PRARANCANGAN PABRIK NATRIUM NITRAT DARI NATRIUM HIDROKSIDA DAN ASAM NITRAT KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Kimia

Oleh :

Nama	**: Nafis Naufal Rifqi**	**Nama**	**: Fatiha Rahmat Wildan**
No.Mahasiswa	**: 22521053**	**No.Mahasiswa**	**: 22521054**

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2026

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL

PRARANCANGAN PABRIK NATRIUM NITRAT DARI NATRIUM HIDROKSIDA DAN ASAM NITRAT KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: Nafis Naufal Rifqi	Nama	: Fatiha Rahmat Wildan
No.Mahasiswa	: 22521053	No.Mahasiswa	: 22521054

Yogyakarta, 20 Juli 2026

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

Mahasiswa 1	Mahasiswa 2
	
Nafis Naufal Rifqi	Fatiha Rahmat Wildan

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRANCANGAN PABRIK NATRIUM NITRAT DARI NATRIUM HIDROKSIDA DAN ASAM NITRAT KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh :

Nama	: Nafis Naufal Rifqi	Nama	: Fatiha Rahmat Wildan
No.Mahasiswa	: 22521053	No.Mahasiswa	: 22521054

Yogyakarta, 4 Agustus 2026

Pembimbing

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

NIK. 175210103

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

PRA RANCANGAN PABRIK NATRIUM NITRAT DARI NATRIUM HIDROKSIDA DAN ASAM NITRAT KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN

PRARANCANGAN PABRIK

Oleh:

Nama : Nafis Naufal Rifqi
NIM : 22521053

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 16 September 2026

Tim Penguji,

Nama Lengkap : Dr. Nur Indah Fajar Mukti, S.T., M.Eng. (.....)
Ketua

Nama Lengkap : Dr. Ariany Zulkania, S.T., M.Eng.,Dr. (……)
Anggota I

Nama Lengkap : Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D. (……)
Anggota II

Mengetahui:
Ketua Program Studi Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Ifa Puspasari. S.T., M.Eng., Ph.D.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penyusunan tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, para sahabat, dan seluruh pengikut beliau hingga akhir zaman.

Tugas Akhir (TA) merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi oleh mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia sebagai syarat untuk menyelesaikan pendidikan dan meraih gelar Sarjana Teknik, sehingga diharapkan mampu menjadi seorang *Chemical Engineer* yang kompeten. Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, kami memperoleh banyak bantuan, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT., atas segala rahmat, hidayah, dan ridha-Nya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.
2. Nabi Muhammad SAW., sebagai suri teladan sepanjang masa. Semoga shalawat dan salam senantiasa tercurah kepada beliau, keluarga, para sahabat, serta seluruh umatnya hingga akhir zaman.
3. Kedua orang tua dan seluruh keluarga yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, serta bantuan baik secara moril maupun materil selama kami menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Hari Purnomo, Prof., Dr., Ir., M.T., IPU, ASEAN.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
5. Ibu Ifa Puspasari, S.T., M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan izin, arahan, dan dukungan selama pelaksanaan mata kuliah Prarancangan Pabrik Kimia.

6. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Program Sarjana Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
7. Ibu Venitalitya Alethea Sari Augustia S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, masukan, saran, serta motivasi selama proses penyusunan tugas akhir ini.
8. Seluruh dosen Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan ilmu dan pengalaman selama masa perkuliahan.
9. Seluruh sivitas akademika Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
10. Rekan penyusun tugas akhir yang telah bekerja sama dengan sangat baik selama proses penyelesaian tugas akhir ini.
11. Seluruh mahasiswa Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia angkatan 2022 yang selalu memberikan dukungan serta saling berbagi ilmu dan pengalaman.
12. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu atas segala bantuan, dukungan, dan kontribusi yang diberikan dengan tulus selama proses penyusunan laporan tugas akhir prarancangan pabrik kimia ini.

Kami menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kami sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa mendatang. Besar harapan kami semoga laporan prarancangan pabrik kimia ini dapat memberikan manfaat serta menambah wawasan bagi para pembaca.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 20 Juli 2026

Penyusun

LEMBAR PERSEMBAHAN 1



Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan kesehatan, rezeki, serta kasih sayang-Nya. Dengan izin dan pertolongan-Nya, penulis diberikan kekuatan dan kemampuan sehingga Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini dapat diselesaikan dengan baik. Terselesaikannya tugas akhir ini semoga menjadi langkah awal dalam perjalanan selanjutnya, serta ilmu yang diperoleh selama masa studi dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis sendiri maupun bagi orang lain. Shalawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, teladan sepanjang zaman. Saya menyadari bahwa penyelesaian Tugas Akhir ini bukanlah hal yang mudah. Di balik setiap langkah dan prosesnya, ada doa, dukungan, dan semangat dari orang-orang terdekat yang selalu menguatkan saya. Dengan penuh rasa syukur dan ketulusan, karya ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya yang selalu tulus dalam memberikan semangat, selalu mendoakan dengan tulus sepanjang waktu, dan ridho yang diberikan ke saya. Pengorbanan Bapak dan Ibu sangatlah besar buat saya, maka dari itu, saya ingin mengucapkan terima kasih sebanyak banyaknya atas pengorbanan yang telah diberikan ke saya, mulai dari waktu, tenaga, dan lain-lainnya. Semoga dengan saya menyelesaikan Tugas Akhir ini pada studi saya dapat memberikan kebahagiaan pada Bapak dan Ibu.
2. Kepada saudaraku, Terima kasih atas semangat, dukungan moral dan inspirasi yang telah kalian berikan dalam menyelesaikan laporan ini. Semoga doa dan segala kebaikan yang kalian berikan menjadikan aku pribadi yang lebih baik. Terima kasih.
3. Ibu Venitalitya Alethea Sari Augustia S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing saya, yang dengan penuh kesabaran dan ketulusan senantiasa membimbing,

memberikan masukan, solusi ketika saya menemui kesulitan, serta motivasi agar saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tanpa arahan dan bimbingan Bapak, tentu saya tidak akan mampu menyelesaikan tugas ini hingga tuntas. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan, kebahagiaan, dan rezeki yang berkah kepada Bapak.

4. Wildan, partner saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Terima kasih atas kerja sama dan dukungan yang telah terjalin sejak Penelitian hingga penyusunan Tugas Akhir. Perjalanan dan tantangan yang kita lewati menjadi pengalaman berharga selama masa studi. Semoga kerjasama ini dapat memberi manfaat satu sama lain, serta ilmu yang kita peroleh dapat menjadi bekal berharga di dunia kerja nanti.
5. Kepada saberaq, terima kasih telah menemani penulis sejak awal masa perkuliahan hingga proses penyelesaian tugas akhir ini. Terima kasih telah menjadi tempat berbagi suka dan duka, serta senantiasa memberikan perhatian, dukungan, dan semangat di setiap perjalanan yang penulis lalui.
6. Kepada warga kontrakan, terima kasih atas kebersamaan, hiburan, semangat, serta solusi yang selalu kalian berikan. Semoga silaturahmi kita tetap terjaga, segala urusan kita dimudahkan, dan suatu saat kita dapat kembali bertemu dengan versi terbaik dari diri kita masing-masing.
7. Kepada semua teman dan orang-orang yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, terima kasih atas setiap semangat, dukungan, serta bantuan yang telah diberikan selama saya menyelesaikan Tugas Akhir ini. Setiap perhatian dan kebaikan kalian sangat berarti bagi saya.
8. Kepada diriku sendiri terima kasih telah berjuang selama ini, kamu hebat dan pasti kamu akan menjadi dimasa depan, cita-cita dan impian mu tercapai.

Penulis,

Nafis Naufal Rifqi

LEMBAR PERSEMBAHAN 2



Dengan penuh rasa syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, kemudahan, dan kekuatan yang telah diberikan, saya akhirnya dapat menyelesaikan Tugas Akhir Prarancangan Pabrik ini dengan baik. Penyelesaian Tugas Akhir ini tidak hanya menjadi penanda berakhirnya perjalanan akademik saya sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, tetapi juga menjadi awal dari perjalanan baru yang akan saya hadapi di masa mendatang. Seluruh proses yang telah dilalui memberikan banyak pelajaran tentang perjuangan, ketekunan, kesabaran, dan pentingnya pengorbanan.

Saya menyadari bahwa pencapaian ini tidak mungkin diraih seorang diri. Doa, dukungan, semangat, perhatian, dan kasih sayang dari orang-orang terdekat telah menjadi sumber kekuatan dalam setiap langkah perjalanan saya. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, Tugas Akhir ini saya persembahkan kepada mereka yang telah memberikan arti dan kontribusi besar dalam perjalanan hidup saya, sebagaimana saya ungkapkan pada lembar persembahan ini.

1. Ayah, Terima kasih atas segala doa, kasih sayang, kerja keras, serta setiap pengorbanan yang Ayah lakukan demi saya. Saya menyadari bahwa perjalanan hingga titik ini tidak lepas dari begitu banyak hal yang Ayah relakan agar saya dapat menempuh pendidikan dengan baik. Terima kasih telah menjadi sosok yang selalu berjuang tanpa banyak mengeluh dan selalu mengutamakan keluarga. Tugas Akhir ini saya persembahkan sebagai wujud rasa syukur dan terima kasih atas setiap pengorbanan, kepercayaan, dan dukungan yang telah Ayah berikan. Semoga pencapaian ini dapat menjadi salah satu kebanggaan untuk Ayah.
2. Bunda, Terima kasih atas setiap doa yang tidak pernah putus, kasih sayang yang selalu menguatkan, serta nasihat yang senantiasa membimbing saya untuk

menjadi pribadi yang lebih baik. Terima kasih karena selalu mengingatkan saya untuk menjaga akhlak, mendekatkan diri kepada Allah SWT, dan menjalani setiap proses kehidupan dengan penuh kesabaran dan keikhlasan. Doa serta bimbingan Bunda menjadi kekuatan yang selalu menyertai langkah saya hingga mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini saya persembahkan sebagai ungkapan rasa syukur dan terima kasih atas cinta, doa, serta ketulusan yang selalu Bunda berikan. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan, kebahagiaan, dan keberkahan kepada Bunda.

3. Daje, Terima kasih telah menjadi abang sekaligus tempat saya bertanya selama menjalani perkuliahan. Ketika banyak teman bercerita bahwa menjadi mahasiswa baru bukanlah hal yang mudah karena harus memahami berbagai alur dan sistem, baik di tingkat universitas, fakultas, maupun jurusan, saya justru merasa jauh lebih mudah menjalaninya. Semua itu berkat bantuan Daje yang telah lebih dahulu menempuh perjalanan sebagai mahasiswa Teknik Kimia di kampus yang sama. Terima kasih karena tidak pernah lelah membimbing, berbagi pengalaman, dan memberikan arahan ketika saya menghadapi kebingungan selama perkuliahan. Lebih dari itu, terima kasih atas setiap semangat, nasihat, dan dukungan yang selalu Daje berikan, baik dalam menghadapi tantangan selama kuliah maupun berbagai persoalan dalam kehidupan. Kehadiran Daje menjadi salah satu alasan saya dapat menjalani perjalanan ini dengan lebih percaya diri. Semoga segala kebaikan yang telah Daje berikan dibalas dengan keberkahan dan kemudahan oleh Allah SWT.
4. Ibuk Venitalitya Alethea Sari S.T., M.Eng., terima kasih atas segala waktu, ilmu, arahan, kesabaran, serta bimbingan yang telah diberikan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih karena telah membantu saya melewati berbagai kesulitan dan memberikan banyak pelajaran yang akan menjadi bekal berharga bagi saya di masa mendatang.
5. Nafis, Terima kasih telah menjadi teman sekaligus partner yang selalu hadir dalam perjalanan perkuliahan ini. Hampir di setiap kesulitan yang saya hadapi, kamu selalu ada untuk membantu, baik dalam urusan perkuliahan, kepanitiaan, organisasi, maupun berbagai hal lainnya. Terima kasih karena tidak pernah ragu

meluangkan waktu, berbagi ilmu, memberikan masukan, dan membantu saya menemukan jalan keluar ketika menghadapi berbagai persoalan. Banyak perjalanan yang telah kita lalui bersama sebagai partner dalam berbagai kegiatan, dan saya bersyukur memiliki teman yang selalu bisa diandalkan. Bantuan, dukungan, dan kebersamaan yang kamu berikan menjadi bagian penting dari perjalanan saya hingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Semoga Allah SWT membalas setiap kebaikan yang telah kamu berikan dengan keberkahan dan kemudahan dalam setiap langkahmu. Semoga kita sama-sama diberikan kesempatan untuk meraih cita-cita, sukses di jalan masing-masing, dan tetap menjaga silaturahmi meskipun perjalanan hidup akan membawa kita ke tempat yang berbeda.

6. Kontrakan hhhanjay, Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan yang penuh cerita selama masa perkuliahan. Bersama kalian, saya merasakan begitu banyak momen yang tidak akan terlupakan, mulai dari suka dan duka, tawa, canda, hingga berbagai pengalaman yang membuat perjalanan ini terasa jauh lebih berwarna. Terima kasih atas setiap bantuan, dukungan, dan kebersamaan yang telah diberikan. Saya menyadari bahwa banyak hal yang mungkin tidak akan bisa saya capai tanpa kehadiran teman-teman Kontrakan hhhanjay. Kalian bukan hanya menjadi teman selama kuliah, tetapi juga menjadi tempat berbagi cerita, bertukar pikiran, dan saling membantu ketika menghadapi berbagai kesulitan. Semoga kebersamaan yang telah kita bangun tidak berhenti setelah menyelesaikan perkuliahan. Semoga kita semua diberikan kemudahan dalam meraih cita-cita, dipertemukan kembali dalam keadaan yang lebih baik, dan tetap menjadi keluarga yang saling mendukung di mana pun berada. Terima kasih atas semua kenangan yang telah kita ciptakan bersama. Semoga suatu hari nanti kita bisa berkumpul kembali sambil mengenang masa-masa yang pernah kita lalui.

Penulis,

Fatiha Rahmat Wildan

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN HASIL..... ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING..... iii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI..... iv
KATA PENGANTAR..... v
LEMBAR PERSEMBAHAN 1..... vii
LEMBAR PERSEMBAHAN 2..... ix
DAFTAR TABEL..... xvi
DAFTAR GAMBAR..... xix
DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN..... xx
ABSTRAK..... xxii
ABSTRACT..... xxiii
BAB I PENDAHULUAN..... 1
1.1 Latar Belakang..... 1
1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik..... 2
1.2.1 *Suply*..... 3
1.2.2 *Demand*..... 5
1.2.3 Kapasitas Pabrik Natrium Nitrat Yang Telah Berdiri..... 6
1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku..... 7
1.2.5 Peluang Kapasitas..... 8
1.3 Tinjauan Pustaka..... 9
1.3.1 Bahan Baku..... 9
1.3.2 Dasar Reaksi..... 10
1.3.3 Mekanisme Reaksi..... 11
1.3.4 Macam - macam Proses..... 11

1.4 Tinjauan Termodinamika Dan Kinetika.....16
1.4.1 Tinjauan Termodinamika.....16
1.4.2 Tinjauan Kinetika.....18
BAB II PERANCANGAN PRODUK.....20
2.1 Spesifikasi Produk.....20
2.2 Spesifikasi Bahan Baku.....21
2.3 Pengendalian Kualitas.....24
2.3.1 Pengendalian bahan Baku.....24
2.3.2 Pengendalian.....26
BAB III PERANCANGAN PROSES.....31
3.1 Diagram Alir Proses dan Material.....31
3.1.1 Diagram Alir Kualitatif.....31
3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif.....32
3.2 Uraian Proses.....33
3.2.1 Persiapan Bahan Baku.....33
3.2.2 Tahap Reaksi.....34
3.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian.....34
3.3 Spesifikasi Alat.....35
3.3.1 Spesifikasi Alat Proses.....35
3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung.....36
3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan.....43
3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi.....45
3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas.....49
BAB IV PERANCANGAN PABRIK.....59
4.1 Lokasi Pabrik.....59
4.2 Tata Letak Pabrik.....62

4.3 Tata Letak Alat Proses (*Process Plant & Equipment*)..... 65
4.4 Organisasi Perusahaan..... 68
4.4.1 Bentuk Organisasi Perusahaan.....68
4.4.2 Manajemen Perusahaan..... 71
4.4.3 Bentuk Hukum Perusahaan..... 72
4.4.4 Uraian Tugas dan Wewenang..... 76
4.4.5 Jumlah Karyawan dan Tingkat Pendidikan..... 87
4.4.6 Jam Kerja Karyawan.....89
BAB V UTILITAS..... 97
5.1 Unit penyedia dan pengolahan air..... 98
5.1.1 Unit Penyedia Air..... 98
5.1.2 Kebutuhan air.....102
5.1.3 Unit pengolahan air..... 103
5.2 Unit Pembangkit *Steam*..... 108
5.3 Unit Pembangkit Listrik..... 109
5.4 Unit Penyedia Udara Tekan.....113
5.6 Unit Pengolahan Limbah.....114
5.7 Spesifikasi alat utilitas.....115
BAB VI EVALUASI EKONOMI.....122
6.1 Penafisran Harga Peralatan..... 123
6.2 Penafisran Harga Peralatan..... 128
6.3 Komponen Biaya.....130
6.3.1 Modal (*Capital Investment*).....130
6.3.2 Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*).....132
6.3.3 Pengeluaran Umum (*General Expenses*).....134
6.4 Analisa Keuntungan.....134

6.5 Analisa Resiko Pabrik.....135
6.6 Analisa Kelayakan..... 138
6.7 Hasil Evaluasi Ekonomi.....143
BAB VII PENUTUP.....145
7.1 Kesimpulan.....145
7.2 Saran.....146
DAFTAR PUSTAKA..... 148
LAMPIRAN A.....150
LAMPIRAN B.....158
LAMPIRAN C.....160

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Impor Natrium Nitrat di Indonesia..... 3
Tabel 1. 2 Persen Pertumbuhan Natrium Nitrat.....4
Tabel 1. 3 Konsumsi natrium nitrat..... 5
Tabel 1. 4 pabrik natrium nitrat yang telah beroperasi di berbagai negara.....6
Tabel 1. 5 Pabrik bahan baku natrium nitrat yang telah beroperasi di Indonesia..... 7
Tabel 2. 1 MSDS natrium nitrat..... 21
Tabel 2. 2 MSDS natrium hidroksida..... 22
Tabel 2. 3 MSDS natrium nitrat..... 24
Tabel 3. 1 Spesifikasi tangki penyimpanan bahan.....43
Tabel 3. 2 Spesifikasi silo penyimpanan bahan dan produk.....44
Tabel 3. 3 Spesifikasi pompa.....45
Tabel 3. 4 Spesifikasi *screw conveyor*..... 47
Tabel 3. 5 Spesifikasi *bucket elevator*..... 48
Tabel 3. 6 Spesifikasi blower.....49
Tabel 3. 7 spesifikasi *heat exchanger*.....49
Tabel 3. 8 Neraca Massa di *mixer* (M-01)..... 52
Tabel 3. 9 Neraca Massa di *mixer* (M-02)..... 52
Tabel 3. 10 Neraca Massa di Reaktor (R-01).....53
Tabel 3. 11 Neraca Massa di Evaporator(E-01).....53
Tabel 3. 12 Neraca Massa di Kristalizer (KR-01).....53
Tabel 3. 13 Neraca Massa di Centrifuge.....54
Tabel 3. 14 Neraca Massa di *Rotary Dryer* (Rd-01).....54
Tabel 3. 15 Neraca Massa di Cyclone (CY-01_.....54
Tabel 3. 16 Neraca Massa di Pin Mill (PM-01).....55
Tabel 3. 17 Neraca Massa di *Vibrating Screening* (VS-01).....55
Tabel 3. 18 Neraca Panas Mixer (M-01).....55
Tabel 3. 19 Neraca Panas Mixer (M-02).....56
Tabel 3. 20 Neraca Panas Reaktor (R-01).....56
Tabel 3. 21 Neraca Panas Evaporator (E-01).....56

Tabel 3. 22 Neraca Panas Evaporator (E-01).....56
Tabel 3. 23 Neraca Panas *Rotary Dryer* (RD-01).....57
Tabel 3. 24 Neraca Panas *Heat exchanger* (HE-01).....57
Tabel 3. 25 Neraca Panas *Heat exchanger* (HE-02).....57
Tabel 3. 26 Neraca Panas *Condensor* (CD-01).....57
Tabel 3. 27 Neraca Panas Screw Conveyor (SC-03).....58
Tabel 4. 1 Rincian luas tanah dan bangunan.....64
Tabel 4. 2 Rincian jumlah tenaga kerja.....88
Tabel 4. 3 Jadwal shift karyawan.....91
Tabel 4. 4 Hari libur karyawan.....94
Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin.....102
Tabel 5. 2 Kebutuhan *Steam*.....102
Tabel 5. 3 Kebutuhan *Service water*.....102
Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik Proses.....110
Tabel 5. 5 Kebutuhan litrik utilitas.....111
Tabel 5. 6 Kebutuhan Listrik Perumahan.....113
Tabel 5. 7 Spesifikasi pompa utilitas.....115
Tabel 5. 8 Spesifikasi tangki utilitas.....117
Tabel 5. 9 Spesifikasi bak utilitas.....118
Tabel 5. 10 Spesifikasi *mixing tank* dan klarifier utilitas.....119
Tabel 5. 11 Spesifikasi *cooling tower*.....119
Tabel 5. 12 Spesifikasi blower *cooling tower*.....120
Tabel 5. 13 Spesifikasi *sand filter*.....120
Tabel 5. 14 Spesifikasi compressor utilitas.....120
Tabel 5. 15 Spesifikasi *boiler* utilitas.....121
Tabel 6. 1 Indeks harga alat pada tahun 1970 -2023.....124
Tabel 6. 2 Harga alat proses.....126
Tabel 6. 3 Harga alat utilitas.....127
Tabel 6. 4 *Physical plant cost* (PPC).....130
Tabel 6. 5 *Direct plant cost* (DPC).....131
Tabel 6. 6 *Fixed capital investment* (FCI).....131

