan berlokasi di kawasan *Jatiluhur Industrial Smart City* (JISC) dengan mempertimbangkan kemudahan akses terhadap bahan baku, terutama amonia yang diperoleh dari PT Pupuk Kujang. Selain itu, lokasi tersebut dipilih karena memiliki infrastruktur industri yang memadai, akses transportasi yang baik, serta ketersediaan tenaga kerja yang mendukung kegiatan operasional pabrik.
- c) Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi dan analisis kelayakan, pabrik ini dinilai memenuhi kriteria untuk didirikan dengan parameter kelayakan sebagai berikut:

1. Return On Investment (ROI)

- a. ROI sebelum pajak : 18,15%
- b. ROI setelah pajak : 14,16%

2. Pay Out Time (POT)

- a. POT sebelum pajak : 3,8 tahun

- b. POT setelah pajak : 4,5 tahun
- 3. *Break Event Point* (BEP) : 53,8%
- 4. *Shut Down Point* (SDP) : 20,69%
- 5. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR): 16,87%

Berdasarkan hasil analisis terhadap berbagai parameter kelayakan yang telah diperoleh, dapat disimpulkan bahwa rencana pendirian pabrik hidrazin ini memiliki prospek yang cukup baik untuk direalisasikan. Nilai parameter ekonomi yang memenuhi kriteria menunjukkan bahwa pabrik berpotensi memberikan keuntungan serta mampu beroperasi secara berkelanjutan. Selain itu, dari sisi teknis, proses produksi yang digunakan dinilai memungkinkan untuk diterapkan pada skala industri dengan dukungan fasilitas dan utilitas yang memadai.

7.2 Saran

Dalam perancangan pabrik hidrazin dari bahan baku amonia dan natrium hipoklorit, diperlukan pemahaman serta kajian yang lebih mendalam terhadap berbagai aspek proses agar pabrik yang dirancang dapat beroperasi secara optimal, aman, dan berkelanjutan. Oleh karena itu, beberapa saran yang dapat diberikan dalam pengembangan perancangan pabrik ini adalah sebagai berikut:

- a. Analisis kelayakan teknis dan ekonomi perlu dilakukan secara lebih mendalam dan menyeluruh agar proses produksi hidrazin yang dirancang dapat berjalan secara efektif serta memberikan keuntungan yang optimal. Kajian ini mencakup pemilihan kondisi operasi yang sesuai, efisiensi penggunaan bahan baku, pemilihan peralatan proses, serta evaluasi biaya investasi dan biaya operasional pabrik. Selain itu, perlu dilakukan optimasi

proses untuk meningkatkan konversi reaksi dan mengurangi kehilangan bahan baku sehingga kapasitas produksi yang direncanakan dapat tercapai dengan lebih efisien.

- b. Pemahaman mengenai keselamatan proses dan manajemen risiko sangat penting dalam perancangan pabrik hidrazin karena bahan baku maupun produk yang digunakan memiliki sifat kimia yang cukup reaktif dan berpotensi menimbulkan bahaya apabila tidak ditangani dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan kajian keselamatan proses yang lebih rinci, seperti identifikasi potensi bahaya, analisis risiko operasional, serta penerapan sistem pengendalian dan prosedur keselamatan yang sesuai.
- c. Aspek efisiensi energi dan pengelolaan dampak lingkungan perlu menjadi perhatian utama dalam pengembangan pabrik hidrazin guna mendukung keberlanjutan operasional pabrik dalam jangka panjang. Penggunaan energi pada setiap unit proses perlu dioptimalkan agar konsumsi utilitas dapat ditekan tanpa mengurangi kinerja proses produksi.
- d. Selain itu, pengolahan limbah hasil proses, baik limbah cair, gas, maupun padat seperti natrium klorida hasil samping, perlu dirancang dengan baik agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba.com. (n.d.). Industry OEM drum reverse full cell (harga amonia). Retrieved Mei 10, 2026, from <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/Industry-OEM-Drum-Reverse-Full-Cell-1600464100992.html>
- Aries, R., & Newton, R. (n.d.). Chemical engineering cost estimation.
- Arsitek Masterpiece. (n.d.). harga Bangunan Permeter Persegi. Retrieved Mei 15, 2025, from <https://arsitekmasterpiece.co.id/cara-hitung-dan-estimasi-biaya-renovasi-rumah/>
- Atkins, P., & Paula, J. d. (2006). Atkins' Physical Chemistry. *W. H. Freeman and Company*, 1-1040.
- Badan Pusat Statistik. (n.d.). *Badan Pusat Statistik*. Retrieved Oktober 5, 2025, from <https://www.bps.go.id/id>.
- Bank Indonesia. (n.d.). BI-Rate naik 50 bps menjadi 5,25%: Memperkuat stabilitas, mendorong pertumbuhan ekonomi. Retrieved Mei 12, 2026, from https://www.bi.go.id/id/publikasi/ruang-media/news-release/Pages/sp_284326.aspx
- Blibli. (n.d.). Harga natrium hidroksida (NaOH). Retrieved Mei 10, 2026, from <https://blibli.onelink.me/GNtk/xfmc4vtg>
- Blibli. (n.d.). Harga tawas. Retrieved Mei 10, 2026, from <https://blibli.onelink.me/GNtk/xxj86ne7>
- Brown, G. G. (1959). Unit Operations. *CBS*.
- Brownell, L. E., & Young, H. E. (1959). Equipment Design. *John Wiley & Sons, Inc.*
- Chongqing PinCui Chemical Technology. (2018). Metode Untuk Memproduksi Hidrazin Hidrat. *Paten Tiongkok CN108793106A*.
- Coulson, J., & Richardson, J. (1983). Chemical Engineering Design. *Pergamon Press*, 6.
- DaftarUMR.com. (n.d.). UMK Kabupaten Purwakarta. Retrieved Mei 12, 2026, from <https://www.daftarumr.com/umk-kabupaten-purwakarta/>
- Evans, Jr, F. (n.d.). Equipment Design Handbook for Refineries and Chemical Plants. 2, *Second Editon*.
- Green, D., & Perry, R. (1984). Perry's chemical engineers' handbook (6th ed.
- Kern, D. (1965). Process Heat Transfer. (I. S. Edition, Ed.)