Tabel 6. 7 *Working capital investment* (WCI).....132
Tabel 6. 8 Total *manufacturing cost*..... 132
Tabel 6. 9 *Direct manufacturing cost* (DMC).....133
Tabel 6. 10 *Indirect Manufacturing Cost* (IMC).....133
Tabel 6. 11 *Fixed manufacturing cost* (FMC).....134
Tabel 6. 12 *General expense* (GE).....134
Tabel 6. 13 Analisa risiko pabrik..... 137
Tabel 6. 14 *Annual fixed manufacturing cost* (Fa).....140
Tabel 6. 15 *Annual regulated expenses* (Ra).....140
Tabel 6. 16 *Annual variable value* (Va).....141
Tabel 6. 17 *Annual sales value* (Sa).....141
Tabel 6. 18 Hasil kelayakan Ekonomi..... 142

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram alir kualitatif..... 31
Gambar 3. 2 Diagram alir kuantitatif.....32
Gambar 4. 1 Denah lokasi pabrik..... 59
Gambar 4. 2 Tata letak pabrik..... 64
Gambar 4. 3 Tata letak alat proses.....68
Gambar 5. 1 Diagram alir utilitas..... 98
Gambar 6. 1 Index Harga.....126
Gambar 6. 2 Grafik hasil evaluasi ekonomi..... 143

DAFTAR LAMBANG/NOTASI/SINGKATAN

T : Temperatur, °C

D : Diameter, m

H : Tinggi, m

P : Tekanan, psi

μ : Viskositas, cP

ρ : Densitas, kg/m³

Q : Kebutuhan Kalor, kJ/jam

A : Luas Penampang, m²

V : Volume, m³

T : Waktu, jam

M : Massa, kg

Fv : Laju Volumetrik, m³

R : Jari-jari, in

P : *Power Motor*, Hp

Ts : Tebal *shell*, in

ΔPT : *Pressure drop*, psia

ID : *Inside diameter*, in

OD : *Outside diameter*, in

Th : Tebal *head*, in

Re : Bilangan Reynold

u0 : Kecepatan awal fluidisasi, m/s

Umf : Kecepatan fluidisasi minimum, m/s

F : *Allowable Stress*, psia

E : Efisiensi pengelasan

Icr : Jari-jari Sudut Dalam, in

Ud : Koefisien transfer panas dalam keadaan kotor, Btu/jam ft² °F

Uc : Koefisien transfer panas dalam keadaan bersih, Btu/jam ft² °F

Rd : Faktor pengotor

Cp : Kapasitas Panas, Btu/lb °F

K : Konduktivitas Termal, Btu/jam ft² °F

JH : *Heat Transfer Factor*

Hi : *Inside Film Coefficient*, Btu/jam ft² °F

Ho : *Outside Film Coefficient*, Btu/jam ft² °F

LMTD : *Log Mean Temperature Different*, °F

K : Konstanta Kinetika Reaksi, 1/waktu

Wf : *Total Head*, in

ΔH : Entalpi, kJ/jam

Th : Tebal *Head*, in

ABSTRAK

Pendirian pabrik natrium nitrat didasarkan pada Kebutuhan natrium nitrat di Indonesia yang masih bergantung pada impor karena belum terdapat pabrik natrium nitrat berskala besar di dalam negeri. Tugas akhir ini membahas prarancangan pabrik natrium nitrat dari natrium hidroksida dan asam nitrat dengan kapasitas produksi 25.000 ton/tahun menggunakan proses Sintesis. Pemilihan natrium hidroksida dan asam nitrat sebagai bahan baku didasarkan pada ketersediaannya yang melimpah di Indonesia serta potensinya sebagai bahan baku natrium nitrat. Setiap 1 ton $NaNO_3$ yang dihasilkan membutuhkan 1.181,99 kg NaOH dan 1.862,15 kg HNO_3. Pabrik direncanakan berlokasi di Kecamatan Cikampek, Kabupaten Karawang, Jawa Barat, dengan pertimbangan kemudahan akses sumber bahan baku, infrastruktur, tenaga kerja, dan ketersediaan utilitas. Perancangan meliputi penentuan kapasitas, spesifikasi bahan baku dan produk, proses produksi, perancangan peralatan utama, tata letak pabrik, hingga analisis lingkungan dan keselamatan kerja. Hasil evaluasi ekonomi menunjukkan pabrik ini layak didirikan, dengan nilai *Return on Investment* (ROI) sebesar 21,88% sebelum pajak dan 17,51% setelah pajak, *Pay Out Time* (POT) masing-masing 3,35 tahun dan 3,95 tahun, *Break Even Point* (BEP) 58,13%, *Shut Down Point* (SDP) 40%, serta *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) sebesar 13,52%. Seluruh parameter tersebut berada pada batas kelayakan industri kimia, sehingga pabrik Natrium nitrat ini dinyatakan menguntungkan dan layak untuk direalisasikan.

Kata kunci: Bahan baku, kelayakan ekonomi, natrium nitrat, Prarancangan pabrik, proses sintesis.

ABSTRACT

The establishment of a sodium nitrate plant is based on the fact that Indonesia's demand for sodium nitrate still relies on imports, as no large-scale sodium nitrate plant currently exists in the country. This final project discusses the preliminary design of a sodium nitrate plant using sodium hydroxide and nitric acid as raw materials with a production capacity of 25,000 tons/year through a synthesis process. The selection of sodium hydroxide and nitric acid as feedstocks is based on their abundant availability in Indonesia and their potential as raw materials for sodium nitrate production. Producing 1 *ton of* $NaNO_3$ *requires* 1,181.99 *kg of NaOH and* 1,862.15 *kg of HNO3. The plant is planned to be located in Cikampek District, Karawang Regency, West Java, considering the accessibility of raw material sources, infrastructure, labor availability, and utility facilities. The plant design includes determining the production capacity, raw material and product specifications, production process selection, main equipment design, plant layout, as well as environmental and occupational safety analyses. The economic evaluation indicates that the proposed plant is economically feasible, with a Return on Investment (ROI) of* 21.88% *before tax and* 17.51% *after tax, a Pay Out Time (POT) of* 3.35 *years before tax and 3.95 years after tax, a Break Even Point (BEP) of* 58.13%, *a Shut Down Point (SDP) of 40%, and a Discounted Cash Flow Rate (DCFR) of* 13.52%. *These economic indicators fall within acceptable criteria for the chemical industry, indicating that the proposed sodium nitrate plant is profitable and feasible for implementation.*

Keywords: Economic feasibility, Plant preliminary design, Raw materials, Sodium nitrate, Synthesis process.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara berkembang dengan pertumbuhan industri yang pesat, khususnya di sektor industri kimia, memiliki kebutuhan yang terus meningkat terhadap berbagai bahan kimia anorganik, salah satunya natrium nitrat ($NaNO_3$). Senyawa ini merupakan bahan kimia *intermediate* yang memiliki peran strategis dalam berbagai sektor industri, seperti industri pupuk nitrogen dan NPK, kaca, cat, farmasi, korek api, hingga Pengawet makanan. Seiring dengan meningkatnya pembangunan infrastruktur, serta perkembangan sektor pertanian sebagai penopang utama perekonomian nasional, kebutuhan natrium nitrat di dalam negeri diperkirakan akan terus mengalami peningkatan.

Sebagai negara agraris, Indonesia sangat bergantung pada sektor pertanian yang memerlukan pasokan pupuk secara berkelanjutan. Namun hingga saat ini, Indonesia belum memiliki industri natrium nitrat skala besar yang mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri. Akibatnya, sebagian besar kebutuhan natrium nitrat masih dipenuhi melalui impor dari negara-negara produsen utama seperti Chile, Tiongkok, dan Spanyol. Ketergantungan terhadap impor ini berpotensi menimbulkan ketidakstabilan harga dan pasokan, terutama ketika terjadi fluktuasi ekonomi global, gangguan rantai pasok, maupun kebijakan perdagangan internasional. Kondisi tersebut berdampak pada meningkatnya pengeluaran devisa negara serta risiko terganggunya keberlangsungan industri yang bergantung pada bahan baku tersebut.

Pendirian pabrik natrium nitrat di Indonesia menjadi langkah strategis untuk mendukung kemandirian industri kimia nasional sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap produk impor. Bahan baku utama produksi natrium nitrat, yaitu natrium hidroksida (NaOH) dan asam nitrat (HNO_3), relatif tersedia dan dapat diperoleh dari industri dalam negeri. Integrasi antara industri hulu dan hilir ini berpotensi menciptakan efisiensi rantai pasok serta meningkatkan nilai tambah sumber daya lokal.

Selain memberikan manfaat ekonomi berupa penghematan devisa dan penciptaan lapangan kerja baru, pembangunan pabrik natrium nitrat juga berkontribusi dalam memperkuat ketahanan sektor pertanian dan energi nasional. Sebagai komponen penting dalam produksi pupuk nitrogen dan bahan peledak industri pertambangan, ketersediaan natrium nitrat yang stabil di dalam negeri akan mendukung keberlanjutan produksi pangan dan eksploitasi sumber daya energi secara lebih mandiri. Dengan mempertimbangkan aspek kebutuhan industri, ketersediaan bahan baku, peluang pasar domestik, serta kebijakan pembangunan industri nasional, pendirian pabrik natrium nitrat di Indonesia merupakan langkah yang relevan dan prospektif dalam mendukung transformasi industri menuju kemandirian dan daya saing regional.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

Pendirian suatu pabrik didasarkan pada kebutuhan untuk menyeimbangkan ketersediaan (*supply*) dan kebutuhan pasar (*demand*) terhadap suatu produk. Selain bertujuan meningkatkan nilai tambah bahan baku melalui proses pengolahan lanjutan, pendirian pabrik juga diarahkan untuk memenuhi permintaan domestik

maupun ekspor serta mendukung upaya substitusi impor. Oleh karena itu, penentuan kapasitas produksi harus dilakukan berdasarkan analisis keseimbangan antara *supply* dan *demand*. Analisis ini mencakup evaluasi kapasitas produksi pabrik sejenis yang telah beroperasi, jumlah pasokan yang tersedia di pasar, serta proyeksi pertumbuhan permintaan produk di masa mendatang. Dengan pendekatan tersebut, kapasitas pabrik yang dirancang diharapkan mampu memenuhi kebutuhan pasar tanpa menimbulkan kelebihan maupun kekurangan pasokan.

1.2.1 *Suply*

Supply suatu produk diperoleh dari impor natrium nitrat dan produksi natrium nitrat dalam negeri. Berdasarkan data dari UN *Comptrade*, data impor natrium nitrat sebagai bahan kimia dari tahun 2020 sampai 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.1 berikut:

Tabel 1. 1 Impor Natrium Nitrat di Indonesia

Tahun	Kapasitas(Ton/Tahun)
2020	3808,378
2021	3142,941
2022	2977,112
2023	4185,007
2024	4184,029

(Sumber : UN *comptrade*,2024)

Berdasarkan tabel di atas, natrium nitrat yang diimpor cukup tinggi sehingga dapat dikatakan bahwa Indonesia masih membutuhkan natrium nitrat dari luar negeri untuk memenuhi kebutuhan di dalam negeri. Data di atas dapat dianalisis dengan metode persen pertumbuhan menggunakan persamaan berikut :

$$\%\, pertumbuhan = \frac{(impor\ tahun\ n - impor\ tahun\ n-1)}{impor\ tahun\ n-1} \times 100 \quad (1.1)$$

Nilai persen pertumbuhan pada tiap tahun yang telah dihitung menggunakan persamaan di atas dapat dilihat pada Tabel 1.2

Tabel 1. 2 Persen Pertumbuhan Natrium Nitrat

Tahun	pertumbuhan(%)
2020	0
2021	-17,47
2022	-5,28
2023	+40,57
2024	-0,02
Rata-rata	+3,56

Meninjau dari data tersebut, maka dapat diperkirakan jumlah natrium nitrat di Indonesia pada tahun 2030 melalui metode peramalan pertumbuhan menggunakan *discounted method* dengan rumus (Ulrich, 1984):

$$F = P(1 + i)^n \quad (1.2)$$

Keterangan :

F = Nilai pada tahun ke-n

P = Besarnya data pada tahun terakhir data (ton)

i = Rata-rata pertumbuhan data (%)

n = Selisih tahun (tahun ke-n)

Melalui pendekatan tersebut, diperoleh estimasi kebutuhan natrium nitrat pada tahun 2030 yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam penentuan kapasitas pabrik. Maka didapatkan impor natrium nitrat pada tahun 2030 sebesar :

$$F_{impor} = P(1+i)^n$$

$$= 4184{,}029\ (1+(3{,}56/100))^6$$

$$= 5.161{,}15$$

Dari persamaan tersebut dapat diperkirakan kebutuhan proyeksi impor natrium nitrat pada tahun 2030 adalah sebesar 5.161,15 ton. Sementara saat ini, belum ada perusahaan di Indonesia yang memproduksi natrium nitrat. Perusahaan di Indonesia seperti perusahaan pupuk NPK, perusahaan cat, dan lainnya yang menggunakan natrium nitrat sebagai bahan baku, mendapatkan bahan natrium nitrat melalui impor dari negara lain seperti Chile, Cina, Jerman dan beberapa negara lain untuk produksi di Indonesia.

1.2.2 *Demand*

Saat ini belum terdapat perusahaan di Indonesia yang memproduksi natrium nitrat secara komersial, sehingga kebutuhan natrium nitrat dalam negeri sebagian besar masih dipenuhi melalui impor. Natrium nitrat merupakan bahan kimia yang memiliki berbagai aplikasi di beberapa sektor industri, antara lain industri pupuk, kaca, cat, serta industri pengolahan pangan. Berdasarkan data konsumsi pada beberapa sektor industri tersebut, dapat diperkirakan kebutuhan Natrium Nitrat di Indonesia seperti yang ditunjukkan pada Tabel berikut.

Tabel 1. 3 Konsumsi natrium nitrat

Sektor Industri	Jumlah (ton/tahun)
Pupuk	22.765,65
Kaca	8.241,52
Cat	1136,40
Pengawet daging dan olahan ikan	390,24

Total	32.533,81

(Sumber : Data Statistik Industri Manufaktur Bahan Baku, 2022)

Berdasarkan tabel di atas, total konsumsi natrium nitrat pada berbagai sektor industri pada tahun 2022 mencapai 32.533,81 ton/tahun.

1.2.3 Kapasitas Pabrik Natrium Nitrat Yang Telah Berdiri

Untuk mengetahui posisi industri natrium nitrat di pasar global, perlu ditinjau kapasitas produksi beberapa pabrik yang telah beroperasi di berbagai negara. Kapasitas pabrik natrium nitrat yang telah berdiri dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 1. 4 pabrik natrium nitrat yang telah beroperasi di berbagai negara

Pabrik	Proses	Kapasitas (ton/tahun)
Deepak Nitrite Ltd.Bombay	Sintesis	12.000
Qena District,Egypt	Shank	113.000
Chillean Nitrate Group.USA	Sintesis	210.000
Maria Elianan, Chili	Gugeinheim	520.000
Pedro de Valdivia, Chili	Gugeinheim	750.000

(Sumber : Othmer, 1997, vol.22)

Berdasarkan Tabel 1.3, terlihat bahwa kapasitas produksi natrium nitrat di luar negeri bervariasi dari skala menengah hingga skala besar. Pabrik dengan kapasitas terbesar berada di Pedro de Valdivia, Chili, dengan kapasitas mencapai 750.000 ton per tahun.

Sementara itu, di Indonesia hingga saat ini belum terdapat pabrik natrium nitrat yang beroperasi secara komersial, sehingga kebutuhan dalam negeri masih bergantung pada impor. Kondisi ini membuka peluang pendirian pabrik natrium nitrat di Indonesia untuk mengurangi ketergantungan impor serta memenuhi kebutuhan industri pupuk dan kimia dalam negeri.

1.2.4 Ketersediaan Bahan Baku

Pembuatan natrium nitrat membutuhkan dua bahan baku utama yaitu natrium hidroksida dan asam nitrat. Bahan baku tersebut dapat terpenuhi dari produksi dalam negeri, hal ini dapat dilihat dari banyaknya pabrik yang memproduksi bahan baku setiap tahunnya. Pabrik bahan baku yang telah berdiri di Indonesia dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 1. 5 Pabrik bahan baku natrium nitrat yang telah beroperasi di Indonesia

Pabrik Natrium Hidroksida		
Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
PT Asahimas Chemical	Cilegon	700.000
PT sulfindo Adiusaha	Serang	320.000
PT Industri Soda Indonesia	Surabaya	52.800
PT Soda Sumatera	Medan	6.400
Pabrik Asam Nitrat		
Pabrik	Lokasi	Kapasitas (ton/tahun)
PT Kaltim Nitrate Indonesia	Kalimantan Timur	255.000
PT Multi Nitrotama Kimia	Cikampek	55.000

Berdasarkan Tabel 1.5 dapat diketahui bahwa Indonesia memiliki kapasitas produksi natrium hidroksida dan asam nitrat yang relatif besar dan tersebar di beberapa wilayah industri utama. Kapasitas produksi tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan bahan baku untuk pembuatan natrium nitrat dapat dipenuhi dari dalam negeri, sehingga mendukung kelayakan pendirian pabrik serta mengurangi ketergantungan terhadap impor bahan baku.

1.2.5 Peluang Kapasitas

Kapasitas pabrik dapat ditentukan berdasarkan selisih antara kebutuhan (*demand*) dan ketersediaan (*supply*) suatu bahan. Kebutuhan diperoleh dari konsumsi dalam negeri dan ekspor Sedangkan ketersediaannya diperoleh dari produksi pabrik yang sudah berdiri dan impor. Karena data konsumsi natrium nitrat yang tersedia hanya tahun 2022 maka, diasumsikan konsumsi natrium nitrat pada tahun 2030 = konsumsi natrium nitrat 2022 = 32.533,81 ton/tahun.

Kapasitas Pabrik = *Demand – Supply*

= (Konsumsi + Ekspor) – (Produksi + Impor)

= (32.533,81 + 0) – (0 + 5.161,15)

= 27.372,66 ton/tahun

Berdasarkan perhitungan *demand – supply*, peluang kapasitas produksi yang diperoleh pada tahun 2030 sebesar 27.372,66 ton/tahun. Dengan mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomis dalam perancangan pabrik, maka kapasitas produksi yang dipilih dibulatkan menjadi 25.000 ton/tahun."

1.3 Tinjauan Pustaka

1.3.1 Bahan Baku

a. Natrium Hidroksida

Natrium hidroksida (NaOH) juga dikenal sebagai kaustik soda atau sodium hidroksida, memiliki bentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 40-42%. Natrium hidroksida sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan. Natrium hidroksida juga larut dalam etanol dan metanol, walaupun kelarutan natrium hidroksida dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan kalium hidroksida. Natrium hidroksida digunakan diberbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, sabun, detergen dan lain-lain. (Kirk dan Othmer, 1998)

b. Asam Nitrat

Asam Nitrat (HNO_3), yang juga dikenal sebagai *aqua fortis*, *hydrogen nitrat*, ataupun nitril hidroksida. Dikarenakan sifat asam dan pengoksidadinya yang sangat kuat, asam nitrat umumnya digunakan pada proses pembuatan banyak bahan-bahan kimia, seperti obat-obatan, bahan pewarna, serat sintetik, insektisida dan fungisida, namun umumnya juga banyak digunakan pada pembuatan ammonium nitat pada industri pupuk. Setelah Era Perang Dunia Kedua, kebutuhan akan asam nitrat bergeser kearah produksi bahan-bahan peledak, seperti nitrotolune dan nitrogliserin. Seperti halnya aman pada kebanyakan, asam nitat bereaksi dengan basa, oksida basa, dan karnonat untuk membentuk garam. Namun, dikarenakan

sifatnya sebagai pengoksidasi, asam nitrat tidak selalu bereaksi seperti asam pada umumnya. Asam nitrat sangat larut dalam air.

1.3.2 Dasar Reaksi

Natrium nitrat ($NaNO_3$) adalah bahan kimia diekstraksi dari endapan alami di dataran tinggi Chili, yang memiliki cakupan luas antara 8 dan 65 kilometer dan ketebalan antara 0,3 dan 1,2 meter. Kristalisasi dan pengeringan dapat digunakan untuk membuat produk berkualitas tinggi (Austin, 1984).

Natrium nitrat biasanya digunakan sebagai bahan baku untuk membuat pupuk, terutama pupuk NPK (nitrogen, fosfor, dan kalium). $NaNO_3$ berfungsi sebagai sumber nitrogen penting dalam proses pembuatan pupuk NPK. Dalam langkah berikutnya, reaksi $NaNO_3$ dengan garam KCl menghasilkan KNO_3. Kemudian larutan KNO_3 dialirkan pada batuan fosfat yang kaya akan fosfor. Batuan fosfat ini meningkatkan jumlah fosfor dalam pupuk NPK, yang pada gilirannya memberikan nutrisi penting untuk pertumbuhan tanaman melalui daun (Kirk, R.E., and Othmer, 1998).

Metode dalam pembuatan natrium nitrat dengan proses sintesis adalah dengan mereaksikan cairan natrium hidroksida. Pada dasarnya, proses ini dimulai dengan reaksi netralisasi natrium hidroksida dengan asam nitrat. Langkah selanjutnya adalah memproduksi natrium hidroksida dengan menggabungkan asam kuat HNO_3 dengan basa kuat NaOH. Asam tergolong senyawa yang mempunyai kemampuan menaikkan kadar ion hidrogen (H_2O) di atmosfer. Asam merupakan zat yang menambah konsentrasi H^+ dalam larutan air. Basa kuat (NaOH) akan terionisasi sempurna menjadi H_3O^+ . Sebagai hasil reaksi netralisasi, natrium hidroksida dan

asam nitrat digunakan sebagai bahan baku dalam proses pembuatan natrium nitrat. Berikut adalah contoh reaksi tersebut::

$$NaOH_{(l)} + HNO_{3(l)} \rightarrow NaNO_{3(l)} + H_2O_{(l)} \quad \text{..... (1)}$$

(Othmer, 1995)

1.3.3 Mekanisme Reaksi

Reaksi netralisasi natrium hidroksida dan asam nitrat menjadi natrium nitrat dan air berdasarkan urutan mekanisme reaksi berikut :

$NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$
$HNO_3 \rightarrow NO_3^- + H^+$

$NaOH + HNO_3 \rightarrow NaNO_3 + H_2O$

Reaksi tersebut merupakan reaksi netralisasi fase cair. Reaksi natrium hidroksida dan asam nitrat menjadi natrium nitrat berlangsung dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm. Perbandingan antara NaOH : HNO_3 = 1 : 1, untuk menjaga kondisi operasi 60°C panas yang timbul tersebut diserap oleh air pendingin yang mengalir pada jaket pendingin.

1.3.4 Macam - macam Proses

Pada pembuatan natrium nitrat dapat menggunakan beberapa macam proses yang sudah banyak digunakan di dunia, yaitu :

1. Proses Shank

Untuk proses Shank bahan baku utamanya garam Chile, yang diperoleh melalui penambangan dan di dalamnya terkandung $NaNO_3$. Langkah perama pada

proses ini dimulai dari memasukkan potongan garam Chile yang awalnya memiliki ukuran 10 inci ke dalam satu tahap, yang kemudian diubah menjadi potongan yang lebih kecil dengan ukuran 1,5 inci sampai dengan 2 inci. Tabung baja besar, masing-masing berkapasitas 75 ton dan dipasang koil pemanas uap air, digunakan untuk masuk ke alat penghancur yang membawa potongan garam. Prosedur berikut memerlukan 10 tabung untuk tahap rotasi, yang diikuti dengan tahap pelindian yang mencakup pencucian bebas tekanan pada suhu 70°C. Biasanya ada tahapan proses: pemuatan, pencucian, pencucian, dan pembongkaran. Setelah melalui tabung lainnya, produk akhirnya adalah 700 gram per liter. Pemurnian garam pertambangan, yang melibatkan pengurangan jumlah bahan kimia selain $NaNO_3$ untuk menghasilkan $NaNO_3$ dengan kandungan sekitar ±60% dan tingkat konversi kurang dari 60%, merupakan ide mendasar di balik prosedur ini (Othmer, 1968).

2. Proses Guggenheim

Dibandingkan dengan proses Shank, metode ini terkenal karena kemampuannya dalam menurunkan penggunaan bahan bakar dan meningkatkan efisiensi. Dua gagasan mendasar menjadi landasan bagi pengembangan metode pelindian suhu rendah oleh Guggenheim Brothers, yang mereka luncurkan pada tahun 1920:

a) Dalam proses *leaching* pada temperatur rendah sekitar 40°C dan tanpa menggunakan tekanan, hanya natrium nitrat yang diekstraksi, sementara impuritas lainnya natrium nitrat dan sodium hidroksida tidak diekstraksi.

b) Jika proses *leaching* pada tahap awal mengandung garam pelindung, hasilnya akan berupa $CaSO_4$, $MgSO_4$, dan K_2SO_4. Garam $NaNO_3$ akan larut sedikit selama

proses. Natrium sulfat ($NaSO_4$) Saat sedang diproses, ia akan terurai, dan sejumlah besar natrium nitrat akan dihilangkan atau tercipta.

Secara prinsip, proses Guggenheim mirip dengan proses Shank, namun dengan peningkatan pada alat yang melibatkan tahap-tahap seperti penghancuran, *leaching*, penyaringan, kristalisasi, dan granulasi. Hal ini menghasilkan kadar natrium nitrat yang lebih tinggi, yaitu sekitar ±85%, dengan tingkat konversi kurang dari 85% (Othmer, 1997)

3. Proses Sintesis

Berbagai macam proses pembuatan Natrium nitrat secara sintesis antara lain:

a) Mereaksikan Na_2CO_3 dengan HNO_3

$$Na_2CO_{3(l)} + 2HNO_{2(l)} \rightarrow 2NaNO_{3(l)} + H_2O_{(l)} + CO_{2(g)} \quad \text{.....(2)}$$

(Othmer, 1997)

Dalam reaktor *fluidzed bed*, proses ini berlangsung pada suhu 350°C pada tekanan vakum. Pada reaksi ini menggunakan perbandingan reaktan 1,2:1 akan menghasilkan konversi sebesar 90% terhadap HNO_3 (U.S patent 2535990, 1950).

b) Mereaksikan NaCl dengan HNO_3

$$3NaCl_{(g)} + 4HNO_3(l) \rightarrow 3NaNO_{3(l)} + NOCl_{(g)} + Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \quad \text{.....(3)}$$

(Othmer 1997)

Dalam reaktor Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB), proses ini berlangsung pada suhu 25°C pada tekanan 1 atm dan besarnya konversi terhadap NaCl adalah 25-40% (Kubelka, 1934).

c) Mereaksikan NaOH dengan konsentrasi 40% dan HNO_3 dengan konsentrasi 53%.

$$NaOH_{(l)} + HNO_{3(l)} \rightarrow NaNO_{3(l)} + H_2O_{(l)}$$

(Stocchi, 1990)

Reaktor Aliran Tangki Berpengaduk (RATB) digunakan untuk proses ini, yang berlangsung pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm. Sedangkan untuk NaOH, jumlah konversi yang berhasil dilakukan adalah 95% (Shreve, 1956).

Tabel 1.6 Perbandingan Proses Pembuatan Natrium Nitrat

Komponen	Proses				
	Shank	Guggeinheim	Sintesis Menggunakan Na_2CO_3 dan HNO_3	Sintesis Menggunakan NaCL dan HNO_3	Sintesis Menggunakan NaOH Dan HNO_3
Tekanan	-	-	Vakum	1 Atm	1 Atm
Suhu	70ºC	40ºC	350ºC	25 ºC	60ºC
Bahan Baku	Garam Penambangan	Garam Penambangan	*Sodium Carbonate Dan Nitric Acid*	*Sodium Chloride Dan Nitric Acid*	*Natrium hidroksida Dan Nitric Acid*
Konversi	±60%	±85%	90%	40%	±90-99%
Kemurnian	65-80%	90%	98%	95%	99%

Sedangkan keunggulan dan kekurangan dari proses pembuatan natrium nitrat dapat di lihat pada tabel 1.7

Tabel 1.7. Keunggulan Dan Kekurangan Proses Pembuatan Natrium nitrat

Proses	Keunggulan	Kekurangan
Shank	➢ Prinsip Proses Hanya Melibatkan Purifikasi ➢ Rangkaian Alat Proses Sederhana ➢ Bahan Baku Tersedia Di Alam ➢ Kapasitas Produksi Besar	➢ Kemurnian Rendah ➢ Impuritas Pada Bahan Baku Tinggi
Guggeinheim	➢ Kemurnian Lebih Tinggi dibandingkan Produk Proses Shank ➢ Kapasitas Produksi Besar	➢ Biaya Investasi Alat Lebih Besar
Sintesis	➢ Kemurnian Tinggi Mencapai 99% ➢ Reaksi Pada Kondisi Atmosferik	➢ Harga Bahan Baku HNO_3 Mahal

Garam penambangan, atau lebih dikenal sebagai garam laut, memiliki keunikan dengan tekstur yang indah dan rasa yang menarik karena berasal dari laut. garam ini cenderung mengandung sedikit kalsium, zat besi, potasium, dan magnesium, sehingga memiliki kandungan mineral yang lebih rendah dibandingkan dengan garam dapur. proses pembuatannya melibatkan evaporasi air dari laut, yang menyebabkan peningkatan kandungan mineral dalam garam laut. ada banyak prosedur yang dapat digunakan untuk membuat natrium nitrat. namun proses sintesis menggunakan bahan baku natrium hidroksida dan asam nitrat yang dipilih untuk produksi natrium nitrat karena bahan bakunya mudah didapat. selain itu, jumlah natrium nitrat yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh proses shank dan guggenheim, yaitu antara 90 dan 99%.

1.4 Tinjauan Termodinamika Dan Kinetika

1.4.1 Tinjauan Termodinamika

Suatu sifat reaksi dapat diketahui apakah endotermis atau eksotermis dengan menggunakan perhitungan panas pembentukan standar $\Delta h^o f$ pada tekanan 1 atm, suhu 298 k. persamaan reaksi :

$$NaOH_{(l)} + HNO_{3(l)} \rightarrow NaNO_{3(l)} + H_2O_{(l)}$$

Tabel 1.8 Nilai *Entalphy* dan Energi Gibs Komponen

Komponen	$\Delta h^o f$ (Kj/Mol)	$\Delta g^o f$ (Kj/Mol)
HNO_3	- 135,10	- 74,7
NaOH	- 425,60	- 379,5
$NaNO_3$	- 466,68	- 365,89
H_2O	- 241,8	- 228,6

(Yaws, 1999)

$$\Delta h^o R\ (298.15k) = \sum \Delta h^o f \text{ Produk} - \sum \Delta h^o f \text{ Reaktan} \quad (1.3)$$

$$= [(\Delta h^o f\ NaNO_3) + (\Delta h^o f\ H_2O)] - [(\Delta h^o f\ HNO_3) + (\Delta h^o f\ NaOH)]$$

$$= [(-466,68)+(-241,8)] - [(-135,10)+(-425,60)]$$

$$= -147,78 \text{ Kj/Mol}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka reaksi akan berlangsung secara eksotermis dan menghasilkan panas. kemudian bila ditinjau dari energi gibs maka diperoleh :

$$\Delta g^o f_{298} = \sum \Delta g^o f \text{ Produk} - \sum \Delta g^o f \text{ Reaktan} \quad (1.4)$$

$$= [(-365,89)+(-228,6)] - [(-74,7)+(-379,5)]$$

= –140,29 Kj/Mol

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, maka reaksi akan berlangsung secara spontan.

Menentukan nilai konstanta kesetimbangan pada keadaan standar

$\Delta g^{o}f_{298}$ = – R.T Ln $K_{(298)}$ (1.5)

–140,29 Kj/Mol = – (8,314 X 10^{-3})Kj/Mol.K X 298k Ln $K_{(298)}$

Ln $K_{(298)}$ = (– 140,29)/(–2,4776)

$K_{(298)}$ = 3,9038 X 10^{24}

Menetukan Harga Konstanta Kesetimbangan Pada Suhu 333k

$$\ln \frac{K2}{K1} = \frac{\Delta H°r}{R}\left[\frac{1}{T2} - \frac{1}{T2}\right] \quad (1.6)$$

Dimana :

K1 = Konstanta Kesetimbangan Pada 298 K

K2 = Konstanta Kesetimbangan Pada Suhu Operasi

T1 = Suhu Standar 25°C (298 K)

T2 = Suhu Operasi 60°C (333 K)

R = Tetapan Gas Ideal (8,314 J/Mol.K)

ΔH°R = Panas Reaksi Standar Pada 298 K

Maka :

$$\ln \frac{K2}{3{,}9038 \times 10^{24}} = \frac{-147{,}78\ \text{kJ/mol}}{(8{,}314 \times 10^{-3})\ \text{kJ/mol.K}}\left[\frac{1}{333\text{K}} - \frac{1}{298\text{K}}\right]$$

$$\ln \frac{K2}{3{,}9038 \times 10^{24}} = -6{,}2692 \text{ x } 10^{-6}$$

$$0{,}999993731 = \frac{\text{K2}}{3{,}9038 \times 10^{24}}$$

$K_2 = 3{,}9038 \text{ x } 10^{24}$

Dari Perhitungan Konstanta Kesetimbangan Pada Suhu Reaksi, Didapatkan Konstanta Kesetimbangan Reaksi Yang Relatif Besar Yaitu 3,9038 X 10^{24}, Sehingga Dapat Disimpulkan Bahwa Reaksi Akan Berlangsung Searah Yaitu Ke Kanan Atau Irreversible Dan Produk Cenderung Lebih Banyak Terbentuk Dibandingkan Dengan Reaktan (Othmer, 1998).

1.4.2 Tinjauan Kinetika

Untuk Mengetahui Kecepatan Reaksi Pada Pembentukan Natrium nitrat, Diperoleh Dari Beberapa Langkah Berikut :

$$HNO_{3(l)} + NaOH_{(l)} \rightarrow NaNO_{3(l)} + H_2O_{(l)}$$

Asumsi :

Nitrat Acid = A

Natrium hidroksida = B

Natrium nitrat = C

Air = D

Maka :

A **B** **C** **D**

Mula-Mula	Caq	C_Bq		
Reaksi	$Caq.Xa$	$Caq.Xa$	$Caq.Xa$	$Caq.Xa$
Hasil	$C_{AQ}(1 - X_A)$	C_B $C_{AQ}.X_A$	$C_{AQ}.X_A$	$C_{AQ}.X_A$

Persamaan Kecepatan Reaksi Menggunakan Orde 2 :

$$(-Ra) = K.C_A.C_B \quad (1.7)$$

$$(-Ra) = K[C_{AQ}(1 - X_A).(C_{BQ} - (C_{AQ}.X_A)) \quad (1.8)$$

Keterangan:

(– Ra) = Kecepatan Reaksi Zat A ($NaNO_3$)

K = Konstanta Kecepatan Reaksi, L/Mol.Jam

C_A = Konsentrasi NaOH Pada Waktu T, Mol/L

C_B = Konsentrasi HNO_3 Pada Waktu T, Mol/L

C_{AQ} = Konsentrasi NaOH Mula-Mula (Sebelum Bereaksi), Mol/L

C_{BQ} = Konsentrasi HNO_3 Mula-Mula (Sebelum Bereaksi), Mol/L

(Levenspiel, 1999)

Dari Literatur Diperoleh Data-Data Sebagai Berikut :

$K = 1{,}3 \times 10^8\ M^3/Mol.S$

(Koiranen, 2017)

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

Untuk memenuhi kualitas produk sesuai target pada perancangan ini, maka mekanisme pembuatan natrium nitrat dirancang berdasarkan variable utama yaitu spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku, dan pengendalian kualitas.

2.1 Spesifikasi Produk

a) Natrium Nitrat

Berikut sifat-sifat fisika dari natrium nitrat :

Wujud	: Padat
Warna	: Putih
Rumus Molekul	: $NaNO_3$
Berat Molekul (BM)	: 84,99 gr/mol
Kemurnian	: 98%
Titik Didih	: 380°C
Densistas (ρ)	: 2,26 kg/liter
Titik Lebur	: 307°C
Viscositas (μ)	: 6.9 Cp
Kapasitas (Cp)	:
$NaNO_{3(l)}$	: 0,05 + 6,82 . 10-4T Kcal/kg°K
$NaNO_{3(s)}$	: 0,06 + 7,18 . 10-5 T Kcal/kg°K
Kelarutan Dalam Air	: 73 gr/100 gr air pada 0°C
	: 96 gr/100 gr air pada 100°C

(Kirk, 2007)

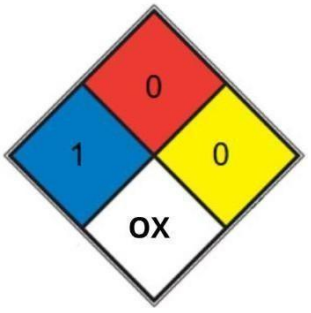
Berikut sifat-sifat kimia dari natrium nitrat :

- Natrium nitrat bersifat higroskopis
- Mudah larut dalam air, gliserol, amonia, dan alkohol

(Kirk, 2007)

Berikut informasi keselamatan dari natrium nitrat :

Tabel 2. 1 MSDS natrium nitrat

Hazard Diamond	Label Peringatan	Keterangan
	Bahaya Kesehatan (Biru) - 1	dapat menyebabkan iritasi ringan pada mata, kulit, dan saluran pernapasan apabila terjadi kontak atau terhirup dalam jumlah tertentu.
	Bahaya Kebakaran (Merah) - 0	tidak mudah terbakar. Senyawa ini tidak dapat menyala pada kondisi normal.
	Reaktivitas (Kuning) - 0	stabil secara kimia pada kondisi penyimpanan dan penggunaan normal.
	Peringatan Khusus (Putih) – OX	merupakan oksidator kuat. senyawa ini dapat mempercepat pembakaran bahan lain, terutama bahan organik atau bahan mudah terbakar.

(Sumber: Laguna Clay Company, *Safety Data Sheet* Natrium Nitrat, 2018)

2.2 Spesifikasi Bahan Baku

a) Natrium Hidroksida

Berikut sifat-sifat fisika dari natrium Hidroksida :

Wujud : Padat

Warna : Putih

Rumus Molekul	: NaOH
Berat Molekul (BM)	: 40 gr/mol
Titik Didih	: 1390°C
Densistas (ρ)	: 1,51 kg/liter
Titik Lebur	: 318,4°C
Specific Gravity	: 2,130

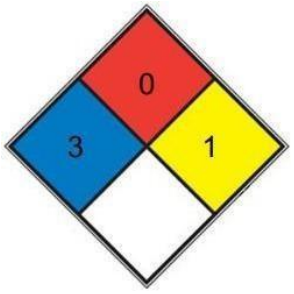
(Perry, 2008)

Berikut sifat-sifat kimia dari natrium Hidroksida :

- Basa kuat
- Higroskopis
- Saat dilarutkan dalam air menghasilkan reaksi eksotermis
- Dapat larut dalam pelarut air

Berikut informasi keselamatan dari natrium hidroksida :

Tabel 2. 2 MSDS natrium hidroksida

Hazard Diamond	Label Peringatan	Keterangan
	Bahaya Kesehatan (Biru) - 3	Paparan singkat dapat menyebabkan cedera sementara yang serius atau cedera sisa sedang.
	Bahaya Kebakaran (Merah) - 0	Umumnya stabil, tetapi dapat menjadi tidak stabil pada suhu dan tekanan tinggi.
	Reaktivitas (Kuning) - 0	Material yang tidak akan terbakar dalam kondisi kebakaran normal, termasuk bahan yang secara intrinsik tidak mudah terbakar seperti beton, batu, dan pasir.
	Peringatan Khusus (Putih)	Tidak memiliki bahaya khusus

(Sumber: ChemicalBook. *Safety Data Sheet (SDS) Sodium Hydroxide*, 2026)

b) Asam Nitrat

Berikut sifat-sifat fisika dari Asam Nitrat :

Wujud	: Cair
Warna	: Bening
Rumus Molekul	: HNO_3
Berat Molekul (BM)	: 63,01 gr/mol
Titik Didih	: 1390°C
Densistas (ρ)	: 1,51 kg/liter
Titik Lebur	: 318,4°C
Specific Gravity	: 1,502

(Perry, 2008)

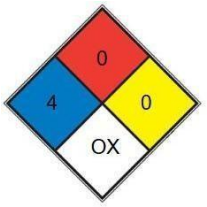
Berikut sifat-sifat kimia dari Asam Nitrat :

- Bereaksi dengan logam
- Oksidator kuat
- Dekomposisi oleh panas
- Bereaksi dengan basa

(Kirk, 2006)

Berikut informasi keselamatan dari asam nitrat

Tabel 2. 3 MSDS natrium nitrat

Hazard Diamond	Label Peringatan	Keterangan
	Bahaya Kesehatan (Biru) - 4	Paparan yang sangat singkat dapat menyebabkan kematian atau cedera sisa yang serius.
	Bahaya Kebakaran (Merah) - 0	Bahan yang tidak akan terbakar dalam kondisi kebakaran normal, termasuk bahan yang secara intrinsik tidak mudah terbakar.
	Reaktivitas (Kuning) - 0	Biasanya stabil, bahkan dalam kondisi paparan kebakaran, dan tidak bereaksi dengan air.
	Peringatan Khusus (Putih) – OX	oksidator (oxidizing agent) yang dapat mempercepat proses pembakaran.