- Klikpajak.id. (n.d.). ajak penghasilan (PPh) badan: Tarif dan contoh hitung. Retrieved Mei 12, 2026, from <https://klikpajak.id/blog/pajak-penghasilan-badan-jenis-tarif-hitung-dan-lapor-pajak/>
- Kompasiana. (n.d.). Apa itu NTU. Retrieved Mei 3, 2026, from <https://www.kompasiana.com/kangaips3573/67c6871ec925c468262dcbb2/apa-itu-ntu>
- Lange, O. C. (1999). Lange's Handbook of Chemistry. *The McGraw-Hill Companies*.
- Lazada. (n.d.). Harga karbon aktif. Retrieved Mei 10, 2026, from <https://s.lazada.co.id/s.ZOKb73>
- Le, D., Bougrne, A., Pasquet, V., & Delulu, H. (2019). new strategy for the synthesis of monomethylhydrazine using the Raschig process. 1. Study of the stability of monochloramine. *Reaction Kinetics, Mechanism and Catalysis*, 757-773.
- Maritime Optima. (n.d.). Different types and sizes of tanker vessels. Retrieved Mei 13, 2026, from <https://maritimeoptima-com.translate.goog/insights/different-type-and-sizes-of-tanker-vessels>
- Matches. (n.d.). Reactor cost estimate. Retrieved 11 1, 2025, from <http://www.matche.com/equipcost/Reactor.html>
- Mordor Intelligence. (n.d.). Retrieved Oktober 15, 2025, from <https://www.mordorintelligence.com>
- MSDS Ammonia. (2025). Lembar Data Keselamatan Bahan (LDKB) Ammonia. *MerckMillipore*. Retrieved Oktober 20, 2025
- MSDS H2O. (n.d.). Lembar data Keselamatan Bahan (LDKB) H2O. *MerckMillipore*. Retrieved Oktober 20, 2025
- MSDS Hidrazin. (2006). Lembar data Keselamatan bahan (LDKB) Hidrazin. *MerckMillipore*. Retrieved Oktober 20, 2025
- MSDS NaCl. (2022). Lembar Data Keselamatan Bahan (LDKB). Retrieved Oktober 20, 2025
- MSDS NaOH. (2025). Lembar Data keselamatan Bahan (LDKB) NaOH. *MerckMillipore*. Retrieved Oktober 20, 2025
- MSDS NH2Cl. (2006). Lembar Data Keselamatan Bahan (LDKB). *MerckMillipore*. Retrieved Oktober 20, 2025
- National Toxicology Program, Institute of Environmental Health Sciences, National Institutes of Health (NTP). (1992). Monochloramine. *National*

- Toxicology Program Chemical Repository Database*. Retrieved Oktober 20, 2025, from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Monochloramine>
- Peters, M., & Timmerhaus, K. (1991). *Plant design and economics for chemical engineers* 4th ed.
- Powell, S. (1954). *Water conditioning for industry*.
- Properti.com. (n.d.). Dijual tanah untuk perumahan subsidi di lingkungan kawasan industri JISC Purwakarta. Retrieved Mei 10, 2026, from <https://properti1.com/iklan/dijual-tanah-untuk-perumahan-subsidi-di-lingkungan-kawasan-industri-jisc-purwakarta-662c87527ef43d8301a144d4>
- PT Bumi Mulia Chemindo. (n.d.). Bahan kimia industri sodium hypochlorite cair 12%. Retrieved Mei 10, 2026, from <https://www.bumimuliachemindo.co.id/product/bahan-kimia-industri-sodium-hypochlorite-cair-12-p1275480.aspx>
- PT Bumi Mulia Chemindo. (n.d.). Bahan kimia industri umum HCl 32%. Retrieved Mei 10, 2026, from <https://www.bumimuliachemindo.co.id/product/bahan-kimia-industri-umum-ceftiofur-hcl-cair-32-p1275666.aspx>
- PT Pertamina (Persero). (n.d.). Harga solar industri dan jenis-jenisnya. Retrieved Mei 3, 2026, from https://onesolution.pertamina.com/Insight/Page/Harga_Solar_Industri_dan_Jenis_Jenisnya
- PT Pertamina (Persero). (n.d.). Kapal tanker dan peran vitalnya dalam industri minyak Indonesia. Retrieved Mei 12, 2026, from <https://onesolution.pertamina.com/Insight/Page/kapal-tanker-dan-peran-vitalnya-dalam-industri-minyak-indonesia>
- Pupuk Indonesia. (n.d.). *Pupuk Indonesia*. Retrieved Oktober 15, 2025, from <https://www.pupuk-indonesia.com/profile/production-capacity>
- Qiang, Z., & Adams, C. D. (2004). Determination of Monochloramine Formation Rate Constants with Stopped-Flow Spectrophotometry. *Environ. Sci. Technol.*, 1435-1444.
- Rase, H. F. (1962). *Chemical reaktor Design For Process Plants. Case studies and design data*.
- Sari, T., & Akgul, D. (2025). Hydrazine (Bio) synthesis and separation: Advances, state-of-the-art methods, and patent review. *Biomass Conversion and Biorefnery*, 19553-19574.

- Shopee. (n.d.). Harga karbon aktif. Retrieved Mei 10, 2026, from <https://s.shopee.co.id/4ftEJ4hHwp>
- Smith, J., Van Ness, H., Abbott, M., & Swihart, M. (2018). Chemical Engineering Thermodynamics. *McGraw-Hill Education*, 1-741.
- Stoehr, J., Choice, & Middletown . (2019). ULLMANN'S Encyclopedia of Industrial Chemistry. *Trade Journal*, 56(11), 1339-1340.
- Sugianto, E. (n.d.). UMK Purwakarta 2026 naik jadi Rp5 juta lebih, ini rincian lengkap dan sektor dengan gaji tertinggi. Purwakarta Online. Retrieved Mei 12, 2026, from <https://www.purwakartaonline.com/bisnis/42516934307/umk-purwakarta-2026-naik-jadi-rp5-juta-lebih-ini-rincian-lengkap-dan-sektor-dengan-gaji-tertinggi>
- TLV Co., Ltd. (n.d.). Saturated steam table by temperature. Retrieved 12 2, 2025, from <https://toolbox.tlv.com/global/TI/calculator/steam-table-temperature.html>
- Tokopedia. (n.d.). Harga karbon aktif. Retrieved April 24, 2026, from <https://tk.tokopedia.com/ZSxRdfkDX/>
- Trogolo, D., & Arey, J. S. (2016). Correction: Benchmark thermochemistry of chloramines, bromamines, and bromochloramines: Halogen oxidants stabilized by electron correlation. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 31337. doi:<https://doi.org/10.1039/c6cp90261h>
- Turton, B. R., Whiting, W., Shaeiwitz , J., & Bhattacharyya, D. (2021). Analysis, synthesis, and design of chemical processes (5th ed.). *Boston: Pearson Education*.
- Volza Grow Global. (n.d.). Hydrate Buyers & Importers list in Indonesia. Retrieved Oktober 5, 2025, from <https://www.volza.com/p/hydrazine-hydrate/buyers/buyers-in-indonesia/>
- Walas, S. M. (1990). Chemical Process Equipment Selection and Design.
- Wang, D. (2021). Wastewater Treatment in Hydrazine Hydrate Production. *Certria*.
- Wiley-VCH, V. (2000). Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.
- William, V. M. (2002). Updating the CE Plant Cost Index. *Engineering Practice*.
- World Health Organization, & International Programme on Chemical Safety. (1987). Hydrazine (Environmental Health Criteria 68). *Geneva: World Health Organization*. Retrieved Januari 25, 2026, from

<https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/ca623971-c9ee-4a72-9f60-f2a389ffb5c7/content>

- Yagil, G., & Anbar, M. (1962). The Kinetics of Hydrazine Formation from Chloramine and Ammonia. *KINETICS OF HYDRAZINE FORMATION*, 84, 1797-1803.
- Yaws, C. L. (1997). The Yaws Handbook of Chemical compound data for Process Safety. *Library of Physico - Chemical Property Data*, 1-221.

LAMPIRAN A
PERANCANGAN REAKTOR

1. Reaktor 01

Kode	:	R-01
Fungsi	:	Mereaksikan amonia dengan natrium hipoklorit menjadi monokloramina
Jenis/Tipe	:	Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)
Mode Operasi	:	Kontinyu
Jumlah	:	1 unit
Bahan Konstruksi	:	<i>Stainless Steel SA-240 Grade M</i> tipe 316
Kondisi Operasi	T :	10°C
	P :	7 atm
Waktu Tinggal	:	14 menit
Reaksi	:	$\text{NH}_3 + \text{NaOCl} \rightarrow \text{NH}_2\text{Cl} + \text{NaOH}$
Konversi	:	95,1%

1.1 Neraca Massa

Tabel 1 Neraca Massa

Komponen	<i>Input <1></i>	<i>Input <2></i>	<i>Output<3></i>
	kg/jam	kg/jam	kg/jam
NH ₃	421,15	-	20,64
NH ₂ Cl	-	-	1.210,72
H ₂ O	0,34	12274,35	12.274,68
NaOCl	-	1841,15	90,22
NaOH	-	153,43	1.094,16
NaCl	-	1074,01	1.074,01
Total	421,49	15342,93	15.764,42
Total In-Out	15.764,42		15.764,42

1.1 Design Equation

1) Densitas Campuran

Tabel 2 Densitas Campuran Reaktor

Komponen	Densitas (kg/m ³)	Massa (kg/jam)	Fraksi Massa	P campuran (kg/m ³)
NH ₃	266,93	421,15	0,03	7,13
NH ₂ Cl	1738,52	0,00	0,00	0,00
H ₂ O	427,41	12274,68	0,78	332,79
NaOCl	657,21	1841,15	0,12	76,76

Komponen	Densitas (kg/m ³)	Massa (kg/jam)	Fraksi Massa	P campuran (kg/m ³)
NaOH	339,55	153,43	0,01	3,30
NaCl	479,05	1074,01	0,07	32,64
Total	3908,67	15764,42	1,00	452,62

Densitas Campuran = 452,62 kg/m³

2) Kecepatan Alir Volumetrik

$$Fv = \frac{\text{massa umpan}}{\text{densitas campuran}}$$

$$= 34,83 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 34828,96 \text{ L/jam}$$

3) Kinetika Reaksi

Reaksi orde 2

Reaksi *irreversible*

Orde reaksinya merupakan orde reaksi dua, sehingga:

$$-r_a = k \cdot C_A \cdot C_B \quad (\text{E-1.12})$$

Dimana:

k = konstanta laju reaksi

C = konsentrasi

T = Temperatur (K)

Dengan nilai k sebagai berikut:

$$k_1 = 1,05 \times 10^{12} \exp(-74000/RT) + (5,6 \times 10^7 \exp(-68100/RT))$$

(E-1.13)

(Qiang, 2004)

$$k_1 = 2,037E+09$$

4) Waktu Tinggal Reaktor

$$\tau = \frac{C_{A0} \cdot X}{k \cdot C_A \cdot C_B}$$

$$\tau = 14,04 \text{ menit}$$

5) Volume Reaktor

$$V = \frac{v_0 \cdot (C_{A0} - C_A)}{k \cdot C_A \cdot C_B}$$

$$V = 8.150,23 \text{ Liter}$$

$$= 8,15 \text{ m}^3$$

$$\text{Overdesign } 20\% = 9,78 \text{ m}^3$$

6) Dimensi Reaktor

Perbandingan tinggi reaktor yang digunakan adalah $H = D$

(Brownell

& Young) dengan menggunakan faktor keamanan atau over design

sebesar

20%, sehingga diperoleh:

- $\text{Volume over design (20\%)} = \text{volume reaktor} \times 1,2$
 $= 8,15 \times 1,2$
 $= 9,78 \text{ m}^3$

- Diameter Reaktor = 2,32 m
= 7,61 ft
= 91,27 in
- V_{dish} = $0,000049 \times D^3$
= $0,000691 \text{ m}^3$
= $42,18 \text{ in}^3$
- V_{sf} = $10654,92 \text{ in}^3$
= $6,17 \text{ ft}^3$
= $0,17 \text{ m}^3$
- V_{head} = $0,175 \text{ m}^3$
- $V_{reaktor}$ = $10,13 \text{ m}^3$
- V_{bottom} = $0,09 \text{ m}^3$
- V_{cairan} = $9,69 \text{ m}^3$
- Tinggi cairan = 2,30 m
- Volume cairan dalam *sheel* = $9,34 \text{ m}^3$

7) Tekanan *Design*

- P hidrostatik = 1,33 Psi
- P reaksi = 73,48 Psi
- P operasi = P hidrostatik + P reaksi
= 74,81 Psi
= 5,087 atm
- P_{design} = 1,2 x P operasi

$$= 90 \text{ Psi}$$

$$= 6,10 \text{ atm}$$

8) Tebal *Shell*

Dalam menghitung ketebalan dinding shell atau reaktor menggunakan persamaan 14.34, buku *Brownell & Young*, 1959:275:

$$ts = \frac{P \cdot ri}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} + C$$

Keterangan:

Ts = Tebal *shell* (in)

ri = jari-jari *shell* = $D/2 = 45,64 \text{ in}$

f = *allowable stress* = 18750 psi

C = *corrosion allowance* = 0,125 in

P = Tekanan *design*

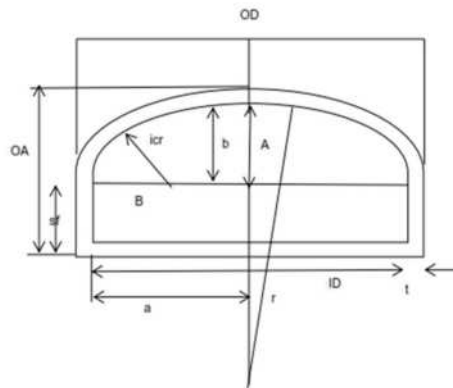
E = Efisiensi sambungan (80%)

Maka nilai tebal *shell* adalah

$$ts = \frac{90 \times 45,64}{(18750 \times 0,80) - (0,6 \times 90)} + 0,125 = 0,399 \text{ in}$$

Kemudian diambil ts standar: 0,313 in (*Brownell & Young*)

9) *Head*



Bentuk Head : *Torispherical Head*

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA-240 Grade M tipe 316*

Alasan pemilihan bentuk *head torispherical* adalah:

1. Digunakan untuk tangki dalam rentang tekanan 15-200 Psig
2. Lebih ekonomis dan lebih mudah dibuat
3. Memiliki knuckle radius yang membantu mendistribusikan tegangan disekitar sambungan head dan bagian silinder