(Sumber: ChemicalBook. *Safety Data Sheet (SDS) Nitric Acid*, 2026)

2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) pada pabrik natrium nitrat bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh tahapan produksi, mulai dari bahan baku hingga produk akhir, memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Selain itu, pengendalian kualitas juga bertujuan untuk menjaga kestabilan proses, meningkatkan efisiensi produksi, serta menjamin keamanan operasi pabrik. Pengendalian kualitas pada pabrik ini meliputi:

1. Pengendalian kualitas bahan baku.
2. Pengendalian proses produksi.
3. Pengendalian kualitas produk.

2.3.1 Pengendalian bahan Baku

Pengendalian kualitas dari bahan baku dimaksudkan untuk mengetahui sejauh mana kualitas bahan baku yang digunakan, apakah sudah sesuai dengan

spesifikasi yang ditentukan untuk proses. Oleh karena itu sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan dengan tujuan agar bahan yang digunakan dapat diproses dengan baik di dalam pabrik.

a) Kemurnian Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida yang digunakan dalam proses merupakan larutan dengan konsentrasi sekitar 40% dan harus memiliki kemurnian tinggi untuk menjamin reaksi berlangsung secara optimal. Adanya pengotor seperti natrium karbonat (Na_2CO_3) yang terbentuk akibat penyerapan CO_2 dari udara dapat menurunkan kekuatan basa dan reaktivitas NaOH dalam reaksi netralisasi. Hal ini dapat menyebabkan penurunan konversi serta mempengaruhi kualitas produk natrium nitrat yang dihasilkan. Oleh karena itu, pengujian kemurnian dilakukan menggunakan metode titrasi asam-basa dengan larutan standar HCl untuk memastikan kadar NaOH sesuai dengan spesifikasi.

b) Konsentrasi Asam Nitrat (HNO_3)

Asam nitrat yang digunakan memiliki konsentrasi sekitar 53% sehingga perlu dikontrol agar tetap berada pada rentang tersebut untuk menjaga kesesuaian perbandingan stoikiometri reaksi. Konsentrasi yang terlalu rendah dapat menyebabkan reaksi berlangsung tidak sempurna, sedangkan konsentrasi yang terlalu tinggi dapat meningkatkan risiko korosi pada peralatan proses. Oleh karena itu, pengendalian konsentrasi menjadi penting dalam menjaga kestabilan proses dan efisiensi reaksi. Pengukuran konsentrasi asam nitrat dilakukan dengan metode titrasi menggunakan larutan standar NaOH.

c) Kandungan Pengotor (*Impurities*)

Kandungan pengotor dalam bahan baku, seperti ion logam (Fe^{3+}, Cu^{2+}), klorida, dan sulfat, harus dijaga seminimal mungkin karena dapat mempengaruhi kemurnian produk natrium nitrat serta mengganggu jalannya proses produksi. Keberadaan pengotor ini tidak hanya dapat menurunkan kualitas produk, tetapi juga berpotensi menyebabkan masalah operasional seperti scaling dan fouling pada peralatan. Oleh karena itu, analisis kandungan pengotor dilakukan secara berkala menggunakan metode spektrofotometri atau ICP (*Inductively Coupled Plasma*) untuk memastikan kadar pengotor tetap dalam batas yang diizinkan.

d) Kandungan Air

Kandungan air dalam bahan baku merupakan parameter penting yang mempengaruhi konsentrasi reaktan serta efisiensi reaksi. Pada natrium hidroksida larutan 40% maupun asam nitrat 53%, kadar air yang tidak terkontrol dapat menyebabkan pengenceran larutan sehingga menurunkan laju dan konversi reaksi. Selain itu, perubahan kadar air juga dapat mempengaruhi kondisi operasi seperti suhu dan volume reaksi. Oleh karena itu, pengukuran kadar air dilakukan menggunakan metode *Karl Fischer Titration* untuk memperoleh hasil yang akurat dan memastikan kesesuaian dengan spesifikasi proses.

2.3.2 Pengendalian Proses Produksi

Pengendalian proses produksi dilakukan untuk menjaga kondisi operasi agar tetap berada pada kondisi optimum sehingga reaksi pembentukan natrium nitrat dapat berlangsung secara maksimal, aman, dan efisien. Reaksi yang terjadi

merupakan reaksi netralisasi antara natrium hidroksida dan asam nitrat yang bersifat eksotermis, sehingga diperlukan pengendalian parameter proses secara ketat.

a) *Temperature Control*

Pengendalian suhu reaktor dilakukan menggunakan *thermocouple* yang terhubung dengan *temperature controller* dan sistem pendingin (*cooling water*). Reaksi netralisasi bersifat eksotermis sehingga menghasilkan panas yang dapat meningkatkan suhu reaktor. Suhu dijaga pada kondisi operasi sebesar 60°C agar reaksi tetap berlangsung optimal dan aman.

b) *Flow Control*

Pengendalian laju alir bahan baku dilakukan menggunakan *flow meter* dan *control valve*. *Flow controller* berfungsi untuk menjaga perbandingan laju alir kedua reaktan sesuai dengan stoikiometri reaksi. Ketidakseimbangan laju alir dapat menyebabkan kelebihan salah satu reaktan yang berdampak pada penurunan konversi dan kualitas produk. Oleh karena itu, sistem *flow control* sangat penting untuk menjamin kestabilan komposisi umpan ke reaktor.

c) *Pressure Control*

Tekanan operasi dalam reaktor dijaga pada kondisi atmosfer (1 atm) menggunakan *pressure gauge* dan *pressure control valve*. Meskipun reaksi berlangsung pada tekanan rendah, pengendalian tekanan tetap diperlukan untuk menjaga kestabilan operasi serta mencegah terjadinya fluktuasi tekanan akibat perubahan suhu atau laju alir. Sistem ini juga berfungsi sebagai pengaman untuk mencegah tekanan berlebih di dalam reaktor.

d) *Level Control*

Pengendalian level cairan dalam reaktor dilakukan menggunakan *level transmitter* dan *level controller* yang terhubung dengan *control valve* pada aliran keluar. *Level control* bertujuan untuk menjaga volume cairan dalam reaktor tetap konstan sehingga waktu tinggal (*residence time*) dapat dipertahankan. Fluktuasi level dapat mempengaruhi konversi reaksi dan kestabilan proses, sehingga pengendalian level menjadi parameter penting dalam operasi kontinu.

2.3.3 Pengendalian Kualitas Produk

Kualitas dari produk yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh proses-proses sebelumnya. Untuk memperoleh mutu produk standar, maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian yang baik terhadap proses yang ada sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan sesuai dengan kebutuhan di pasaran.

a) Kemurnian Natrium Nitrat

Kemurnian natrium nitrat merupakan parameter utama yang menentukan kualitas produk. Produk yang dihasilkan ditargetkan memiliki kemurnian ≥ 98% agar dapat digunakan pada berbagai aplikasi industri. Kemurnian yang tidak memenuhi spesifikasi dapat disebabkan oleh sisa reaktan atau pengotor yang terbawa selama proses produksi. Oleh karena itu, analisis kemurnian dilakukan menggunakan metode titrasi kimia atau *ion chromatography* (IC) untuk menentukan kadar ion nitrat secara kuantitatif dan memastikan kesesuaian dengan standar yang ditetapkan.

b) Kadar Air

Kadar air merupakan parameter penting yang mempengaruhi stabilitas dan sifat fisik natrium nitrat. Produk dengan kadar air tinggi cenderung bersifat lebih *higroskopis* sehingga mudah menggumpal dan menurunkan kualitas penyimpanan. Selain itu, kadar air yang tidak terkontrol dapat mempengaruhi konsentrasi produk dalam aplikasi lanjutan. Oleh karena itu, pengujian kadar air dilakukan menggunakan metode pengeringan (*oven drying*) untuk memastikan kadar air berada dalam batas yang diizinkan.

c) Kandungan Pengotor (*Impurities*)

Kandungan pengotor seperti ion logam (Fe, Cu), klorida, dan sulfat harus dikontrol karena dapat menurunkan kemurnian serta mempengaruhi sifat produk natrium nitrat. Pengotor ini umumnya berasal dari bahan baku maupun korosi peralatan selama proses. Kadar pengotor dijaga pada level rendah (umumnya < 0,1%) untuk mencegah perubahan warna, penurunan kualitas, serta gangguan pada aplikasi produk. Analisis dilakukan menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) atau *Inductively Coupled Plasma* (ICP) yang mampu mendeteksi logam dalam konsentrasi sangat kecil secara akurat.

d) Kelarutan dan Distribusi Partikel

Ukuran dan distribusi partikel natrium nitrat mempengaruhi sifat fisik seperti kemudahan aliran (*flowability*), kecepatan pelarutan, dan kemudahan penanganan selama penyimpanan dan distribusi. Partikel yang terlalu halus dapat menyebabkan pembentukan debu, sedangkan partikel yang terlalu besar dapat menghambat proses pelarutan. Oleh karena itu, pengujian dilakukan menggunakan metode analisis

ayakan (*sieve analysis*) untuk menentukan distribusi ukuran partikel yang sesuai dengan spesifikasi produk.

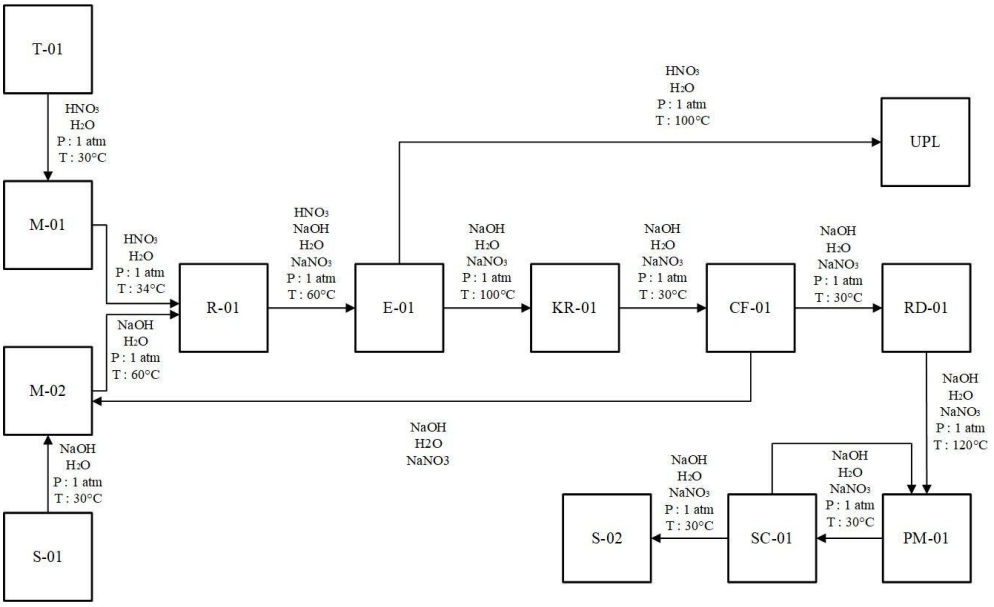
e) Kondisi Penyimpanan

Kondisi penyimpanan natrium nitrat dikontrol untuk menjaga kestabilan produk karena sifatnya yang higroskopis. Penyimpanan dilakukan dalam silo tertutup yang dilengkapi *temperature* dan *humidity transmitter* untuk pemantauan kontinu. Suhu dijaga mendekati suhu ruang (±30°C) dan kelembaban relatif < 60% untuk mencegah penyerapan uap air yang dapat menyebabkan penggumpalan. Selain itu, dapat digunakan udara kering untuk menjaga kondisi tetap stabil sehingga kualitas produk tetap terjaga selama penyimpanan.

BAB III
PERANCANGAN PROSES

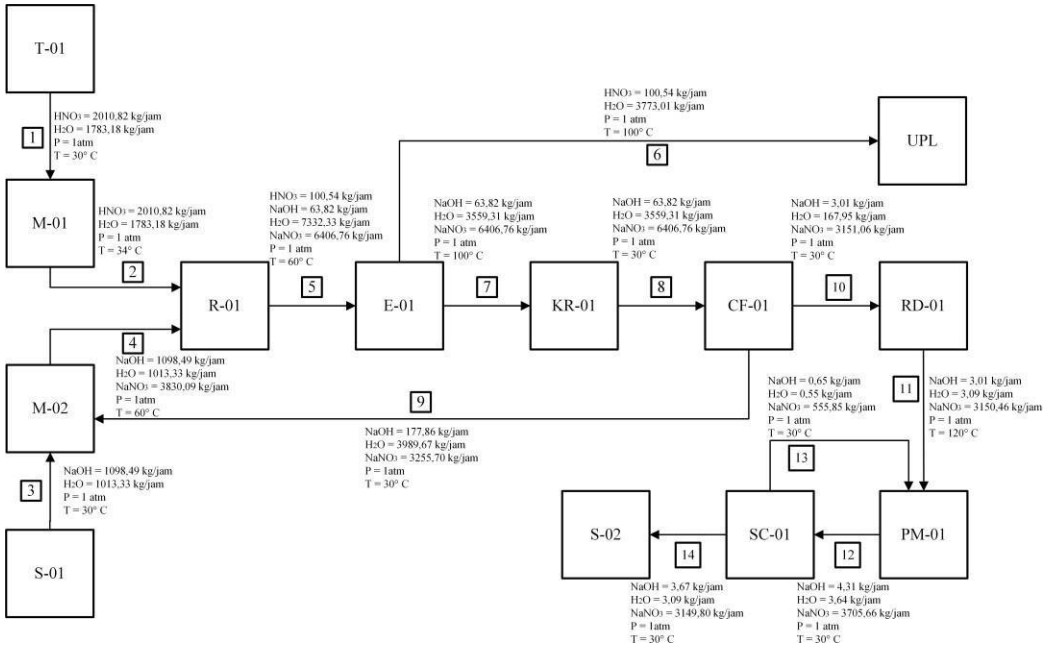
3.1 Diagram Alir Proses dan Material

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

Proses reaksi antara natrium hidroksida dan asam nitrat menghasilkan natrium nitrat.

Reaksi :

$$HNO_{3(l)} + NaOH_{(l)} \rightarrow NaNO_{3(l)} + H_2O_{(l)}$$

Dalam proses pembuatan natrium nitrat dari natrium hidroksida dan asam nitrat dalam reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dilakukan dengan tekanan 1 atm dan suhu 60°C. Pada reaktor ini, reaksi berlangsung dalam fase cair-cair yang bersifat eksotermis sehingga untuk mencapai reaksi yang diinginkan digunakan pendingin. Secara umum, proses ini dapat dibagi menjadi tiga tahapan:

a. Persiapan bahan baku

b. Reaksi

c. Pemisahan dan pemurnian

3.2.1 Persiapan Bahan Baku

Langkah persiapan bahan baku melibatkan proses penurunan kosentrasi bahan baku agar sesuai dengan kondisi reaksi yang diinginkan dalam reaktor. Awalnya, natrium hidroksida dengan kadar 98% diproses dalam Tangki Mixer (M-02) pada suhu 60 °C dan tekanan 1 atm. Tujuannya adalah untuk menyesuaikan konsentrasi natrium hidroksida menjadi 40% sebelum masuk ketahap reaksi didalam Reaktor (R-01). Selanjutnya, natrium hidroksida yang akan diumpan dialirkan melalui Pompa (P-03) menuju Reaktor (R-01).

Selain itu, bahan baku Asam Nitrat juga diproses dalam Tangki Mixer (M-01) pada suhu 34°C dan tekanan 1 atm. Hal ini dilakukan untuk menurunkan

konsentrasi asam nitrat dari 58% menjadi 53% agar sesuai dengan kondisi reaksi yang diinginkan dalam reaktor. Kemudian, asam nitrat yang akan diumpankan dialirkan melalui Pompa (P-02) dan melewati *Heat exchanger* (HE-02) untuk meningkatkan suhu menjadi 60°C sebelum memasuki Reaktor (R-01).

3.2.2 Tahap Reaksi

Pada proses reaksi digunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) , dengan suhu operasi 60°C dan tekanan 1 atm. Di dalam reaktor (R-01), terjadi reaksi netralisasi antara natrium Hidroksida dan asam Nitrat, yang bersifat eksotermis dan irreversibel. Reaktor ini beroperasi dalam kondisi *isothermal* dan non-adiabatis. Selama proses reaksi, suhu di dalam reaktor akan meningkat karena sifat eksotermis dari reaksi tersebut. Untuk menjaga suhu reaksi tetap sesuai dengan kondisi yang diinginkan, digunakan jaket pendingin dengan air sebagai media pendingin. Produk keluaran dari Reaktor (R-01) dengan tekanan 1 atm dan suhu 60 °C disalurkan menggunakan Pompa (P-04) masuk ke Evaporator (EV-01).

3.2.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian

Produk keluaran dari reaktor (R-01) dialirkan ke Evaporator (E-01) melalui pompa. Pada kondisi operasi E-01, suhu diatur menjadi 100°C dan tekanan 1 atm untuk menguapkan air dan Asam Nitrat. Hasil dari proses ini terbagi menjadi dua: hasil atas E-01 dialirkan ke Unit Pengolahan Limbah (UPL) setelah melewati *Condenser* (CD-01) agar dapat berubah menjadi fase cair. Sementara itu, hasil bawah E-01 dialirkan menggunakan Pompa (P-05) masuk ke kristalizer (KR-01)

untuk dilakukan pengkristalan dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Selanjutnya slurry yang keluar dari CR-01 dialirkan menggunakan Pompa (P-06) menuju ke Centrifuge (CF-01). Proses ini merupakan langkah penting dalam memisahkan dan mengolah produk untuk mendapatkan Natrium Nitrat yang diinginkan. Pada Centrifuge (CF-01), dilakukan pemisahan antara padatan natrium nitrat dengan filtrat pada kondisi operasi suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Filtrat yang keluar dari hasil pemisahan (CF-01) dialirkan menggunakan pompa (P-06) menuju Tangki Mixer (M-02). Padatan Natrium Nitrat yang keluar dari Centrifuge (CF-01) diangkut menggunakan Screw Conveyor (SC-01) menuju Rotary Dryer (RD-01) untuk mengurangi kadar air. Hasil keluaran dari Rotary Dryer (RD-01) adalah Natrium Nitrat dengan kemurnian 99%. Produk ini kemudian diangkut menggunakan Screw Conveyor (SC-02) menuju Pin Mill (PM-01) untuk menyesuaikan ukuran partikel dengan ukuran standar umum produk. Hasil keluaran dari Pin Mill (PM-01) langsung masuk kedalam Vibrating Screen (VS-01) untuk memisahkan ukuran partikel Natrium Nitrat yang tidak sesuai untuk dikembalikan ke Pin Mill (PM-01) menggunakan Bucket Elevator (BE-03). Selanjutnya ukuran partikel Natrium Nitrat yang sudah sesuai diangkut menggunakan Screw Conveyor (SC-05) menuju Silo $NaNO_3$ (S-02) sebagai hasil akhir dari proses pembuatan Natrium Nitrat.