- Menentukan *icr* dan *rc*

Dipilih nilai OD 96 in untuk menentukan nilai *icr* dan *rc* pada table

5.7 Brownell & Young.

icr = 5,9 in

rc = 96 in

- Tebal *head*

$$th \min = \frac{P \cdot rc \cdot W}{2 \cdot f \cdot E - 0,2P} + C$$

Keterangan:

th = tebal head (in)

w = faktor intensifikasi stress

f = allowable stress (18750 in)

E = efisiensi sambungan (80%)

C = corrosion allowance (0,125 in)

$$w = \frac{1}{4} (3 + \sqrt{rc/r})$$

$$w = \frac{1}{4} (3 + \sqrt{96/5,9})$$

$$w = 1,76 \text{ in}$$

- Tinggi *head*

Th standar = 0,75 in (tabel 5.6 *Brownell & Young*)

Maka sf = 1,5 in

$$\begin{aligned} OA &= t_h + b + sf \\ b &= rc - \sqrt{(rc - icr)^2 - \left(\frac{ID}{2} - icr\right)^2} \\ ID &= OD - 2 t_h \end{aligned}$$

OA (Overall dimension, in) = 18,23 in

Th (tebal head, in) = 0,63 in

b (Dept of dish (inside), in) = 16,10 in

sf (Straight flange, in) = 1,5 in

rc (Radius of Dish) = 96 in

icr (Inside corner radius, in) = 5,88 in

OD (Diameter luar reaktor, in) = 96 in

ID (Diameter dalam head, in) = 95,13 in

Tinggi Head	=	0,46	m
Tinggi Bottom	=	0,46	m
Tinggi Shell	=	2,32	m

10) Tinggi Reaktor

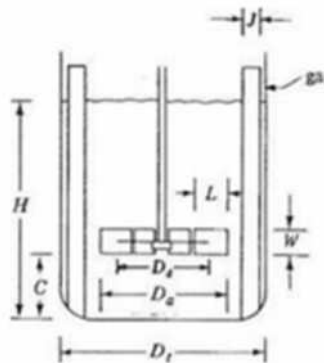
$$\text{Tinggi reaktor} = \text{tinggi shell} + 2(\text{tinggi head})$$

$$\begin{aligned}\text{Tinggi reaktor} &= 2,32 + 2(0,46) \\ &= 3,24 \text{ m}\end{aligned}$$

11) Spesifikasi Pengaduk

Volume cairan yang diaduk	=	9,69	m ³
Viskositas cairan yang diaduk	=	118,32	cP
	=	0,08	lb/ft.s
	=	0,12	Ns/m ²

Berdasarkan nilai viskositas cairan, pengaduk dapat dipilih jenis *Turbine with 6 flate blades*. Dasar pemilihan untuk pengadukan digunakan viskositas sedang atau dibawah 4000 cP (Brown, 1978).



Keterangan:

D_i = Diameter pengaduk
 Z_i = Jarak pengaduk dari dasar tangki
 W = Lebar *impeller*
 J = Lebar *baffle*
 L = Panjang *blade*
 D_d = Diameter batang penyangga
Offset 1 = Jarak *baffle* dari dasar tangki
Offset 2 = Jarak *baffle* dari permukaan cairan

- D_i = $D_t/3$
= 31,71 in = 0,81 m
- Z_i = $D_i \times 1$
= 31,71 in = 0,81 m
- W = $D_i \times 0,2$
= 6,34 in = 0,16 m
- J = $D_i \times 0,17$
= 5,39 in = 0,14 m
- L = $D_i \times 0,25$
= 7,93 in = 0,20 m
- D_d = $D_i \times (2/3)$
= 21,14 in = 0,54 m
- Offset 1 = $D_i \times (1/2)$
= 15,85 in = 0,40 m

- Offset 2 = $D_i \times (1/6)$
 $= 5,28 \text{ in} = 0,13 \text{ m}$
- Panjang baffle = $H_{ls} - (\text{offset 1} + \text{offset 2})$
 $= 3,94 - (0,40 + 0,13) \text{ m} = 2,87 \text{ m}$
- *Specific Gravity (sg)* = $\frac{\text{densitas cairan}}{\text{densitas air}}$
 $sg = \frac{452,62}{1000}$
 $sg = 0,45$
- *Water Equivalent Liquid High (WELH)*
 $WELH = \text{Tinggi cairan} \times sg$
 $= 2,34 \text{ m} = 7,66 \text{ ft}$
- Jumlah pengaduk

$$\text{jumlah pengaduk} = \frac{WELH}{D}$$

$$= \frac{1,06}{2,32}$$

$$= 0,46$$

Berdasarkan perhitungan, diambil jumlah pengaduk sebanyak 1 buah.

- Putaran pengaduk

$$N = \frac{600}{3,14 \times D_i} \sqrt{\frac{WELH}{2 \times D_i}}$$

$$N = \frac{600}{3,14 \times 2,64} \sqrt{\frac{3,47}{2 \times 2,64}}$$

$$= 58,58 \quad \text{rpm}$$

$$= 0,98 \quad \text{rps}$$

Jenis motor: dipilih tipe *fixed speed belt* (paling ekonomis, mudah dalam pemasangan dan perbaikan)

$$\text{Kecepatan pengaduk standar} = 68 \quad \text{rpm}$$

$$= 1,13 \quad \text{rps}$$

- Bilangan *Reynold*

$$Re = \frac{\rho \times N \times D_i^2}{\mu}$$

$$Re = \frac{28,26 \times 0,98 \times 2,64^2}{0,079}$$

$$Re = 2422,86$$

- Power pengaduk

$$Pa = N_p \times \rho \times N^3 \times D_i^5$$

$$Pa = 713,89 \quad \text{watt}$$

$$= 0,071 \quad \text{kW}$$

$$= 0,96 \quad \text{hP}$$

$$\text{Efisiensi motor} = 86\%$$

$$\text{Power standar} = 1,5 \quad \text{hP}$$

12) Jaket Pendingin

1. Kebutuhan Pendingin

$$C_p \text{ air pada } 5^\circ\text{C} = 9,28\text{E-}02 \quad \text{Kj/Kg.K}$$

$$C_p \text{ air pada } 7^\circ\text{C} = 9,27\text{E-}02 \quad \text{Kj/Kg.K}$$

$$\begin{aligned}
 T_{in} &= 5 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 &= 278 \text{ K} \\
 T_{out} &= 7 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 &= 280 \text{ K}
 \end{aligned}$$

Qp	7,28E+04	Kj/jam
	6,90E+04	Btu/jam
Delta H	1,87E-01	Kj/Kg.K
m	3,90E+05	Kg/jam
	8,60E+05	lb/jam

2. Menentukan Tinggi Cairan

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi cairan} &= 91,95 \text{ in} \\
 &= 2,34 \text{ m} \\
 &= 7,66 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

3. Perancangan Pendingin

a. Menghitung *Heat transfer area*

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta T_{LMTD}}$$

$$A = \frac{69042,45}{250 \times 61,18}$$

$$A = 4,51 \text{ ft}^2$$

b. Menghitung luas selubung reaktor

$$\text{Luas selubung reaktor} = \pi D H \frac{1}{4} D^2$$

$$D = 2,32 \quad \text{m}$$

$$H = 2,32 \quad \text{m}$$

$$\text{Luas Selubung} = 18,22 \quad \text{m}^2$$

$$196,09 \quad \text{ft}^2$$

Luas Selubung > A (Heat Transfer Area) = Menggunakan Pendingin Jacket

c. Menghitung diameter jaket

$$\text{OD shell} = 96 \quad \text{in}$$

$$\text{ID jacket} = 100 \quad \text{in}$$

d. Menghitung tebal jaket

$$P \text{ operasi} = 7 \quad \text{atm}$$

$$= 102,9 \quad \text{psi}$$

$$P \text{ design} = 123,48 \quad \text{psi}$$

$$\text{Jari-jari (ri)} = 50 \quad \text{in}$$

$$\text{Efisiensi pengelasan (E)} = 80\%$$

$$\text{Tekanan maksimum (f)} = 18750 \quad \text{psi}$$

$$\text{Faktor korosi (C)} = 0,125 \quad \text{in}$$

$$\text{Maka, ts} = 0,54 \quad \text{in}$$

$$\text{Tebal standar} = 0,625 \quad \text{in}$$

$$\text{OD jaket} = 101 \quad \text{in}$$

$$\text{OD jaket standar} = 102 \quad \text{in}$$

$$\text{ID jaket standar} = 101,75 \quad \text{in}$$

8 ft

e. Design *head jacket*

Menentukan *icr* dan *rc*

icr = 6,125 in

rc = 96 in

f. Tebal *head*

$$th \text{ min} = \frac{P \cdot rc \cdot W}{2 \cdot f \cdot E - 0,2P} + C$$

Keterangan:

th = tebal head (in)

w = faktor intensifikasi stress

f = allowable stress (18750 in)

E = efisiensi sambungan (80%)

C = corrosion allowance (0,125 in)

$$w = \frac{1}{4} (3 + \sqrt{rc/r})$$

$$w = \frac{1}{4} (3 + \sqrt{96/6,125})$$

$$w = 1,74 \text{ in}$$

$$th = \frac{123,48 \times 96 \times 1,740}{(2 \times 18750 \times 0,80) - (0,2 \times 123,48)} + 0,125 = 0,813 \text{ in}$$

Maka *th* standar diambil 0,875 in

g. Tinggi *head*

th standar = 0,875 in

Maka sf = 4 in

$$OA = t_h + b + sf$$
$$b = rc - \sqrt{(rc - irc)^2 - \left(\frac{ID}{2} - icr\right)^2}$$
$$ID = OD - 2 t_h$$

B = 17,91 in

Tinggi head = 23 in

= 1,90 ft

= 0,58 m

h. Menentukan tinggi total jaket

H total = Hcairan + Hhead

= 91,95 in

= 7,66 ft

= 2,34 m

2. Reaktor 02

Kode : R-02

Fungsi : Mereaksikan monokloromina, natrium hidroksida dan amonia menjadi hidrazin

Jenis/Tipe : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB)

Mode Operasi : Kontinyu

Jumlah : 1 unit

Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA-240 Grade M* tipe 316

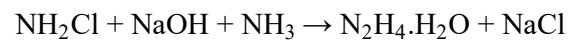
Kondisi Operasi

T : 40°C

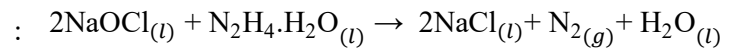
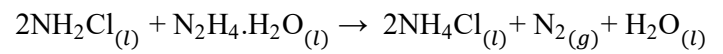
P : 12 atm

Waktu Tinggal

: 37,33 menit



Reaksi



Konversi

: 99,9%

1.1 Neraca Massa

Tabel 3 Neraca Massa

Komponen	<i>Input <2></i>	<i>Inputt <3></i>	<i>Output <4></i>
	kg/jam	kg/jam	kg/jam
N ₂	-	-	17,28
NH ₃	20,64	679,66	300,18
NH ₂ Cl	1.210,72	-	0,00
H ₂ O	12.274,68	-	12.307,61
NaOCl	90,22	-	0,09
N ₂ H ₄ .H ₂ O	-	-	1.145,40
NH ₄ Cl	-	-	1,63
NaOH	1.094,16	-	154,37
NaCl	1.074,01	-	2.517,52
Total	15.764,42	679,66	16.444,08
Total In-Out	16.444,08		16.444,08

1.2 Design Equation

1) Densitas Campuran

Tabel 4 Densitas Campuran Reaktor

Komponen	Densitas (kg/m ³)	Massa (kg/jam)	Fraksi Massa	P campuran (kg/m ³)
N ₂	181,03	-	-	-
NH ₃	259,25	700,29	0,04	11,04
NH ₂ Cl	1.689,13	1.210,72	0,07	124,36
H ₂ O	420,14	12.274,68	0,75	313,62
NaOH	621,42	90,22	0,01	3,41
N ₂ H ₄ .H ₂ O	242,23	-	-	-
NH ₂ Cl	942,04	-	-	-
NaOH	337,43	1.094,16	0,07	22,45
NaCl	475,50	1.074,01	0,07	31,06
Total	5.168,16	16.444,08	1,00	505,94

Densitas Campuran = 505,94 kg/m³

2) Kecepatan Alir Volumetrik

$$Fv = \frac{\text{massa umpan}}{\text{densitas campuran}}$$

$$= 32,50 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= 32.502,15 \text{ L/jam}$$

3) Kinetika Reaksi

Reaksi orde 2

Reaksi *irreversible*

Orde reaksinya merupakan orde reaksi dua, sehingga:

$$-r_a = k \cdot C_A \cdot C_B \quad (E-1.12)$$

Dimana:

k = konstanta laju reaksi

C = konsentrasi

T = Temperatur (K)

Dengan nilai k sebagai berikut:

$$k_2 = 1,05 \times 10^{12} \exp(-74000/RT) + (5,6 \times 10^7 \exp(-68100/RT)) \quad (E-1.14)$$

(Yagil, 1962)

$$k_1 = 4,69E-01$$

4) Waktu Tinggal Reaktor

$$\tau = \frac{C_{A0} \cdot X}{k \cdot C_A \cdot C_B}$$

$$\tau = 32,33 \text{ menit}$$

5) Volume Reaktor

$$V = \frac{v_0 \cdot (C_{A0} - C_A)}{k \cdot C_A \cdot C_B}$$

$$V = 20.222,94 \text{ Liter}$$

$$= 20,22 \text{ m}^3$$

$$\text{Overdesign } 20\% = 24,27 \text{ m}^3$$

6) Dimensi Reaktor

Perbandingan tinggi reaktor yang digunakan adalah $H = D$ (Brownell & Young) dengan menggunakan faktor keamanan atau over design sebesar

20%, sehingga diperoleh:

- Volume *over design* (20%) = volume reaktor x 1,2

$$= 20,22 \times 1,2$$

$$= 24,27 \text{ m}^3$$
- Diameter Reaktor = 3,14 m

$$= 10,30 \text{ ft}$$

$$= 123,56 \text{ in}$$
- V_{dish} = $0,000049 \times D^3$

$$= 0,0015 \text{ m}^3$$

$$= 92,86 \text{ in}^3$$
- V_{sf} = $54.096,93 \text{ in}^3$

$$= 31,32 \text{ ft}^3$$

$$= 0,89 \text{ m}^3$$
- V_{head} = $0,89 \text{ m}^3$
- $V_{reaktor}$ = $26,04 \text{ m}^3$

- $V_{bottom} = 0,44 \text{ m}^3$
- $V_{cairan} = 23,82 \text{ m}^3$
- $Tinggi \text{ cairan} = 3,08 \text{ m}$
- $Volume \text{ cairan dalam shell} = 22,05 \text{ m}^3$

7) Tekanan *Design*

- $P_{hidrostatik} = 1,92 \text{ Psi}$
- $P_{reaksi} = 176,35 \text{ Psi}$
- $P_{operasi} = P_{hidrostatik} + P_{reaksi}$
 $= 178,27 \text{ Psi}$
 $= 12,12 \text{ atm}$
- $P_{design} = 1,2 \times P_{operasi}$
 $= 213,93 \text{ Psi}$
 $= 14,55 \text{ atm}$

8) Tebal *Shell*

Dalam Menghitung ketebalan dinding shell atau reaktor menggunakan persamaan 14.34, buku *Brownell & Young, 1959:275*:

$$t_s = \frac{(P_d \cdot r_i)}{f \cdot E - (0,6 \cdot P_d)} + C$$

Keterangan:

T_s = Tebal *shell* (in)

r_i = jari-jari *shell* = $D/2 = 61,78 \text{ in}$

f = *allowable stress* = 18750 Psi

C = corrosion allowance = 0,125 in

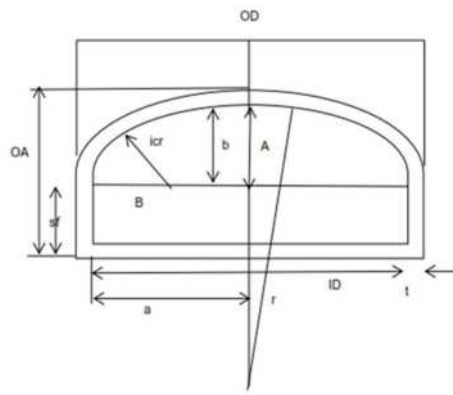
P = tekanan design

E = Efisiensi sambungan (80%)

$$t_s = \frac{(213,93 \cdot 61,78)}{(18750 \times 0,80) - (0,6 \times 215,870)} + 0,125 = 1,014 \text{ in}$$

Kemudian diambil t_s standar: $1 + 1/8 = 1,125 \text{ in}$ (*Brownell & Young*)

9) Head



Bentuk Head : Torispherical Head

Bahan Konstruksi : Stainless Steel SA-240 Grade M tipe 316

Alasan pemilihan bentuk *head torispherical* adalah:

1. Digunakan untuk tangki dalam rentang tekanan 15-200 Psig
2. Lebih ekonomis dan lebih mudah dibuat
3. Memiliki knuckle radius yang membantu mendistribusikan tegangan disekitar sambungan head dan bagian silinder

- Menentukan icr dan rc

Dipilih nilai OD 108 in untuk menentukan nilai icr dan rc pada table

5.7 *Brownell & Young*.

$$icr = 7,6 \text{ in}$$

$$rc = 120 \text{ in}$$

- Tebal *head*

$$th \text{ min} = \frac{P \cdot rc \cdot W}{2 \cdot f \cdot E - 0,2P} + C$$

Keterangan:

th = tebal head (in)

w = faktor intensifikasi stress

f = allowable stress (18750 in)

E = efisiensi sambungan (80%)

C = corrosion allowance (0,125 in)

$$w = \frac{1}{4} (3 + \sqrt{rc/r})$$

$$w = \frac{1}{4} (3 + \sqrt{120/7,6})$$

$$w = 1,74 \text{ in}$$

- Tinggi *head*

$$Th \text{ standar} = 1,62 \text{ in (tabel 5.6 Brownell \& Young)}$$

$$\text{Maka sf} = 4,5 \text{ in}$$

$$OA = t_h + b + sf$$

$$b = rc - \sqrt{(rc - irc)^2 - \left(\frac{ID}{2} - icr\right)^2}$$

$$ID = OD - 2 t_h$$

$$OA \text{ (Overall dimension, in)} = 27,70 \text{ in}$$

$$\text{Th (tebal head, in)} = 0,77 \text{ in}$$

$$\text{b (Dept of dish (inside), in)} = 21,59 \text{ in}$$

$$\text{sf (Straight flange, in)} = 4,5 \text{ in}$$

$$\text{rc (Radius of Dish)} = 120 \text{ in}$$

$$\text{icr (Inside corner radius, in)} = 7,63 \text{ in}$$

$$\text{OD (Diameter luar reaktor, in)} = 126 \text{ in}$$

$$\text{ID (Diameter dalam head, in)} = 124 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi Head} = 0,70 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Bottom} = 0,70 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Shell} = 3,14 \text{ m}$$

10) Tinggi Reaktor

$$\text{Tinggi reaktor} = \text{tinggi shell} + 2(\text{tinggi head})$$

$$\text{Tinggi reaktor} = 4,55 + 2(0,70)$$

$$= 4,55 \text{ m}$$

11) Spesifikasi Pengaduk

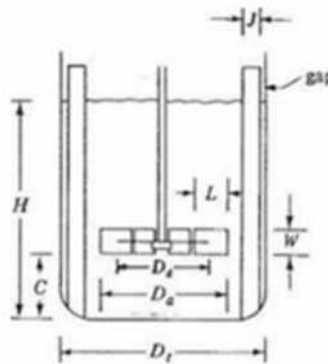
$$\text{Volume cairan yang diaduk} = 23,82 \text{ m}^3$$

$$\text{Viskositas cairan yang diaduk} = 123,26 \text{ cP}$$

$$= 0,08 \text{ lb/ft.s}$$

$$= 0,12 \quad \text{Ns/m}^2$$

Berdasarkan nilai viskositas cairan, pengaduk dapat dipilih jenis *Turbine with 6 flate blades*. Dasar pemilihan untuk pengadukan digunakan viskositas sedang atau dibawah 4000 cP (Brown, 1978).