3.3 Spesifikasi Alat

3.3.1 Spesifikasi Alat Proses

a. Reaktor (R-01)

Spesifikasi Umum

Kode : R-01

Fungsi	: Mereaksikan NaOH dan HNO_3 Menjadi Natrium Nitrat
Jenis/Tipe	: RATB
Mode Operasi	: Continyu
Harga	: $ 113.600
Kondisi Operasi	
Suhu, °C	: 60
Tekanan, atm	: 1
Kondisi Proses	: Non adiabatis, Isotermal
Konstruksi dan Material	
Bahan Konstruksi	: Stainless steel SA 167 grade 11 type 316
Diameter(ID) shell, m	: 1,210
Tebal Shell, in	: 0,1875
Tinggi Total, m	: 2,337
Jenis Head	: *Head* dan *Bottom* berbentuk Torispherical
Pengaduk	
Tipe Pengaduk	: *flat six blade turbine with disk*
Diameter Pengaduk, m	: 0,374
Kecepatan Pengaduk, rpm	: 84
Power tenaga Pengadukan, hp	: 10
Jumlah Baffle	: 6
Lebar Baffle,in	: 3,97
Pendingin	
U_D, W/m^{2}K	: 1641,62
Luas Area Transfer Panas, m^2	: 0,227
Tebal Jaket, in	: 0,0048
Tinggi Jaket, m	: 1,7087

3.3.2 Spesifikasi Alat Pemisah dan Unit Operasi Pendukung

a. *Mixer* (M-01)

Kode	: M-01
Fungsi	: Mencampur HNO_3 dan air sebelum dialirkan ke Reaktor
Jenis	: Tangki silinder tegak
Material	: *stainless steel* SA 167 *grade* 11 *type* 316
Kondisi Operasi	
a. Suhu, °C	: 34
b. Tekanan, atm	: 1
Spesifikasi	
a. Diameter, m	: 2,3976
b. Tinggi, m	: 2,8653
c. Tebal Shell, in	: 0,1875
Pengaduk	
a. Tipe Pengaduk	: *flat six blade turbine with disk*
b. Diameter Pengaduk, m	: 0,8096
c. Kecepatan Pengaduk, rpm	: 84
d. Power Pengadukan, hp	: 15
e. Jumlah Baffle, buah	: 6
f. Lebar Baffle, in	: 7,9688

b. *Mixer* (M-02)

Kode	: M-01
Fungsi	: Mencampur NaOH dan air sebelum dialirkan ke Reaktor
Jenis	: Tangki silinder tegak

Material	: *stainless steel* SA 167 *grade* 11 *type* 316
Kondisi Operasi	
a. Suhu, °C	: 60
b. Tekanan, atm	: 1
Spesifikasi	
a. Diameter, m	: 2,1464
b. Tinggi, m	: 2,5881
c. Tebal Shell, in	: 0,1875
Pengaduk	
a. Tipe Pengaduk	: *flat six blade turbine with disk*
b. Diameter Pengaduk, m	: 0,7588
c. Kecepatan Pengaduk, rpm	: 100
d. Power Pengaduk, hp	: 1,5
e. Jumlah Baffle	: 6
f. Lebar Baffle	

c. Kristalizer (KR-01)

Kode	: KR-01
Fungsi	: Untuk mengkristalkan $NaNO_3$ hasil keluaran Evaporator
Jenis	: *Swenson-Walker type*
Material	: stainless steel SA 167 grade 11 type 316
Kondisi Operasi	
Suhu, °C	: 30
Tekanan, atm	: 1
Fase	: Cair-padat
Spesifikasi	

a. Diameter, m : 1,016
b. Panjang, m : 3,048
c. Luas Penampang, m2 : 3014,163604
d. Power Pengaduk, hp : 0,5

d. Evaporator (E-01)

Kode : E-01
Fungsi : Untuk memekatkan produk yang keluar dari Reaktor
Jenis : *Standard vertical tube evaporator*
Material : *stainless steel* SA 167 *grade* 11 *type* 316
Kondisi Operasi
a. Suhu, °C : 100
b. Tekanan, atm : 1
c. Fase : Cair
Spesifikasi
a. Diameter, m : 2,8956
b. Tinggi, m : 4,8896
c. Tebal Shell, in : 0,25
Tube Side
a. Jumlah Tube, buah : 148
b. Panjang Tube, ft : 16
c. Diameter Tube, in : 0,75
d. BWG, buah : 20
e. Jumlah Passes Tube, buah : 8

e. *Centrifuge* (CF-01)

Kode	: CF-01
Fungsi	: Memisahkan Produk dengan mother liquor
Jenis	: *Continuous Decanter Centrifuge*
Material	: *stainless steel* SA 167 *grade* 11 *type* 316
Kondisi Operasi	
a. Suhu, ℃	: 100
b. Tekanan, atm	: 1
Spesifikasi	
a. Diameter bowl , in	: 24
b. Panjang bowl, m	: 3,048
c. Laju putar rotor, rpm	: 3000
d. Daya Motor, hp	: 125

f. *Rotary Dryer* (RD-01)

Kode	: RD-01
Fungsi	: Mengeringkan Krsital $NaNO_3$ dengan menggunakan udara panas
Jenis	: *Direct contact-counter current rotary dryer*
Material	: *stainless steel* SA 167 *grade* 11 *type* 316
Kondisi Operasi	
a. Suhu, ℃	: 120
b. Tekanan, atm	: 1
Spesifikasi	
a. Diameter, m	: 2,43
b. Panjang, m	: 9,72
c. Kecepatan Putar, rpm	: 3,5
d. Sudut kemiringan	: 4,57

e. Power, hp : 7,5

Pemanas

a. Laju alir udara, kg/jam 16.504,14
b. Beban Panas, Kj/jam 822.092,47

g. Cyclone (CY-01)

Kode : CY-01

Fungsi : Untuk memisahkan padatan yang terikut udara

Jenis : Cyclone Separator

Material : *stainless steel* SA 167 *grade* 11 *type* 316

Spesifikasi

a. Diameter , m : 1,35
b. Diameter lubang *inlet*, m : 0,34
c. Diameter gas *outlet*, m : 0,67
d. Tinggi lubang *inlet*, m : 2,69
e. Tinggi gas *outlet*, m : 0,17
f. Diameter lubang *dust out*, m : 0,34

Pemanas

c. Laju alir udara, kg/jam 16.504,14
d. Beban Panas, Kj/jam 822.092,47

h. Pin Mill (PM-01)

Kode : PM-01

Fungsi : Untuk menyesuaikan ukuran partikel $NaNO_3$

Jenis : *Direct contact-counter current rotary dryer*

Material : *Carbon steel SA 285 Grade C*

Kondisi Operasi

a. Suhu, °C : 30
b. Tekanan, atm : 1

Spesifikasi

a. Dimensi Rotor,mm : 637
b. Lebar Rotor, mm : mm
c. Jumlah Pin, buah : 682
d. Laju putar, m/s : 100
e. Daya Motor, hp : 5

i. *Vibrating Screen* (VS-01)

Kode : VS-01

Fungsi : Untuk mengayak natrium nitrat hasil keluaran pin mills sebelum masuk Silo produk

Jenis : *Horizontal Vibrating Screen*

Material : *Carbon steel SA 285 Grade C*

Jumlah Unit, buah : 1

Harga, $: 38.100

Kondisi Operasi

a. Suhu, °C : 30
b. Tekanan, atm : 1

Spesifikasi

a. Jumlah Layer, buah : 2
b. Ukuran Partikel, mm : 0,35
c. Lebar ayakan, m : 2,7432
d. Panjang ayakan, m : 5,4864

e. Luas Area ayakan, ft^2 : 157,50

f. Power, hp : 3000

g. Daya Motor, hp : 40

j. Filter Udara (FU-01)

Kode : FU-01

Fungsi : Menyaring udara sebelum dialirkan oleh blower

Jenis : *Bag Filter*

Jumlah Unit : 1

Harga, $: 41.800

Kondisi Operasi

c. Suhu, °C : 30

d. Tekanan, atm : 1

Spesifikasi

h. Diameter *bag*, in : 8

i. Panjang *bag*, ft : 8

j. Jumlah *bag*, buah : 61

3.3.3 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

a. Tangki Penyimpanan

Tabel 3. 1 Spesifikasi tangki penyimpanan bahan

Tangki	T-01
Fungsi Peruntukan Alat	Menyimpan Kebutuhan asam nitrat
Lama Penyimpanan	7 hari
Fasa	Cair
Jumlah Tangki	1 buah

Tangki	T-01
Jenis Tangki	Tangki silinder tegak dengan dasar datar (*flat bottom*) dan bagian atas berbentuk kerucut (*conical*)
Kondisi Operasi	Suhu : 30°C
	Tekanan : 1 atm
Spesifikasi	Bahan Konstruksi : *Stainless Steel SA-167 Tipe 316*
	Volume Tangki (m^3): 600,1699
	Diameter (m) : 9,144
	Tinggi (m) : 9,144
	Jumlah *Course* : 5
	Tebal Shell : 0,875
Head & Bottom	Torisheperical
	Tebal *head* (in) : 0,875
	Flat bottom
	Tebal *Bottom* (in) : 0,375
Harga, $	107.100

b. Silo Penyimpanan

Tabel 3. 2 Spesifikasi silo penyimpanan bahan dan produk

Silo	S-01	S-02
Fungsi Peruntukan Alat	Menyimpan Kebutuhan natrium hidroksida	Menyimpan Kebutuhan natrium nitrat
Lama Penyimpanan	7 hari	7 hari
Fasa	Padat	Padat
Jumlah Tangki	1	1
Jenis Tangki	Tangki silinder tegak	Tangki silinder tegak
Kondisi Operasi	Suhu : 30°C	Suhu : 30°C

Silo	S-01	S-02
	Tekanan : 1 atm	Tekanan : 1 atm
Spesifikasi	Bahan Konstruksi : *stainless steel type 316*	Bahan Konstruksi : *stainless steel type 316*
	Volume silo (m^3):	Volume silo (m3): 66,67
	Diameter (m) : 11,65	Diameter (m) : 4,93
	Tinggi (m) : 23,29	Tinggi (m) : 11,35
	Tebal *Shell* : 0,25	Tebal *Shell* : 0,1875
Head & Bottom	*Flat head*	*Flat head*
	Tebal *head* (in) : 0,25	Tebal *head* (in) : 0,1875
	Conical Bottom	*Conical Bottom*
	Tebal *Bottom* (in) : 0,5	Tebal *Bottom* (in): 0,2
Harga, $	176.400	24.200

3.3.4 Spesifikasi Alat Transportasi

a. Pompa

Tabel 3. 3 Spesifikasi pompa

Pompa	**P-01**	**P-02**	**P-03**
Fungsi	Mengalirkan HNO_3 dari tangki (T-01) menuju ke mixer (M-01)	Mengalirkan hasil mixer (M-01) menuju reaktor (R-01)	Mengalirkan hasil mixer(M-02) menuju reaktor(R-01)
Jenis Pompa	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*
Bahan Konstruksi	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*
Diameter	2,88 in	2,88 in	2,88 in
Viskositas	1,51 Cp	1,50 Cp	
Kapasitas	41,24 gpm	45,97 gpm	34,05 gpm
Suhu Fluida	30°C	60°C	60°C
Motor Power	3	3	3

Pompa	**P-01**	**P-02**	**P-03**
Harga, $	7.400	7.400	7.400

Tabel 3.3 spesifikasi pompa (lanjutan)

Pompa	**P-04**	**P-05**
Fungsi	Mengalirkan hasil dari reaktor (R-01) menuju ke evaporator (E-01)	Mengalirkan hasil dari evaporator (E-01) menuju crystalizer (KR-01)
Jenis Pompa	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*
Bahan Konstruksi	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*
Diameter	2,88 in	2,88 in
Viskositas	12,97 Cp	10,60 Cp
Kapasitas	21,52 gpm	13,31 gpm
Suhu Fluida	60°C	100°C
Motor Power	5 Hp	2 Hp
Harga, $	7.400	7.400

Tabel 3.3 Spesifikasi pompa (lanjutan)

Pompa	**P-06**	**P-07**
Fungsi	Mengalirkan hasil dari kristalizer (KR-01) menuju ke evaporator (E-01)	Mengalirkan mother liquor dari centrifuge (CF-01) menuju mixer (M-02)
Jenis Pompa	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*
Bahan Konstruksi	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*
Diameter	in	2,88 in
Viskositas	Cp	27,17 Cp
Kapasitas	gpm	8,63 gpm
Suhu Fluida	30°C	30°C
Motor Power	Hp	1,5 Hp

Pompa	**P-06**	**P-07**
Harga, $	4.500	4.500

b. Screw Conveyor

Tabel 3. 4 Spesifikasi *screw conveyor*

Screw Conveyor	**SC-01**	**SC-02**	**SC-03**
Fungsi	mengangkut keluaran Silo(S-01) menuju *bucket elevator*	mengangkut keluaran centrifuge menuju rotary dryer	mendinginkan $NaNO_3$ serta mengangkut $NaNO_3$ dari *rotary dryer* (RD-01) ke pin mill
Jenis	*Horizontal Screw Conveyor*	*Horizontal Screw Conveyor*	*Cooling Conveyor*
Bahan diangkut	NaOH flakes	$NaNO_3$, NaOH, H_2O	$NaNO_3$, NaOH, H_2O
Panjang	15 ft	15 ft	45 ft
Kecepatan	40 rpm	40 rpm	40 rpm
Motor Power	0,43 Hp	0,43 Hp	1,27
Harga, $	3.800	3.800	7.200

Tabel 3.4 Spesifikasi screw conveyor (lanjutan)

Screw Conveyor	**SC-04**	**SC-05**
Fungsi	mengangkut upsize $NaNO_3$ menuju pin mill (PM-01)	mengangkut keluaran pin mill menuju silo(S-02)
Jenis	*Horizontal Screw Conveyor*	*Horizontal Screw Conveyor*
Bahan diangkut	$NaNO_3$, NaOH, H_2O	$NaNO_3$, NaOH, H_2O
Panjang	15 ft	15 ft
Kecepatan	40 rpm	40 rpm
Motor Power	0,43 Hp	0,43 Hp

Screw Conveyor	**SC-04**	**SC-05**
Harga, $	3.800	3.800

c. Bucket Elevator

Tabel 3. 5 Spesifikasi bucket elevator

Bucket Elevator	**BE-01**	**BE-02**
Fungsi	mengangkut NaOH keluaran Silo (S-01) menuju mixer (M-02)	mengangkut keluaran Rotary Dryer (RD-01) menuju ke Pinmill (PM-01)
Jenis	*Centrifugal Discharge Elevator*	*Centrifugal Discharge Elevator*
Kapasitas	3807,16 kg/jam	3640,31 kg/jam
Lebar *Belt*	7 in	7 in
Kecepatan putaran	43 rpm	43 rpm
Motor Power	0,43 Hp	0,43 Hp
Harga, $	10.800	10.800

Tabel 3.5 Spesifikasi bucket elevator (lanjutan)

Bucket Elevator	**BE-03**	**BE-04**
Fungsi	mengangkut keluaran Rotary Dryer (RD-01) menuju ke Pinmill (PM-01)	mengangkut keluaran pin mill menuju silo(S-02)
Jenis	*Centrifugal Discharge Elevator*	*Centrifugal Discharge Elevator*
Kapasitas	557,04 kg/jam	3156,57 kg/jam
Lebar Belt	7 in	7 in
Kecepatan putaran	43 rpm	43 rpm
Motor Power	0,43 Hp	0,5 Hp
Harga, $	10.800	10.800

d. Blower

Tabel 3. 6 Spesifikasi blower

Blower	BL-01
Fungsi Peruntukan Alat	mengalirkan udara dari lingkungan menuju *Heat Exhanger*-02 untuk dialirkan ke *rotary dryer* (RD-01)
Bahan yang dikompresi	udara
Discharge Pressure	1 atm
Suction Temperature	30°C
Jenis Compressor	*Blower Centrifugal*
Laju Alir	554630,12 ft^3/jam
Compression ratio	0,8
Motor Power	1 Hp
Material Construction	*Carbon Steel SA-283 Grade C*
Harga, $	107.100

3.3.5 Spesifikasi Alat Penukar Panas

1. *Heat Exchanger*
Double Pipe

Tabel 3. 7 spesifikasi *heat exchanger*

Kondisi Operasi				
Heat Exchanger	HE-01			
Fungsi	Memanaskan keluaran Mixer (M-01) sebelum masuk Reaktor (R-01)			
Posisi	*Inner Pipe*		*annulus*	
Fluida	Udara		Udara	
Tipe Fluida	Dingin		Panas	
	in	out	in	out

Laju alir *liquid*			11090,56 kg/jam	11090,56 kg/jam
Laju alir uap	427,51 kg/jam	427,51 kg/jam		
Suhu	200°C	200°C	34°C	60°C
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm

Tabel 3.7 Spesifikasi *heat exchanger* (lanjutan)

Spesifikasi Alat			
Annulus		Tube	
Length	128 ft	Length	128 ft
Hairpin	4 buah	Hairpin	4 buah
ID	2,067 in	ID	1,38 in
		OD	1,66 in
		A	21,07 ft^2
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	3,082	$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	3,082
Rd_{cal}/Rd_{min}	0,003	Rd_{cal}/Rd_{min}	0,003

2. *Heat Exchanger*
Shell and Tube

Tabel 3.7 Spesifikasi *heat exchanger* (lanjutan)

Kondisi Operasi		
Heat Exchanger	HE-02	
Fungsi	Untuk memanaskan udara sebelum masuk RD-01 dari 30°C menjadi 150°C	
Posisi	*Shell*	*Tube*
Fluida	Udara	Udara
Tipe Fluida	Panas	Dingin

	in	out	in	out
Laju alir *liquid*			16504,14 kg/jam	16504,14 kg/jam
Laju alir uap	1364,60 kg/jam	1364,60 kg/jam		
Suhu	200°C	200°C	30°C	150°C
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm

Tabel 3.7 Spesifikasi *heat exchanger* (lanjutan)

Spesifikasi Alat			
Annulus		Tube	
Length	16 ft	Length	16 ft
ID	15,25	ID	0,584 in
		OD	0,75 in
		A	337,60 ft2
		BWG	14
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,0043	$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	0,193
Rd_{cal}/Rd_{min}	0,00308	Rd_{cal}/Rd_{min}	0,00308

3. *Cooler*

Tabel 3.7 Spesifikasi *heat exchanger* (lanjutan)

Kondisi Operasi				
Heat Exchanger	HE-01			
Fungsi	Untuk mengubah fase sebagian hasil keluaran dari Evaporator			
Posisi	Shell		Tube	
Fluida	Gas		Air	
Tipe Fluida	Panas		Dingin	
	in	out	in	out

Kondisi Operasi				
Laju alir *liquid*			195220,03 kg/jam	195220,03 kg/jam
Laju alir uap	8514,94 kg/jam	8514,94 kg/jam		
Suhu	100°C	100°C	25°C	45°C
Tekanan	1 atm	1 atm	1 atm	1 atm

Tabel 3.7 Spesifikasi heat exchanger (lanjutan)

Spesifikasi Alat			
Annulus		Tube	
Length	16 ft	Length	16 ft
ID	13,25	ID	0,532
		OD	0,75
		A	424 ft2
		BWG	12
$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	3,034	$\Delta P_{cal}/\Delta P_{allow}$	3,014
Rd_{cal}/Rd_{min}	0,053	Rd_{cal}/Rd_{min}	0,053

3.4. Neraca Massa

Tabel 3. 8 Neraca Massa di mixer (M-01)

Komponen	Masuk (Kg/jam)		Keluar (Kg/jam)
	Arus 1	Arus 2	Arus 3
$HNO_{3(l)}$	2010,82	0	2010,82
$H_2O_{(l)}$	1456,11	327,07	1783,18
Total	3794,00		3794,00

Tabel 3. 9 Neraca Massa di mixer (M-02)

Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)

	Arus 4	Arus 5	Arus 11	Arus 6
$NaOH_{(s)}$	1098,49	0	177,86	1276,35
$H_2O_{(l)}$	22,42	990,92	3989,67	5003,01
$NaNO_{3(aq)}$	0	0	3830,09	3830,09
Total		10109,45		10109,45

Tabel 3. 10 Neraca Massa di Reaktor (R-01)

Komponen	Masuk (Kg/jam)		Keluar (Kg/jam)
	Arus 3	Arus 6	Arus 7
$NaOH_{(aq)}$	0	1276,35	63,82
$HNO_{3(l)}$	2010,82	0	100,54
$H_2O_{(l)}$	1783,18	5003,01	7332,33
$NaNO_{3(aq)}$	0	3830,09	6406,76
Total	13903,45		13903,45

Tabel 3. 11 Neraca Massa di Evaporator(E-01)

Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (g/jam)	
	Arus 7	Arus 8	Arus 9
$NaOH_{(aq)}$	63,82	0	63,82
$HNO_{3(l)}$	100,54	100,54	0,00
$H_2O_{(l)}$	7332,33	3773,01	3559,31
$NaNO_{3(aq)}$	6406,76	0	6406,76
Total	13903,45		13903,45

Tabel 3. 12 Neraca Massa di Kristalizer (KR-01)

Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)
	Arus 9	Arus 10
$NaOH_{(aq)}$	63,82	63,82
$H_2O_{(l)}$	3559,31	3559,31

$NaNO_{3(aq)}$	6406,76	3416,94
$NaNO_{3(s)}$	0	2989,82
Total	10029,89	10029,89

Tabel 3. 13 Neraca Massa di Centrifuge

Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (g/jam)	
	Arus 10	Arus 12	Arus 11
$NaOH_{(aq)}$	63,82	3,01	60,81
$H_2O_{(l)}$	3559,31	167,95	3391,36
$NaNO_{3(aq)}$	3416,94	161,24	3255,70
$NaNO_{3(s)}$	2989,82	2989,82	0
Total	10029,89		10029,89

Tabel 3. 14 Neraca Massa di *Rotary Dryer* (Rd-01)

Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)	
	Arus 12	Arus 13	Arus 14
$NaOH_{(aq)}$	3,01	0	3,01
$H_2O_{(l)}$	167,95	164,86	3,09
$NaNO_{3(aq)}$	161,24	0	5,18
$NaNO_{3(s)}$	2989,82	59,80	3086,08
Total	3322,02		3322,02

Tabel 3. 15 Neraca Massa di Cyclone (CY-01_

Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)	
	Arus 1	Arus	Arus
$H_2O_{(l)}$	164,86	164,86	0,00

Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)	
	Arus 1	Arus	Arus
$NaNO_{3(s)}$	59,80	0,60	59,20
Total	224,66		224,66

Tabel 3. 16 Neraca Massa di Pin Mill (PM-01)

Komponen	Masuk (Kg/jam)		Keluar (Kg/jam)
	Arus 1	Arus	Arus
$NaOH_{(aq)}$	3,01	1,30	4,31
$H_2O_{(l)}$	3,09	0,55	3,64
$NaNO_{3(aq)}$	5,18	0,46	5,64
$NaNO_{3(s)}$	3145,28	554,73	3700,02
Total	3713,61		3713,61

Tabel 3. 17 Neraca Massa di Vibrating Screening (VS-01)

Komponen	Masuk (Kg/jam)	Keluar (Kg/jam)	
	Arus 1	Arus	Arus
$NaOH_{(aq)}$	4,31	0,65	3,67
$H_2O_{(l)}$	3,64	0,55	3,09
$NaNO_{3(aq)}$	5,64	0,85	4,79
$NaNO_{3(s)}$	3700,02	555,00	3145,01
Total	3713,61	3713,61	

3.5. Neraca Panas

Tabel 3. 18 Neraca Panas Mixer (M-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q_{in}	140870,660	
Q_{out}		160904,650
$Q_{pendingin}$	20033,990	
Total	160904,650	160904,650

Tabel 3. 19 Neraca Panas Mixer (M-02)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q_{in}	161.315,86	
Q_{out}		1.130.530,70
$\Delta H_{dilution}$	-2.887.661,87	
$Q_{terserap}$		-3.856.876,72
Total	-2726346,01	-2726346,01

Tabel 3. 20 Neraca Panas Reaktor (R-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q_{in}	2.230.333,75	
Q_{out}		2.143.220,64
Q_{Reaksi}	-154.030,00	
$Q_{terserap}$		-66.916,89
Total	2076303,75	2076303,75

Tabel 3. 21 Neraca Panas Evaporator (E-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q_{in}	2352456,168	
$Q_{out\ (bawah)}$		20771943,914
$Q_{out\ (atas)}$		2067685,105
Q_{steam}	20487172,851	
Total	22839629,019	22839629,019

Tabel 3. 22 Neraca Panas Evaporator (E-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q_{in}	2213351,917	
$Q_{out\ (solid)}$		-6877,914
$Q_{out\ (liquid)}$		5609,943
$Q_{pendingin}$		2214619,887

Total	2213351,917	2213351,917

Tabel 3. 23 Neraca Panas *Rotary Dryer* (RD-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q_{in}	29039,03	
Q_{out}		347705,96
$Q_{out\ (supply)}$	743169,38	
$Q_{penguapan}$		424502,44
Total	772208,41	772208,41

Tabel 3. 24 Neraca Panas *Heat exchanger* (HE-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q_{in}	298960,857	
Q_{out}		1127707,011
$Q_{pemanas}$	828746,154	
Total	1127707,011	1127707,011

Tabel 3. 25 Neraca Panas *Heat exchanger* (HE-02)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q_{in}	105576,410	
Q_{out}		2750871,971
$Q_{pemanas}$	2645295,561	
Total	2750871,971	2750871,971

Tabel 3. 26 Neraca Panas Condensor (CD-01)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q_{in}	19205651,790	
Q_{out}		2893054,872
$Q_{pendingin}$		16312596,918
Total	2750871,971	2750871,971

Tabel 3. 27 Neraca Panas Screw Conveyor (SC-03)

Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q_{in}	461.637,07	
Q_{out}		20.890,55
$Q_{terserap}$		440.746,52
Total	461637,07	461637,07

BAB IV

PERANCANGAN PABRIK

4.1 Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik sangat menentukan tingkat profitabilitas dan keberlanjutan operasi dari pabrik yang akan didirikan. Terdapat berbagai aspek krusial yang wajib dievaluasi untuk menentukan lokasi yang ideal. Merujuk pada AIChemE (2003), faktor-faktor esensial yang harus diperhatikan mencakup kedekatan dengan target pasar, ketersediaan pasokan bahan baku, aksesibilitas sarana transportasi, serta sumber daya manusia. Selain itu, perlu dipertimbangkan pula dukungan utilitas (seperti air, bahan bakar, dan energi listrik), ketersediaan lahan yang memadai, pengelolaan limbah dan dampak lingkungan, penerimaan masyarakat sekitar hingga kondisi iklim.



Gambar 4. 1 Denah lokasi pabrik

Lokasi pendirian pabrik yang dipilih yaitu di Cikampek. Penentuan lokasi pabrik mengacu pada faktor utama dan faktor khusus yang mendukung. Bedasarkan pertimbangan tersbut lokasi pendirian pabrik natrium nitrat ($NaNO_3$) dipilih di

Kalihurip, Kec. Cikampek, Karawang, Jawa Barat, Indonesia dengan mempertimbangan faktor sebagai berikut:

1. Bahan Baku

   Penentuan lokasi pabrik natrium nitrat sangat dipengaruhi oleh ketersediaan bahan baku utama yaitu natrium hidroksida(NaOH) dan asam nitrat(HNO_3), kualitas bahan baku yang optimal akan mempengaruhi efisiensi proses konversi, sementara kedekatan lokasi pabrik dengan sumber bahan baku secara signifikan dapat mengurangi biaya transportasi. Lokasi pabrik yang berada di cikampek dekat dengan bahan baku asam nitrat (HNO_3) yang diproduksi oleh PT Multi Nitrotama Kimia yang berada satu kawasan industri dengan lokasi pabrik. Sedangkan natrium hidroksida (NaOH) didapatkan dari PT Asahimas Chemical di Cilegon, Banten yang mana proses distribusinya ditunjang oleh fasilitas jalan tol antar-kota yang memadai, sehingga pasokan bahan baku tetap terjaga kontinuitasnya.

2. Pemasaran

   Pemilihan lokasi pabrik di kawasan industri Cikampek, Kabupaten Karawang didasarkan pada pertimbangan pemasaran, yaitu kedekatan dengan industri pengguna $NaNO_3$. Kawasan ini memiliki beberapa industri potensial seperti PT Pupuk Kujang sebagai industri pupuk berbasis nitrogen serta PT Asahimas Flat Glass Tbk sebagai industri kaca yang membutuhkan bahan berbasis nitrat dalam proses produksinya. Kedekatan lokasi pabrik dengan konsumen utama dapat mengurangi jarak distribusi, menekan biaya transportasi, serta meningkatkan efektivitas pemasaran produk.

3. Tenaga Listik dan Bahan Bakar
4. Ketersediaan Utilitas

   Pemenuhan kebutuhan air merupakan hal yang penting. Kawasan industri di cikampek telah menyediakan air dari sungai sekitar kawasan yang telah dilakukan pengolahan seperti *Demin Water* dan unit penjernih air untuk dapat siap digunakan. Selain itu area pabrik dekat dengan sungai di kawasan tersebut.

5. Keadaan Iklim

   Lokasi yang dipilih merupakan lokasi yang cukup stabil karena memiliki iklim rata-rata yang cukup baik. Seperti daerah lain di Indonesia yang beriklim tropis. Bencana alam seperti gempa bumi, tanah longsor ataupun banjir sangat jarang terjadi di Karawang sehingga operasi pabrik dapat berjalan lancar. Selain itu juga, di Karawang sudah terdapat banyak pabrik yang berdiri, sehingga perizinan pendirian suatu pabrik akan lebih mudah.

6. Faktor Penunjang Lain

   Faktor penunjang tidak secara langsung berperan dalam proses tetapi proses penunjang ini sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik itu sendiri. Faktor-faktor penunjang yang meliputi :

   a. Perizinan

      Lokasi pabrik dipilih pada kawasan industri untuk mempermudah proses perizinan pendirian pabrik serta mendukung pengelolaan tata letak yang lebih efektif. Perancangan tata letak pabrik menjadi aspek penting karena berpengaruh terhadap kelancaran proses produksi dan efisiensi operasional. Dalam penyusunannya perlu diperhatikan beberapa faktor, seperti

terpenuhinya aspek keselamatan kerja, kemudahan dalam pengoperasian, pengawasan, pengangkutan, pemindahan, serta perawatan peralatan proses.

b. Prasarana dan Fasilitas Sosial

Pemilihan lokasi di Karawang telah mempertimbangkan bahwa daerah tersebut telah memiliki sarana dan prasarana yang meliputi jalan, bank, jaringan telekomunikasi, sarana pendidikan dan hiburan sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan taraf hidup.

c. Perluasan Pabrik

Faktor ini berkaitan dengan rencana pengembangan pabrik lebih lanjut. Karawang merupakan kawasan industri, sehingga lahan di daerah tersebut telah disiapkan untuk pendirian dan pengembangan suatu pabrik.

4.2 Tata Letak Pabrik

Tata letak pabrik merupakan suatu pengaturan fasilitas produksi yang mencakup perencanaan kebutuhan ruang serta penempatan peralatan dan fasilitas pendukung secara efektif dan efisien. Penyusunan tata letak yang baik bertujuan untuk menciptakan aliran proses produksi yang optimal, mengurangi hambatan operasional, serta meningkatkan efisiensi kerja dalam pabrik. Oleh karena itu, perencanaan tata letak menjadi salah satu aspek penting dalam pembangunan pabrik karena dapat memberikan pengaruh terhadap kelancaran proses produksi dan keberlangsungan operasional pabrik. Beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam perencanaan tata letak pabrik antara lain:

1. Efisiensi Tata Letak Pabrik

Efisiensi tata letak pabrik bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan ruang dan sumber daya serta mengurangi waktu dan biaya operasional. Penempatan unit proses harus disusun secara teratur agar aliran bahan baku, produk antara, dan produk akhir berjalan secara efektif tanpa adanya perpindahan yang tidak diperlukan. Selain itu, tata letak yang baik perlu mempertimbangkan kedekatan antara area penyimpanan bahan baku, proses produksi, dan penyimpanan produk akhir untuk meminimalkan waktu transportasi serta mempermudah penanganan material.

2. Lalu Lintas Transportasi Baik dan Efisien

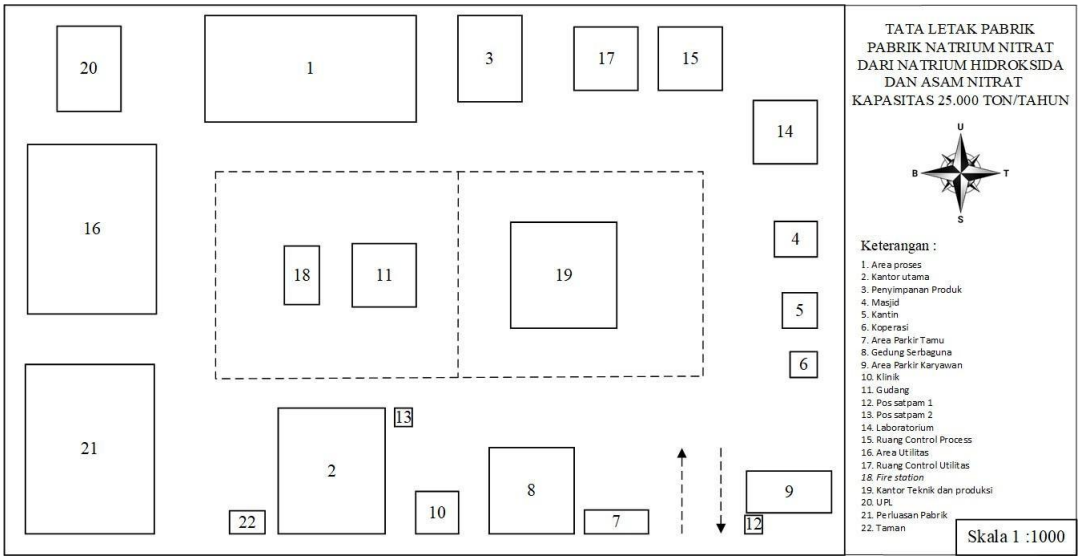
   Perancangan jalur transportasi dalam pabrik harus memperhatikan kelancaran perpindahan bahan, produk, dan peralatan agar proses produksi berjalan efektif. Penentuan jalur perlu disesuaikan dengan kapasitas perpindahan, frekuensi penggunaan, serta jenis alat transportasi yang digunakan seperti conveyor, forklift, maupun kendaraan angkut lainnya. Tata letak jalur yang baik dapat mengurangi hambatan operasional, meminimalkan risiko kerusakan produk, serta meningkatkan keselamatan kerja.

3. Keamanan Tata Letak Pabrik.

   Aspek keamanan merupakan salah satu pertimbangan utama dalam perancangan tata letak pabrik. Tata letak harus disusun untuk mengurangi potensi kecelakaan kerja, bahaya kebakaran, maupun risiko paparan bahan kimia berbahaya. Hal ini dilakukan dengan menyediakan jalur evakuasi yang mudah dijangkau, mengatur jarak aman antar unit proses, serta melengkapi fasilitas keselamatan seperti sistem pemadam kebakaran dan deteksi gas.

Penerapan sistem keamanan yang baik dapat menjaga kelancaran operasional pabrik serta memastikan kesesuaian dengan standar keselamatan yang berlaku.

Dengan demikian, perencanaan tata letak pabrik yang memperhatikan aspek efisiensi, kelancaran transportasi, dan keamanan memiliki peran penting dalam



Gambar 4. 2 Tata letak pabrik

menunjang operasional pabrik yang optimal. Tata letak yang disusun dengan baik dapat meningkatkan produktivitas, mengurangi biaya operasional, serta menjaga keselamatan kerja dan keberlangsungan pabrik dalam jangka panjang. Oleh karena itu, perancangan tata letak perlu dilakukan secara tepat dengan mempertimbangkan karakteristik proses produksi dan kebutuhan fasilitas yang digunakan.

Berikut merupakan rincian luas tanah dan bangunan pabrik Natrium Nitrat:

Tabel 4. 1 Rincian luas tanah dan bangunan

No	Area	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas Bangunan(m^2)	Luas Tanah(m^2)
1	Area proses	25	50	1250	1250
2	Kantor utama	30	25	750	750
3	Penyimpanan Produk	20	15	300	300

No	Area	Panjang (m)	Lebar (m)	Luas Bangunan(m^2)	Luas Tanah(m^2)
4	Masjid	8	10	80	80
5	Kantin	8	8	64	64
6	Koperasi	6	6	36	36
7	Area Parkir Tamu	5	15	75	75
8	Gedung Serbaguna	20	20	400	400
9	Area Parkir Karyawan	10	20	200	200
10	Klinik	10	10	100	100
11	Gudang	15	15	225	225
12	Pos satpam 1	4	4	16	16
13	Pos satpam 2	4	4	16	16
14	Laboratorium	15	15	225	225
15	Power Plant	30	30	900	900
16	Ruang Control Process	15	15	225	225
17	Area Utilitas	40	30	1200	1200
18	Ruang Control Utilitas	15	15	225	225
19	*Fire station*	14	8	112	112
20	Kantor Teknik dan produksi	25	25	625	625
21	UPL	20	15	300	300
22	Perluasan Pabrik	40	30	-	1200
23	Taman	5	8	40	40

4.3 Tata Letak Alat Proses (*Process Plant & Equipment*)

Tata letak alat proses dalam suatu pabrik industri merupakan aspek penting yang memengaruhi efisiensi operasi, kelancaran proses produksi, dan keselamatan kerja. Pengaturan ini mencakup penempatan peralatan utama maupun fasilitas pendukung yang disusun secara sistematis agar proses produksi dapat berjalan

secara optimal. Perancangan tata letak alat proses bertujuan untuk menciptakan aliran proses yang efektif, mempermudah pengoperasian dan perawatan peralatan, mengurangi risiko operasional, serta meningkatkan produktivitas pabrik.

Dalam perancangan tata letak alat proses, beberapa faktor yang perlu diperhatikan meliputi:

1. Aliran Bahan Baku hingga Produk

Tata letak peralatan harus disusun mengikuti urutan proses produksi agar perpindahan bahan baku, produk antara, hingga produk akhir dapat berlangsung secara efisien. Pengaturan yang baik dapat mengurangi jarak perpindahan material, mencegah hambatan proses, serta meningkatkan efektivitas produksi.

2. Sirkulasi Udara

Pengaturan aliran udara di sekitar area proses diperlukan untuk menjaga kondisi operasi, mengurangi panas berlebih, serta mencegah penumpukan uap atau gas berbahaya. Sirkulasi udara yang baik juga mendukung kenyamanan dan keselamatan pekerja di area produksi.

3. Penerangan

Sistem pencahayaan yang memadai, baik alami maupun buatan, perlu diperhatikan agar area proses memiliki tingkat visibilitas yang baik. Penerangan yang tepat dapat meningkatkan keselamatan operator, memudahkan inspeksi, serta mendukung kegiatan pengoperasian dan pemeliharaan peralatan.

4. Lalu Lintas dan Transportasi

Penempatan peralatan harus mempertimbangkan ruang untuk jalur transportasi material, pergerakan operator, serta penggunaan alat bantu seperti

forklift atau peralatan pemindah lainnya. Tata letak yang baik dapat memperlancar aktivitas produksi dan mengurangi risiko gangguan operasional.

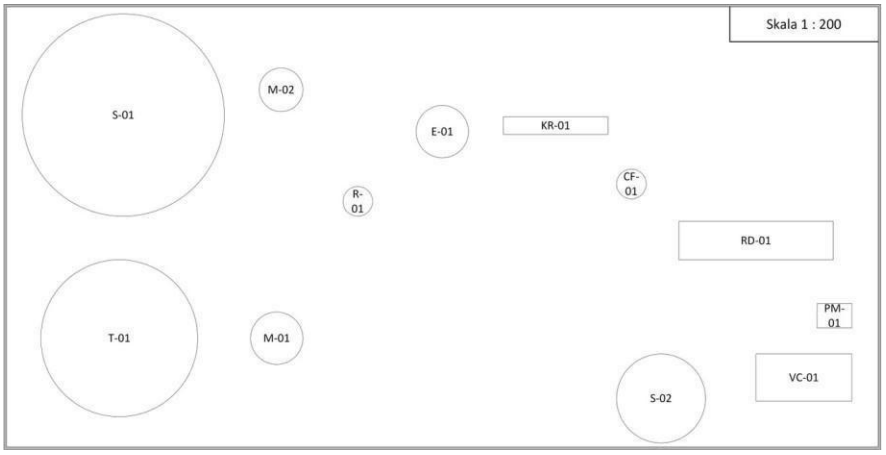
5. Jarak Antar Peralatan Proses

Jarak antar peralatan perlu dirancang dengan cukup untuk memberikan ruang kerja bagi operator, memudahkan pemasangan dan inspeksi alat, serta mendukung kegiatan perawatan. Pengaturan jarak yang tepat juga berperan dalam meningkatkan aspek keselamatan, terutama dalam mengurangi dampak apabila terjadi gangguan seperti kebakaran atau kebocoran.

6. Perawatan (*Maintenance*)

Akses terhadap peralatan harus diperhatikan agar kegiatan inspeksi, pembersihan, perbaikan, maupun penggantian komponen dapat dilakukan dengan mudah. Tata letak yang mendukung kegiatan maintenance dapat mengurangi waktu henti operasi (*downtime*) dan menjaga keandalan pabrik.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, tata letak alat proses dapat dirancang untuk menghasilkan sistem produksi yang aman, efisien, dan berkelanjutan. Perencanaan tata letak alat proses (*process plant & equipment*) pabrik sodium nitrat ($NaNO_3$) dengan kapasitas produksi yang direncanakan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. 3 Tata letak alat proses

4.4 Organisasi Perusahaan

Dalam penyusunan struktur organisasi pabrik natrium nitrat ($NaNO_3$), perancangan struktur organisasi mengacu pada sistem organisasi yang umum diterapkan pada industri petrokimia berskala besar. Struktur tersebut dipilih karena memiliki kesesuaian dengan karakteristik pabrik yang memiliki proses produksi kompleks, kebutuhan koordinasi antar bagian yang tinggi, serta memerlukan pengelolaan operasional yang efektif.

Dengan menerapkan struktur organisasi yang terencana, diharapkan pabrik dapat memiliki pembagian tugas dan tanggung jawab yang jelas, meningkatkan efisiensi manajemen, serta mendukung kelancaran operasional pabrik secara optimal.

4.4.1 Bentuk Organisasi Perusahaan

Organisasi merupakan suatu sistem yang terdiri atas individu maupun kelompok yang saling berinteraksi dan bekerja sama untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Dalam suatu organisasi, terdapat struktur yang mengatur hubungan antaranggota, pembagian wewenang, serta tanggung jawab setiap bagian

agar aktivitas dapat berjalan secara terarah. Menurut Stephen P. Robbins, organisasi merupakan suatu kesatuan sosial yang dikoordinasikan secara sadar, memiliki batasan yang dapat diidentifikasi, serta beroperasi secara berkelanjutan untuk mencapai tujuan bersama.

Komponen utama yang membentuk suatu organisasi meliputi:

a. Struktur Organisasi

   Merupakan susunan yang menggambarkan hubungan kerja, tingkat kewenangan, serta sistem koordinasi antarbagian dalam organisasi.

b. Tujuan Bersama

   Menjadi dasar dan arah utama dalam pelaksanaan seluruh kegiatan organisasi agar setiap aktivitas yang dilakukan mendukung pencapaian target perusahaan.

c. Sumber Daya

   Meliputi sumber daya manusia, modal, teknologi, serta informasi yang diperlukan untuk menunjang keberlangsungan kegiatan operasional organisasi.

d. Pembagian Tugas

   Setiap individu atau departemen diberikan tanggung jawab tertentu sesuai dengan kompetensi dan bidang keahliannya sehingga pekerjaan dapat dilakukan secara efektif.