Keterangan:

D_i = Diameter pengaduk

Z_i = Jarak pengaduk dari dasar tangki

W = Lebar *impeller*

J = Lebar *baffle*

L = Panjang *blade*

D_d = Diameter batang penyangga

Offset 1 = Jarak *baffle* dari dasar tangki

Offset 2 = Jarak *baffle* dari permukaan cairan

$$- D_i = D_t/3$$

$$= 41,25 \quad \text{in} = 1,05 \quad \text{m}$$

- Zi	=	Di x 1			
	=	41,25	in	=	1,05 m
- W	=	Di x 0,2			
	=	8,25	in	=	0,21 m
- J	=	Di x 0,17			
	=	7,013	in	=	0,18 m
- L	=	Di x 0,25			
	=	10,32	in	=	0,26 m
- Dd	=	Di x (2/3)			
	=	27,50	in	=	0,52 m
- Offset 1	=	Di x (1/2)			
	=	20,63	in	=	0,52 m
- Offset 2	=	Di x (1/6)			
	=	6,88	in	=	0,18 m
- Panjang baffle	=	Hls – (offset 1 + offset 2)			
	=	3,94 – (0,53 + 0,18)	m	=	3,24 m

$$\begin{aligned}
 - \text{ Tinggi Cairan} &= Di \times 2,9 \\
 &= 41,25 \times 2,9 \\
 &= 3,04 \text{ m} \\
 &= 9,97 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Specific Gravity (sg)} &= \frac{\text{densitas cairan}}{\text{densitas air}} \\
 sg &= \frac{505,94}{1000} \\
 &= 0,51
 \end{aligned}$$

- *Water Equivalent Liquid High (WELH)*

$$\begin{aligned}
 \text{WELH} &= \text{Tinggi cairan} \times sg \\
 &= 3,04 \text{ m} = 5,04 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

- Jumlah pengaduk

$$\begin{aligned}
 \text{jumlah pengaduk} &= \frac{WELH}{D} \\
 &= \frac{1,54}{3,14} \\
 &= 0,854
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan, diambil jumlah pengaduk sebanyak 1 buah.

- Putaran pengaduk

$$\begin{aligned}
 N &= \frac{600}{3,14 \times Di} \sqrt{\frac{WELH}{2 \times Di}} \\
 N &= \frac{600}{3,14 \times 3,14} \sqrt{\frac{1,54}{2 \times 3,14}}
 \end{aligned}$$

$$= 47,61 \quad \text{rpm}$$

$$= 0,80 \quad \text{rps}$$

Jenis motor: dipilih tipe *fixed speed belt* (paling ekonomis, mudah dalam pemasangan dan perbaikan)

$$\text{Kecepatan pengaduk standar} = 56 \quad \text{rpm}$$

$$= 0,93 \quad \text{rps}$$

- Bilangan *Reynold*

$$Re = \frac{\rho \times N \times Di^2}{\mu}$$

$$Re = \frac{31,58 \times 0,80 \times 3,44^2}{0,08}$$

$$Re = 3.575,74$$

Power pengaduk

$$Pa = Np \times \rho \times N^3 \times Di^5$$

$$Pa = 6 \times 505,94 \times 0,80^3 \times 1,04^5$$

$$Pa = 1.915,19 \quad \text{Watt}$$

$$= 1,92 \quad \text{kW}$$

$$= 2,57 \quad \text{hP}$$

$$\text{Efisiesnsi Pompa} = 86\%$$

$$\text{Power Standar} = 3 \quad \text{Hp}$$

12) Jaket Pendingin

$$Cp \text{ air pada} = 9,18E-02 \quad \text{Kj/Kg.K}$$

$$30^\circ\text{C}$$

$$C_p \text{ air pada} = 9,18\text{E-}02 \quad \text{Kj/Kg.K}$$

35°C

$$T_{in} = 30 \quad ^\circ\text{C}$$

$$= 303 \quad \text{K}$$

$$T_{out} = 35 \quad ^\circ\text{C}$$

$$= 308 \quad \text{K}$$

Qp	48.931,45	Kj/jam
	46.378,21	Btu/jam
Delta H	0,46	Kj/Kg.K
m	106.548,72	Kg/jam
	234.897,32	lb/jam

2. Menentukan Tinggi Cairan

$$\text{Tinggi cairan} = 119,63 \quad \text{in}$$

$$= 3,04 \quad \text{m}$$

$$= 9,97 \quad \text{ft}$$

3. Perancangan Pendingin

Menghitung *Heat transfer area*

$$A = \frac{Q}{UD \times \Delta T_{LMTD}}$$

$$A = \frac{46.378,21}{250 \times 12,984}$$

$$A = 14,29 \text{ ft}^2$$

- b. Menghitung luas selubung reaktor

$$Luas\ selubung\ reaktor = \pi D H \frac{1}{4} D^2$$

$$D = 3,14 \quad m$$

$$H = 3,14 \quad m$$

$$Luas\ Selubung = 33,39 \quad m^2$$

$$359,39 \quad ft^2$$

Luas Selubung > A (Heat Transfer Area) = Menggunakan Pendingin Jacket

- c. Menghitung diameter jaket

$$OD\ shell = 126 \quad in$$

$$ID\ jacket = 130 \quad in$$

- d. Menghitung tebal jaket

$$P\ operasi = 12 \quad atm$$

$$= 176,4 \quad psi$$

$$P\ design = 211,68 \quad psi$$

$$Jari-jari\ (r_i) = 65 \quad in$$

$$Efisiensi\ pengelasan\ (E) = 80\%$$

$$Tekanan\ maksimum\ (f) = 18750 \quad psi$$

$$Faktor\ korosi\ (C) = 0,13 \quad in$$

$$Maka,\ t_s = 1,05 \quad in$$

$$Tebal\ standar = 1,13 \quad in$$

$$OD\ jaket = 132 \quad in$$

OD jaket standar	=	132	in
ID jaket standar	=	129,75	in
		11	ft

e. Design *head jacket*

Menentukan icr dan rc

$$icr = 8 \text{ in}$$

$$rc = 130 \text{ in}$$

f. Tebal *head*

$$th \text{ min} = \frac{P \cdot rc \cdot W}{2 \cdot f \cdot E - 0,2P} + C$$

Keterangan:

th = tebal head (in)

w = faktor intensifikasi stress

f = allowable stress (18750 in)

E = efisiensi sambungan (80%)

C = corrosion allowance (0,125 in)

$$w = \frac{1}{4} (3 + \sqrt{rc/r})$$

$$w = \frac{1}{4} (3 + \sqrt{130/8})$$

$$w = 1,76 \text{ in}$$

$$th = \frac{211,68 \times 130 \times 1,76}{(2 \times 18750 \times 0,80) - (0,2 \times 211,68)} + 0,125 = 1,74 \text{ in}$$