Pada perancangan pabrik Natrium Nitrat ($NaNO_3$) dengan kapasitas produksi 25.000 ton/tahun, struktur organisasi perusahaan disusun untuk mendukung kelancaran proses operasional dan manajemen perusahaan. Struktur organisasi yang digunakan adalah struktur fungsional-hierarkis, yaitu sistem organisasi yang

membagi tugas berdasarkan fungsi atau bidang tertentu dengan pembagian tanggung jawab yang jelas pada setiap departemen. Penerapan struktur ini bertujuan untuk meningkatkan efektivitas koordinasi serta efisiensi dalam menjalankan kegiatan perusahaan.

Struktur organisasi perusahaan dipimpin oleh seorang *President Director* yang memiliki tanggung jawab utama dalam menentukan strategi, kebijakan, serta arah pengembangan perusahaan secara keseluruhan. Dalam pelaksanaan tugasnya, *President Director* dibantu oleh beberapa *Vice President Director* yang bertanggung jawab mengawasi bidang-bidang utama perusahaan seperti operasional, keuangan, sumber daya manusia, komersial, dan aspek hukum. Pembagian kewenangan tersebut memungkinkan pengelolaan perusahaan dilakukan secara lebih sistematis dan terorganisir.

Departemen utama dalam struktur organisasi perusahaan terdiri atas:

a. Departemen Operasi dan Produksi

   Bertanggung jawab terhadap kegiatan produksi Natrium Nitrat, pengoperasian fasilitas pabrik, pemeliharaan peralatan, serta pengelolaan kegiatan laboratorium untuk menjaga kualitas produk.

b. Departemen Keuangan dan Akuntansi

   Bertugas mengelola sistem keuangan perusahaan, penyusunan laporan keuangan, perpajakan, serta analisis terhadap aspek ekonomi dan risiko perusahaan.

c. Departemen Sumber Daya Manusia dan Hubungan Korporat

Bertanggung jawab dalam proses perekrutan tenaga kerja, pengembangan kemampuan karyawan, pengelolaan kesejahteraan pekerja, serta hubungan komunikasi internal maupun eksternal perusahaan.

d. Departemen Komersial dan Pemasaran

Memiliki peran dalam pengelolaan pemasaran produk Natrium Nitrat, analisis kebutuhan pasar, strategi penjualan, pengadaan bahan baku, serta pengaturan sistem distribusi.

e. Departemen Hukum dan Keberlanjutan

Bertanggung jawab dalam memastikan kegiatan perusahaan sesuai dengan peraturan hukum yang berlaku serta mengelola aspek lingkungan dan keberlanjutan perusahaan.

Penerapan struktur organisasi tersebut bertujuan untuk menciptakan sistem komunikasi dan koordinasi yang efektif antarbagian perusahaan. Dengan adanya pembagian fungsi dan tanggung jawab yang jelas, setiap departemen dapat menjalankan perannya secara optimal sehingga kegiatan operasional pabrik dapat berlangsung secara efisien dan mendukung tercapainya tujuan perusahaan. Struktur organisasi yang baik juga membantu perusahaan dalam menghadapi perkembangan industri serta menjaga keberlangsungan operasional dalam jangka panjang.

4.4.2 Manajemen Perusahaan

Manajemen perusahaan merupakan suatu sistem pengelolaan yang terdiri atas beberapa tingkatan kepemimpinan dengan fungsi utama dalam mengatur kegiatan operasional, menyusun strategi perusahaan, serta memastikan tercapainya tujuan dan target bisnis yang telah ditetapkan. Dalam perusahaan ini, sistem manajemen

dibagi menjadi tiga tingkatan utama, yaitu tingkat eksekutif (*Executive Level*), tingkat manajerial (*Managerial Level*), dan tingkat operasional (*Operational Level*). Setiap tingkatan memiliki peran dan tanggung jawab yang berbeda, namun saling berhubungan dalam mendukung keberlangsungan proses produksi Natrium Nitrat serta pemanfaatan sumber daya perusahaan secara efektif.

Pembagian tingkatan manajemen dalam perusahaan adalah sebagai berikut:

a. Tingkat Eksekutif (*Executive Level*)

1) *President Director*

2) *Vice President Directors* (*Operations*, *Finance*, *Human Resources & Corporate Affairs*, *Commercial*, *Legal*, *Strategy & Business Development*, *ESG & Sustainability*)

b. Tingkat Manajerial (*Managerial Level*)

1) *General Manager* (GM) untuk berbagai divisi seperti Produksi, Keuangan, Pemasaran, Sumber Daya Manusia, dll

2) Department Manager yang membawahi unit-unit spesifik seperti Laboratorium, IT, Perawatan Mesin, dll.

c. Tingkat Operasional (*Operational Level*)

1) Supervisor dan teknisi di berbagai divisi produksi dan pemeliharaan.

2) Operator pabrik yang bertanggung jawab atas pengoperasian unit produksi

3) Staf administrasi, tenaga pendukung, serta petugas kebersihan dan keamanan.

4.4.3 Bentuk Hukum Perusahaan

Setiap perusahaan yang akan didirikan harus memiliki landasan hukum yang jelas sebagai dasar dalam menjalankan kegiatan operasionalnya. Kejelasan status

hukum perusahaan diperlukan untuk menjamin legalitas usaha serta memberikan perlindungan hukum bagi pemilik, tenaga kerja, maupun pihak-pihak yang memiliki hubungan dengan perusahaan. Pada perancangan perusahaan ini, bentuk badan usaha yang digunakan adalah Perseroan Terbatas (PT), yaitu suatu badan hukum yang memiliki kedudukan terpisah antara perusahaan dengan pemilik atau para pemegang sahamnya.

Pemilihan bentuk badan usaha berupa Perseroan Terbatas (PT) didasarkan pada beberapa kelebihan yang dimiliki, antara lain:

a. Perlindungan Hukum

Dalam bentuk PT, pemilik atau pemegang saham memiliki tanggung jawab yang terbatas terhadap kewajiban perusahaan. Artinya, pemegang saham tidak memiliki kewajiban untuk menanggung utang perusahaan menggunakan aset pribadi, kecuali apabila terdapat kondisi tertentu yang diatur dalam peraturan perundang-undangan. Apabila perusahaan mengalami permasalahan keuangan, risiko pemilik terbatas pada jumlah modal yang telah ditanamkan dalam perusahaan.

b. Kemudahan dalam Investasi dan Pendanaan

Struktur organisasi dalam PT memberikan kemudahan bagi perusahaan untuk menerima investasi dari pihak lain melalui mekanisme kepemilikan saham tanpa harus mengubah atau menghentikan kegiatan usaha yang sedang berjalan. Selain itu, status badan hukum yang jelas membuat PT memiliki akses yang lebih luas terhadap sumber pendanaan, baik melalui lembaga perbankan maupun institusi keuangan lainnya. PT juga memiliki kemampuan untuk memperoleh modal

tambahan melalui penerbitan saham maupun instrumen pendanaan lainnya seperti obligasi.

c. Kemampuan Operasional yang Fleksibel

Bentuk PT memberikan fleksibilitas yang lebih besar dalam menjalankan berbagai aktivitas bisnis, termasuk kegiatan perdagangan, ekspor, maupun impor bahan baku dan produk. Selain itu, PT dapat melakukan pengembangan usaha melalui pembukaan cabang atau perluasan kegiatan bisnis dengan prosedur yang lebih mudah dibandingkan dengan bentuk usaha lain seperti *Commanditaire Vennootschap* (CV) atau firma.

d. Keberlangsungan Perusahaan

PT memiliki sistem keberlanjutan usaha yang lebih baik karena keberadaan perusahaan tidak bergantung pada individu tertentu. Perubahan kepemilikan maupun pergantian manajemen tidak menyebabkan perusahaan berhenti beroperasi. Hal ini berbeda dengan usaha perseorangan yang keberlangsungannya sangat bergantung pada pemilik usaha. Dalam PT, pengalihan kepemilikan dapat dilakukan melalui mekanisme perpindahan saham sehingga perusahaan tetap dapat menjalankan kegiatan operasionalnya.

Sebagai badan usaha berbentuk Perseroan Terbatas (PT), perusahaan ini wajib menjalankan seluruh kegiatan operasionalnya sesuai dengan peraturan dan ketentuan hukum yang berlaku di Indonesia. berbagai regulasi yang berlaku di Indonesia, antara lain :

a. Undang-Undang Nomor 40 Tahun 2007 tentang Perseroan Terbatas mengatur pendirian, struktur, tanggung jawab pemegang saham, serta operasional PT.

Menentukan bahwa modal dasar PT harus minimal Rp 50 juta, dengan minimal 25% disetor saat pendirian.

b. Undang-Undang Ketenagakerjaan (UU No. 13 Tahun 2003) mengatur hak dan kewajiban perusahaan terhadap karyawan, termasuk upah minimum, jam kerja, dan keselamatan kerja.
c. Undang-Undang Lingkungan Hidup (UU No. 32 Tahun 2009) mengatur kewajiban perusahaan dalam menjaga kelestarian lingkungan dan pengelolaan limbah industri.

Dalam sistem Perseroan Terbatas (PT), kepemilikan perusahaan diwujudkan dalam bentuk saham yang dimiliki oleh para pemegang saham. Pembagian kepemilikan saham tersebut menentukan tingkat pengaruh dan hak masing-masing pihak dalam pengambilan keputusan perusahaan. Struktur kepemilikan saham dalam PT terdiri atas:

a. Pemegang Saham Mayoritas

Pemegang saham mayoritas merupakan pihak yang memiliki jumlah saham terbesar dalam perusahaan sehingga memiliki pengaruh utama dalam menentukan arah kebijakan, strategi, serta keputusan penting perusahaan.

b. Pemegang Saham Minoritas

Pemegang saham minoritas merupakan pihak yang memiliki jumlah saham lebih kecil dibandingkan pemegang saham mayoritas. Meskipun memiliki pengaruh yang lebih terbatas, pemegang saham minoritas tetap memiliki hak untuk memperoleh pembagian dividen sesuai dengan proporsi kepemilikan

saham serta berpartisipasi dalam kegiatan Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS).

Berdasarkan status kepemilikan sahamnya, Perseroan Terbatas dapat dibedakan menjadi dua bentuk, yaitu:

a. PT Tertutup

PT tertutup merupakan perusahaan yang kepemilikan sahamnya tidak diperjualbelikan secara umum melalui pasar modal. Kepemilikan saham biasanya hanya dimiliki oleh pihak tertentu atau kelompok pemilik yang telah ditetapkan.

b. PT Terbuka (Tbk)

PT terbuka merupakan perusahaan yang sahamnya dapat diperdagangkan kepada masyarakat melalui pasar modal. Perusahaan dalam bentuk ini memiliki kewajiban untuk menerapkan prinsip keterbukaan informasi dan memenuhi standar tata kelola perusahaan yang lebih ketat.

Pada perancangan pabrik Natrium Nitrat berbahan baku Natrium Nitrat ini, bentuk perusahaan yang sesuai adalah Perseroan Terbatas Terbuka (PT Tbk). Model ini dipilih karena memungkinkan perusahaan memperoleh sumber pendanaan yang lebih luas melalui investasi publik serta mendukung pengembangan usaha dalam industri petrokimia.

4.4.4 Uraian Tugas dan Wewenang

a. *President Director*

Tugas :

1) Memimpin operasional perusahaan serta menentukan strategi bisnis untuk mencapai tujuan perusahaan.
2) Menetapkan keputusan strategis terkait sumber daya, investasi, dan pengembangan bisnis.
3) Memastikan kegiatan perusahaan berjalan sesuai visi, misi, dan rencana jangka panjang.
4) Mengawasi penerapan kebijakan perusahaan agar sesuai regulasi dan standar industri.
5) Berkoordinasi dengan *Vice President Director* untuk menjaga efektivitas dan keberlanjutan operasional perusahaan.
6) Mengembangkan budaya kerja dan nilai perusahaan guna mendukung pencapaian tujuan organisasi.

Wewenang :

1) Menetapkan keputusan akhir dalam pengelolaan dan arah perusahaan.
2) Mengesahkan anggaran tahunan serta rencana investasi perusahaan.
3) Menentukan pengangkatan atau pemberhentian pejabat manajerial berdasarkan hasil evaluasi kinerja.
4) Membangun hubungan dan komunikasi dengan pemegang saham, regulator, serta mitra bisnis strategis.

b. *Chief Internal Audit*

Tugas :

1) Melakukan audit internal terhadap kegiatan operasional, keuangan, dan manajemen perusahaan.

2) Mengidentifikasi risiko serta dampaknya terhadap keberlangsungan perusahaan.
3) Memberikan rekomendasi perbaikan terkait proses bisnis dan sistem pengendalian internal.
4) Memastikan pengelolaan transaksi keuangan berjalan transparan dan dapat dipertanggungjawabkan.

Wewenang :

1) Mengakses dokumen dan informasi perusahaan yang diperlukan dalam proses audit.
2) Menyampaikan hasil temuan audit serta rekomendasi kepada President Director dan Vice President Director.

c. Commercial Vice President Director

Tugas :

1) Menyusun strategi pemasaran dan penjualan produk Natrium Nitrat.
2) Membangun hubungan dengan pelanggan serta mitra bisnis.
3) Menganalisis kondisi pasar untuk menyesuaikan strategi perusahaan.

Wewenang :

1) Menyetujui kontrak penjualan dan melakukan negosiasi harga produk.
2) Menetapkan kebijakan pemasaran dan sistem distribusi perusahaan.

d. Operations Vice President Director

Tugas :

1) Mengawasi kegiatan operasional pabrik, termasuk proses produksi dan pemeliharaan fasilitas.

2) Memastikan proses produksi berjalan sesuai target, standar mutu, dan keselamatan kerja.
3) Berkoordinasi dengan General Manager Produksi dan Maintenance dalam perencanaan operasional.

Wewenang:

a. Menetapkan keputusan operasional terkait peningkatan efisiensi produksi dan perawatan peralatan.
b. Menyetujui jadwal pemeliharaan serta perbaikan fasilitas produksi.

e. Finance Vice President Director

Tugas :

1) Mengelola penyusunan anggaran dan perencanaan keuangan perusahaan.
2) Mengawasi kegiatan akuntansi serta pengelolaan pajak perusahaan.
3) Menjaga kestabilan arus kas dan kondisi keuangan perusahaan.

Wewenang :

1) Menyetujui penggunaan dana sesuai dengan batas kewenangan yang telah ditentukan.
2) Menetapkan keputusan investasi berdasarkan kebutuhan perusahaan dan kondisi pasar.

f. Human Resources & Corporate Affairs Vice President Director

Tugas :

1) Menyusun kebijakan sumber daya manusia terkait perekrutan, pelatihan, dan pengembangan karyawan.
2) Mengelola hubungan industrial antara perusahaan dengan karyawan.

3) Mengatur komunikasi internal maupun eksternal perusahaan.

Wewenang :

1) Mengesahkan kebijakan mengenai kompensasi dan fasilitas karyawan.
2) Menentukan keputusan terkait pengembangan organisasi dan pengelolaan struktur tenaga kerja.

g. General Manager Produksi

Tugas :

1) Mengawasi pelaksanaan proses produksi Natrium Nitrat agar berjalan sesuai target.
2) Berkoordinasi dengan bagian pemeliharaan untuk memastikan keandalan peralatan produksi.

Wewenang

1) Menyetujui perubahan proses produksi guna meningkatkan efektivitas dan efisiensi operasi.
2) Menentukan kebutuhan tenaga kerja pada bagian produksi berdasarkan kapasitas dan beban kerja.

h. General Manager Pemeliharaan

Tugas :

1) Mengelola dan mengawasi seluruh aktivitas pemeliharaan fasilitas pabrik.
2) Menyusun strategi pemeliharaan preventif maupun korektif untuk meningkatkan keandalan operasional.
3) Berkoordinasi dengan departemen produksi untuk meminimalkan gangguan pada proses produksi.

Wewenang :

1) Mengesahkan rencana pemeliharaan dan perbaikan fasilitas pabrik.
2) Mengatur penggunaan anggaran untuk kebutuhan perawatan peralatan produksi.

i. General Manager Keuangan

Tugas :

1) Mengatur perencanaan serta pengelolaan keuangan perusahaan.
2) Mengawasi penyusunan laporan keuangan, perencanaan anggaran, dan kewajiban perpajakan.
3) Melakukan evaluasi dan analisis keuangan sebagai dasar pengambilan keputusan manajemen.

Wewenang :

1) Mengendalikan serta memantau penggunaan dana perusahaan.
2) Menyetujui rencana anggaran operasional dan investasi perusahaan.

j. General Manager Sumber Daya Manusia

Tugas :

1) Mengelola proses perekrutan, pelatihan, serta pengembangan kompetensi karyawan.
2) Menyusun sistem penilaian kinerja dan pengembangan karier karyawan.
3) Menangani hubungan industrial serta menyelesaikan permasalahan ketenagakerjaan.

Wewenang :

1) Menyetujui kebijakan terkait kesejahteraan dan fasilitas karyawan.

2) Mengajukan program peningkatan kompetensi dan pengembangan SDM kepada direksi.

k. General Manager Sumber Daya Manusia

Tugas :

1) Menyusun strategi pemasaran guna meningkatkan penjualan produk Natrium Nitrat.
2) Melakukan analisis pasar serta mengidentifikasi kebutuhan pelanggan.
3) Membangun dan menjaga hubungan kerja sama dengan pelanggan maupun distributor.

Wewenang :

1) Menetapkan strategi promosi serta kebijakan harga produk.
2) Melakukan negosiasi dengan mitra bisnis dan pelanggan utama perusahaan.

l. Manager Produksi

Tugas :

1) Mengawasi pelaksanaan proses produksi Natrium Nitrat agar berjalan optimal.
2) Mengelola penggunaan bahan baku secara efektif dan efisien.
3) Memastikan kegiatan produksi memenuhi standar keselamatan dan prosedur operasi.

Wewenang :

1) Memberikan usulan perbaikan proses produksi untuk meningkatkan efisiensi.
2) Menentukan pengaturan jadwal kerja dan shift operator produksi.

m. Manager Laboratorium

Tugas :

1) Mengelola dan memastikan pengujian mutu produk Natrium Nitrat sesuai standar yang ditetapkan.
2) Mengembangkan metode analisis serta prosedur pengujian laboratorium.
3) Berkoordinasi dengan bagian produksi untuk menjaga kualitas produk.

Wewenang:

1) Menetapkan metode analisis laboratorium yang digunakan dalam proses pengendalian mutu.
2) Mengajukan kebutuhan pengadaan peralatan laboratorium untuk mendukung kegiatan pengujian.

n. Manager Keamanan, Kesehatan, dan Lingkungan

Tugas :

1) Menyusun dan menerapkan kebijakan keselamatan kerja serta perlindungan lingkungan.
2) Melaksanakan inspeksi rutin untuk memastikan kepatuhan terhadap standar K3 dan regulasi lingkungan.
3) Memberikan pelatihan keselamatan kerja kepada seluruh karyawan.

Wewenang :

1) Menghentikan kegiatan operasional apabila ditemukan kondisi yang berpotensi membahayakan.
2) Mengajukan kebutuhan investasi untuk peningkatan fasilitas dan peralatan keselamatan kerja.

o. Supervisor Produksi

Tugas :

1) Mengawasi aktivitas operator produksi dalam pengoperasian mesin dan proses produksi.
2) Melaporkan kendala atau permasalahan operasional kepada Manager Produksi.
3) Memastikan pencapaian target produksi sesuai jadwal kerja setiap shift.

Wewenang :

1) Mengatur pelaksanaan kegiatan operasional produksi dalam shift kerja.
2) Memberikan arahan kepada operator untuk memastikan proses produksi berjalan optimal.
3) Mengusulkan perbaikan proses produksi dan kebutuhan operasional kepada Manager Produksi.

p. Operator Produksi

Tugas :

1) Mengoperasikan mesin dan peralatan produksi Natrium Nitrat sesuai dengan prosedur operasional yang berlaku.
2) Memantau kondisi dan parameter proses untuk menjaga kelancaran serta kestabilan produksi.
3) Melaporkan gangguan atau kondisi abnormal kepada Supervisor Produksi.
4) Menjaga kebersihan, keselamatan, dan ketertiban area kerja.

Wewenang :

1) Menghentikan sementara proses operasi apabila terjadi kondisi darurat yang berisiko terhadap keselamatan.
2) Melakukan penyesuaian sederhana pada peralatan produksi untuk mempertahankan kestabilan proses.

q. Teknisi Pemeliharaan

Tugas :

1) Melaksanakan pemeliharaan berkala pada mesin dan peralatan produksi.
2) Melakukan perbaikan terhadap peralatan yang mengalami kerusakan atau gangguan teknis.
3) Membuat dokumentasi terkait kegiatan pemeliharaan dan perbaikan peralatan.
4) Berkoordinasi dengan tim produksi untuk mengurangi waktu henti akibat masalah teknis.