Maka th standar diambil 1,74 in

Tinggi *head*

$$t_h \text{ standar} = 1,75 \text{ in}$$

$$\text{Maka sf} = 4,5 \text{ in}$$

$$OA = t_h + b + sf$$

$$b = rc - \sqrt{(rc - irc)^2 - \left(\frac{ID}{2} - icr\right)^2}$$

$$ID = OD - 2 t_h$$

$$B = 22,74 \text{ in}$$

$$\text{Tinggi head} = 29 \text{ in}$$

$$= 2,42 \text{ ft}$$

$$= 0,74 \text{ m}$$

h. Menentukan tinggi total jaket

$$H \text{ total} = H_{\text{cairan}} + H_{\text{head}}$$

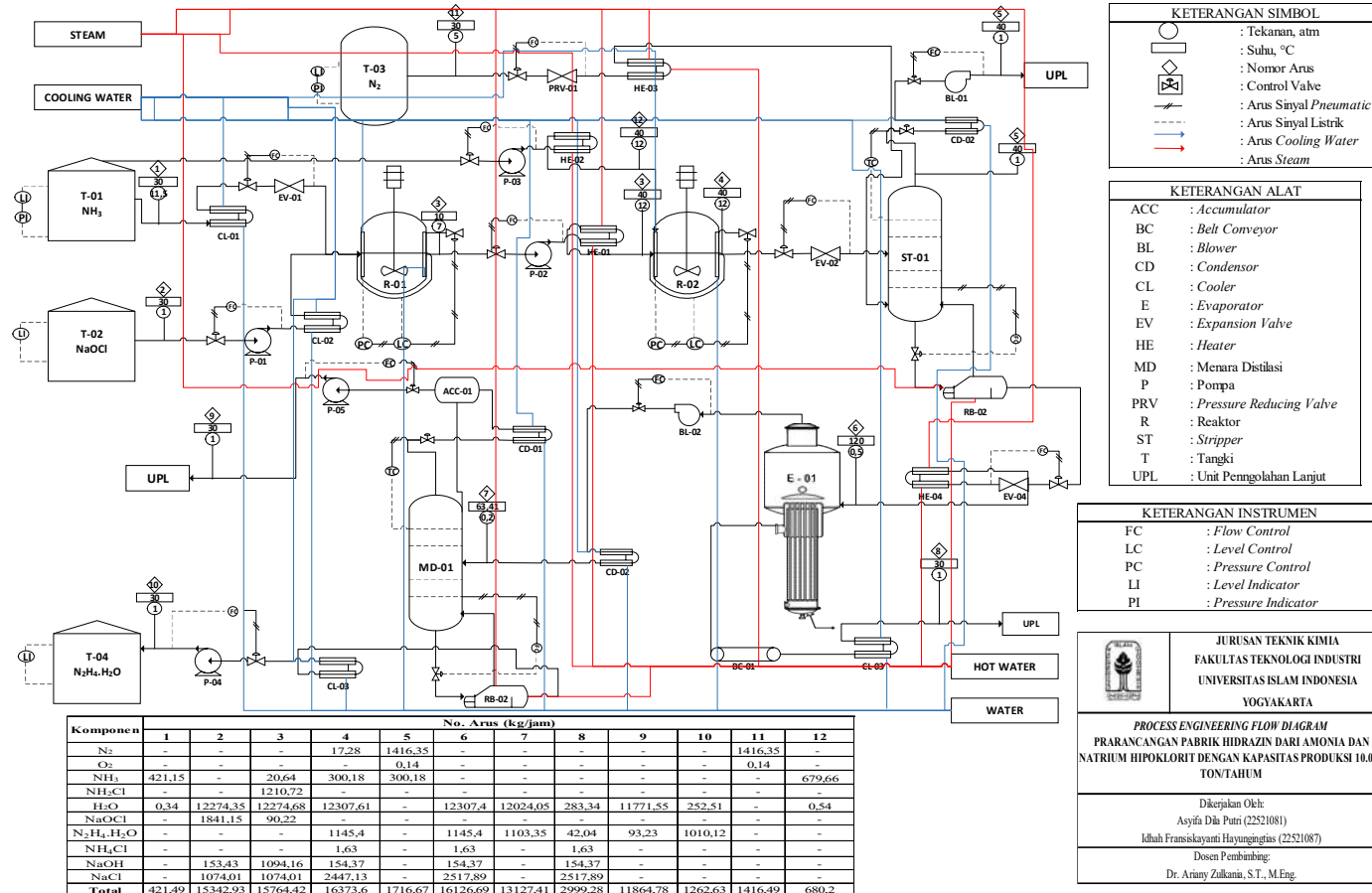
$$= 148,61 \text{ in}$$

$$= 12,38 \text{ ft}$$

$$= 3,77 \text{ m}$$

LAMPIRAN B
PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRARANCANGAN PABRIK HIDRAZIN DARI AMONIA DAN NATRIUM HIPOKLORIT
DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 10.000 TON/TAHUN



LAMPIRAN C
KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN

Nama Mahasiswa : Asyifa Dila Putri
 NIM : 22521081
 Nama Mahasiswa : Idhah Fransiskayanti Hayuningtias
 NIM : 22521087
 Semester/Tahun Akademik : 8/2025/2026
 Nama Dosen Pembimbing : Dr. Ariany Zulkania, S. T., M.Eng.

No.	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1	3/10/2025	Diskusi awal pemilihan proses	
2	9/10/2025	Penentuan kapasitas pabrik dan pemilihan proses	
3	18/10/2025	Fiksasi penentuan kapasitas berdasarkan kebutuhan pasar dan ketersediaan bahan baku	
4	24/10/2025	Konsultasi tinjauan kinetika dan tinjauan termodinamika	
5	25/10/2025	Evaluasi tinjauan termodinamika	
5	6/11/2025	Penentuan spesifikasi bahan baku dan produk berdasarkan standar pasar (<i>Purity</i> dan <i>Impurities</i>)	
6	21/11/2025	Konsultasi penyusunan diagram alir kualitatif proses produksi	
7	11/12/2025	Konsultasi neraca massa pada setiap unit operasi	
8	19/12/2025	Konsultasi neraca massa reaktor untuk proses utama tahap pertama	

9	8/01/2026	Evaluasi neraca massa reaktor untuk proses utama tahap kedua	
10	30/01/2026	Konsultasi neraca massa alat pemisah tahap pertama	
11	6/02/2026	Evaluasi neraca massa alat pemisah	
12	19/02/2026	Konsultasi perancangan dan desain mekanis reaktor utama tahap pertama	
13	26/02/2026	Evaluasi revisi perancangan dan desain mekanis reaktor utama tahap pertama	
14	12/03/2026	Konsultasi perancangan dan desain mekanis reaktor utama tahap kedua	
15	3/04/2026	Evaluasi revisi perancangan dan desain mekanis reaktor utama tahap kedua, konsultasi desain alat pemisah (<i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> dan Menara Distilasi)	
16	15/04/2026	Evaluasi desain alat pemisah (<i>Flash Drum</i> , menara distilasi, <i>Stirpper</i>)	
17	17/04/2026	Perancangan tangki dan spesifikasi kondisi operasi penyimpanan bahan baku serta produk	
18	23/04/2026	Konsultasi perancangan alat transportasi bahan	
19	30/04/2026	Perancangan alat penukar panas dan neraca panas pada masing-masing sistem alat dalam proses.	

20	8/05/2026	Perancangan unit utilitas seperti penyedia air, boiler, dan pengolahan limbah	
21	22/05/2026	Konsultasi evaluasi ekonomi pabrik dan penyusunan naskah laporan TA	