Wewenang :

1) Menentukan metode perbaikan yang sesuai untuk menangani gangguan peralatan produksi.
2) Mengajukan kebutuhan suku cadang dan peralatan pendukung untuk kegiatan pemeliharaan.

r. Staf Administrasi dan Keuangan

Tugas :

1) Mengelola administrasi dokumen dan laporan keuangan perusahaan.
2) Melakukan pencatatan transaksi serta pengelolaan pembayaran gaji karyawan.

3) Membantu penyusunan laporan keuangan secara berkala, baik bulanan maupun tahunan.
4) Mengatur penyimpanan dan pengarsipan dokumen penting perusahaan.

Wewenang :

1) Mengakses serta mengelola data keuangan dan informasi penggajian karyawan sesuai kebutuhan pekerjaan.
2) Menyampaikan laporan keuangan kepada General Manager Keuangan.

s. Petugas Kebersihan

Tugas :

1) Menjaga kebersihan area kerja, ruang kantor, dan fasilitas umum di lingkungan pabrik.
2) Mengelola pembuangan limbah domestik serta menjaga kebersihan lingkungan kerja.
3) Memastikan ketersediaan dan penggunaan peralatan kebersihan secara optimal.

t. Sopir (Driver)

Tugas :

1) Melaksanakan pengantaran barang, dokumen, maupun karyawan sesuai kebutuhan operasional perusahaan.
2) Memastikan kendaraan perusahaan berada dalam kondisi aman dan siap digunakan.
3) Melakukan pemeriksaan serta perawatan ringan terhadap kendaraan operasional.

u. Dokter Perusahaan dan Paramedis

Tugas :

1) Memberikan layanan kesehatan bagi seluruh karyawan perusahaan.
2) Melaksanakan pemeriksaan kesehatan secara berkala bagi pekerja pabrik.
3) Memberikan penanganan awal terhadap kecelakaan kerja yang terjadi.
4) Menyusun laporan kondisi kesehatan karyawan serta memberikan rekomendasi tindakan pencegahan.

4.4.5 Jumlah Karyawan dan Tingkat Pendidikan

Sumber daya manusia (SDM) menjadi salah satu komponen penting yang berperan dalam mendukung keberlangsungan serta efektivitas operasional pabrik Natrium Nitrat berbahan baku etanol. Oleh karena itu, perencanaan jumlah tenaga kerja dan kualifikasi pendidikan yang sesuai perlu dilakukan secara tepat agar kegiatan operasional pabrik dapat berjalan secara optimal dengan didukung oleh tenaga kerja yang kompeten sesuai bidangnya.

Dalam perusahaan ini, pembagian tenaga kerja disusun berdasarkan tingkatan jabatan dan masing-masing departemen yang mengikuti struktur organisasi fungsional-hierarkis. Setiap posisi memiliki standar kualifikasi pendidikan minimum yang disesuaikan dengan tanggung jawab dan kompetensi yang diperlukan pada bidang tersebut. Penetapan persyaratan ini bertujuan untuk memastikan setiap karyawan memiliki kemampuan yang memadai dalam menjalankan tugas dan tanggung jawabnya secara efektif.

Berikut merupakan rincian kebutuhan jumlah tenaga kerja beserta tingkat pendidikan minimum berdasarkan masing-masing jabatan pada pabrik ini.

Tabel 4. 2 Rincian jumlah tenaga kerja

Jabatan	Jumlah Karyawan	Tingkat Pendidikan
President Director	1	S2 Teknik Kimia / Manajemen Industri
Chief Internal Audit	1	S2 Akuntansi / Manajemen Keuangan
Vice President Director	2	S2 Teknik Industri / S2 Manajemen
Director	10	S2 (Teknik Kimia, Mesin, Hukum, SDM, dll)
General Manager	10	S1 Teknik (Kimia/Mesin/Industri/Elektro) / Akuntansi / Hukum
Supervisor Production	5	D3/S1 Teknik Kimia / Teknik Industri
Operator Production dan utility	33	D3/SMA Teknik Kimia / Teknik Mesin/ Teknik Elektro
Teknisi Pemeliharaan	8	D3 Teknik Mesin / Teknik Elektro
Process Engineer	5	S1 Teknik Kimia / Teknik Proses
Instrumentation Engineer	5	S1 Teknik Fisika / Teknik Elektro
Mechanical Engineer	5	S1 Teknik Mesin
Electrical Engineer	5	S1 Teknik Elektro
Inspection & Reliability Engineer	5	S1 Teknik Mesin / Teknik Industri
Kepala Laboratorium	1	S1/S2 Kimia / Teknik Kimia
Manager Laboratorium	1	S1/S2 Kimia / Teknik Kimia
Analis Laboratorium	5	D3 Kimia / Teknik Kimia
Asisten Analis	5	SMA/SMK Analis Kimia
HSE Manager	1	S1 K3 / Teknik Lingkungan
Safety Officer	9	D3/S1 K3 / Teknik Lingkungan
Emergency Response Team	7	SMA/D3 Kesehatan / Pemadam K3
Warehouse Supervisor	2	S1 Manajemen / Teknik Industri
Warehouse Staff	7	SMA/D3 Logistik / Manajemen
IT Support	7	D3/S1 Teknik Informatika / Sistem Informasi
Purchasing Officer	4	S1 Manajemen / Teknik Industri
Public Relations & CSR Officer	2	S1 Komunikasi / Hubungan Internasional
Staf Administrasi	10	D3/S1 Administrasi / Manajemen

Jabatan	Jumlah Karyawan	Tingkat Pendidikan
Petugas Keamanan	15	SMA / Pelatihan Satpam & Izin Gada Pratama
Petugas Kebersihan	10	SMP/SMA
Dokter Perusahaan	2	S1 Kedokteran + STR
Paramedis	4	D3 Keperawatan / Kebidanan + STR

4.4.6 Jam Kerja Karyawan

Sistem kerja pada pabrik Natrium Nitrat berbahan dirancang untuk mendukung kegiatan produksi yang berlangsung secara berkelanjutan selama 24 jam per hari dan 7 hari dalam seminggu. Hal ini dikarenakan industri petrokimia membutuhkan operasi yang kontinu agar proses produksi tetap stabil dan menghindari gangguan akibat penghentian operasi dalam waktu yang lama. Berdasarkan pengaturan waktu kerja, karyawan dalam perusahaan ini dibedakan menjadi dua kelompok utama, yaitu:

a. Karyawan Shift

   Karyawan yang bekerja menggunakan sistem pergantian shift secara berkala untuk menjaga proses produksi tetap berjalan secara kontinu.

b. Karyawan Non-Shift

   Karyawan yang menjalankan pekerjaan dengan jam kerja normal seperti sistem kerja perkantoran pada umumnya.

4.4.6.1 Jam Kerja Karyawan Shift

Karyawan shift pada pabrik ini mencakup bagian operator produksi, teknisi pemeliharaan, laboratorium, serta petugas keamanan dan kebersihan yang menjalankan pekerjaan dengan sistem rotasi tiga shift. Sistem kerja shift diterapkan

untuk memastikan proses operasional pabrik dapat berlangsung secara kontinu selama 24 jam. Pembagian waktu kerja dalam sistem tiga shift adalah sebagai berikut:

Shift 1 (Pagi)	: 07.00 – 15.00
Shift 2 (Sore)	: 15.00 – 23.00
Shift 3 (Malam)	: 23.00 – 07.00

Setiap karyawan yang bekerja dalam sistem shift memiliki durasi kerja selama 8 jam per hari dengan waktu istirahat selama 1 jam yang telah diatur dalam jadwal kerja.

4.4.6.2 Jadwal Shift Karyawan

Dalam penyusunan sistem kerja shift bagi karyawan yang bekerja secara bergantian di pabrik, perlu dilakukan analisis terhadap beberapa faktor penting, seperti aspek kesehatan dan psikologi kerja, peraturan ketenagakerjaan yang berlaku di Indonesia, serta penerapan sistem kerja pada industri petrokimia. Perancangan jadwal kerja harus mampu menjaga kelangsungan operasional pabrik selama 24 jam dengan tetap memperhatikan kondisi fisik, keselamatan, dan kesejahteraan karyawan.

a. Aspek Psikologi dan Kesehatan Kerja

Pengaturan rotasi shift yang tidak tepat dapat menyebabkan gangguan terhadap pola tidur, perubahan ritme biologis tubuh, serta meningkatkan risiko kelelahan kerja. Oleh karena itu, sistem kerja yang digunakan menerapkan pola rotasi cepat 2 hari shift pagi – 2 hari shift siang – 2 hari shift malam – 2 hari libur. Pola ini dipilih karena lebih mampu menyesuaikan dengan ritme sirkadian

tubuh sehingga dapat membantu mengurangi kelelahan fisik maupun mental, menjaga kualitas istirahat, serta meningkatkan fokus dan produktivitas karyawan.

b. Regulasi Ketenagakerjaan di Indonesia

Penerapan sistem kerja shift disesuaikan dengan ketentuan ketenagakerjaan di Indonesia, termasuk Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2003 beserta peraturan turunannya. Sistem kerja yang diterapkan tetap memperhatikan batas waktu kerja maksimal 40 jam per minggu, pemberian waktu istirahat yang memadai, serta hak karyawan untuk memperoleh waktu libur. Selain itu, karyawan yang bekerja pada shift malam diberikan kompensasi sesuai dengan ketentuan yang berlaku sebagai bentuk perlindungan terhadap hak tenaga kerja.

c. Praktik Industri Petrokimia

Sistem rotasi 2-2-2 merupakan salah satu pola kerja yang umum diterapkan pada industri proses, termasuk industri berat dan petrokimia, karena mampu menjaga kontinuitas operasi sekaligus mempertimbangkan aspek keselamatan kerja. Sistem ini sesuai digunakan untuk posisi yang membutuhkan pengawasan terus-menerus seperti operator produksi, teknisi pemeliharaan, analis laboratorium, serta petugas keamanan dan kebersihan.

Tabel 4. 3 Jadwal shift karyawan

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III	
B	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I

Tabel 4.3 Jadwal shift karyawan (lanjutan)

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II
D			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III

Regu	Hari														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III	
B	II	II	III	III			I	I	II	II	III	III			I
C	III	III			I	I	II	II	III	III			I	I	II
D			I	I	II	II	III	III			I	I	II	II	III

Keterangan:

Hari : 1, 2, 3, ..., 30

Regu : Tim kerja bergiliran (A, B, C, D)

Shift :

I	: Pagi (07.00–15.00)
II	: Sore (15.00–23.00)
III	: Malam (23.00–07.00)
Kotak Kuning	: Libur

4.4.6.3 Jam Kerja Karyawan Non-Shift

Karyawan non-shift pada perusahaan ini terdiri atas bagian manajerial, administrasi, pemasaran, keuangan, serta sumber daya manusia yang menjalankan pekerjaan dengan sistem jam kerja reguler. Pengaturan waktu kerja karyawan non-shift adalah sebagai berikut:

Hari kerja	: Senin – Jumat
Jam kerja	: 08.00 – 17.00
Waktu istirahat	: 12.00 – 13.00
Hari libur	Sabtu, Minggu, dan hari libur nasional

Karyawan non-shift memiliki total waktu kerja selama 40 jam per minggu yang telah disesuaikan dengan ketentuan standar ketenagakerjaan di Indonesia. Selain jadwal kerja reguler, perusahaan juga menerapkan beberapa kebijakan tambahan bagi karyawan non-shift, yaitu:

a. Jam Kerja Fleksibel

   Beberapa posisi tertentu, seperti staf administrasi dan keuangan, dapat diberikan fleksibilitas waktu masuk kerja pada rentang pukul 07.30–08.30 dengan ketentuan tetap memenuhi durasi kerja 8 jam per hari.

b. Work From Home (WFH)

   Manajer maupun karyawan tertentu dapat diberikan kesempatan untuk bekerja dari rumah pada kondisi khusus, seperti keadaan darurat atau alasan tertentu yang disetujui perusahaan.

c. Lembur

Apabila terdapat pekerjaan yang harus diselesaikan di luar jam kerja normal, karyawan non-shift akan memperoleh kompensasi lembur sesuai dengan kebijakan perusahaan dan peraturan yang berlaku.

4.4.6.4 Hari Libur Karyawan

Hari libur karyawan diatur berdasarkan sistem kerja masing-masing kategori:

Tabel 4. 4 Hari libur karyawan

Kategori Karyawan	Hari Libur Reguler	Catatan
Karyawan Shift	2 hari per minggu (bergilir)	Berdasarkan sistem rotasi shift
Karyawan Non-Shift	Sabtu, Minggu, dan hari libur nasional	Libur mengikuti kalender nasional

Karyawan shift tetap memiliki hak untuk memperoleh cuti pada hari libur nasional. Namun, apabila terdapat kondisi tertentu seperti peningkatan kebutuhan produksi atau tuntutan operasional pabrik, sebagian karyawan shift dapat tetap dijadwalkan untuk bekerja pada hari libur. Karyawan yang bekerja pada periode tersebut akan diberikan kompensasi berupa pembayaran lembur atau penggantian waktu libur sesuai dengan kebijakan perusahaan.

4.4.7.5 Cuti Karyawan

Cuti merupakan salah satu hak karyawan yang telah diatur dalam Undang-Undang Ketenagakerjaan Nomor 13 Tahun 2003. Perusahaan menerapkan kebijakan cuti untuk memberikan waktu istirahat dan perlindungan hak karyawan dengan ketentuan sebagai berikut:

a. Cuti Tahunan

Karyawan yang telah bekerja minimal selama 1 tahun berhak memperoleh cuti tahunan selama 12 hari kerja. Penggunaan cuti tahunan dapat dilakukan secara sekaligus maupun bertahap dengan persetujuan atasan. Sisa cuti yang tidak digunakan dapat disimpan hingga batas maksimal 2 tahun, setelah melewati periode tersebut hak cuti akan dianggap tidak berlaku.

b. Cuti Sakit

Karyawan yang mengalami gangguan kesehatan dapat mengajukan cuti sakit dengan melampirkan surat keterangan dari dokter. Apabila masa sakit melebihi 3 hari, karyawan wajib menyerahkan dokumen medis sebagai bukti pendukung.

c. Cuti Melahirkan

Karyawan perempuan yang menjalani proses kehamilan berhak memperoleh cuti melahirkan selama 3 bulan, dengan pembagian 1,5 bulan sebelum dan 1,5 bulan setelah persalinan.Karyawan laki-laki yang istrinya melahirkan diberikan hak cuti ayah selama 3 hari.

d. Cuti Pernikahan

Karyawan yang melaksanakan pernikahan berhak mendapatkan cuti selama 3 hari. Apabila anak karyawan melangsungkan pernikahan, karyawan memperoleh hak cuti selama 1 hari.

e. Cuti Kematian

Apabila orang tua, pasangan, atau anak karyawan meninggal dunia, perusahaan memberikan cuti duka selama 2 hari. Apabila saudara kandung atau mertua meninggal dunia, karyawan diberikan cuti duka selama 1 hari.

f. Cuti Besar

Karyawan yang telah bekerja secara berturut-turut selama 5 tahun berhak memperoleh cuti besar selama 1 bulan. Cuti besar dapat digunakan secara langsung maupun dibagi menjadi beberapa periode sesuai ketentuan perusahaan. Kebijakan Tambahan Terkait Cuti

g. Cuti Tidak Dibayar

Apabila karyawan telah menggunakan seluruh hak cuti tahunan tetapi masih membutuhkan waktu libur, karyawan dapat mengajukan cuti tidak dibayar dengan konsekuensi penyesuaian gaji sesuai jumlah hari tidak bekerja.

h. Cuti Darurat

Dalam kondisi khusus seperti bencana, keadaan keluarga mendesak, atau kejadian tidak terduga lainnya, karyawan dapat mengajukan cuti darurat yang akan dievaluasi oleh bagian HRD.

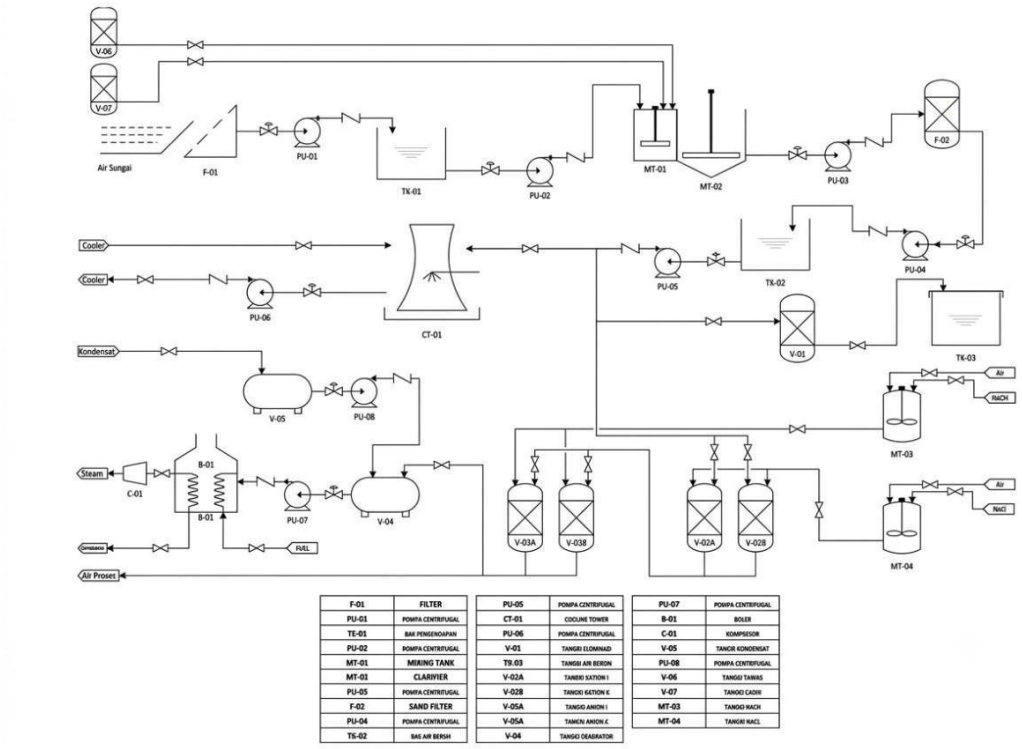
i. Cuti Pengganti

Karyawan yang menjalankan pekerjaan pada hari libur nasional atau hari besar berhak memperoleh kompensasi berupa cuti pengganti yang dapat digunakan pada waktu lain sesuai persetujuan perusahaan.

BAB V
UTILITAS

Agar proses produksi di dalam pabrik dapat berlangsung secara stabil dan berkesinambungan, diperlukan berbagai fasilitas pendukung yang mampu menjamin kelancaran operasional. Fasilitas tersebut dikenal sebagai utilitas, yaitu sistem penunjang yang menyediakan kebutuhan dasar proses seperti air, energi, dan media pendukung lainnya. Peran utilitas sangat vital karena tidak hanya membantu jalannya proses, tetapi juga menjaga efisiensi dan keandalan operasi secara keseluruhan. Tanpa adanya utilitas yang memadai, proses produksi tidak akan dapat berjalan dengan optimal meskipun bahan baku dan peralatan utama telah tersedia. Berikut merupakan unit-unit yang ada pada utilitas:

1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air (*Water Treatment System*)
2. Unit Pembangkit *Steam* (*Steam Generation System*)
3. Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)
4. Unit Penyedia Udara Instrumen (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyediaan Bahan Bakar
6. Unit Pengolahan Limbah



F-01	FILTER	PU-05	POMPA CENTRIFUGAL	PU-07	POMPA CENTRIFUGAL
PU-01	POMPA CENTRIFUGAL	CT-01	COOLING TOWER	B-01	BOILER
TE-01	BAK PENGENDAPAN	PU-06	POMPA CENTRIFUGAL	C-01	KOMPRESOR
PU-02	POMPA CENTRIFUGAL	V-01	TANGKI CLOMINAD	V-05	TANGKI KONDENSAT
MT-01	MIXING TANK	T9.03	TANGKI AIR BERSIH	PU-08	POMPA CENTRIFUGAL
MT-02	CLARIFIER	V-02A	TANKKI KATION I	V-06	TANGGI TAWAS
PU-05	POMPA CENTRIFUGAL	V-02B	TANGKI KATION K	V-07	TANGKI CAORI
F-02	SAND FILTER	V-05A	TANGKI ANION I	MT-03	TANGKI NACH
PU-04	POMPA CENTRIFUGAL	V-05A	TANKKI ANION K	MT-04	TANGKI NACL
TK-02	BAK AIR BERSIH	V-04	TANGKI DEADRATOR		

Gambar 5. 1 Diagram alir utilitas

5.1 Unit penyedia dan pengolahan air

5.1.1 Unit Penyedia Air

Untuk memenuhi kebutuhan air dalam suatu pabrik, sumber air yang digunakan umumnya berasal dari air tanah (sumur), air sungai, air danau, maupun air laut. Pada perancangan pabrik natrium nitrat ini, sumber air yang dipilih adalah air sungai. Pemilihan air sungai didasarkan pada beberapa pertimbangan berikut:

a. Ketersediaan air sungai yang relatif kontinu sehingga dapat menjamin pasokan air dan meminimalkan risiko kekurangan air selama operasi pabrik.
b. Proses pengolahan air sungai cenderung lebih sederhana dan ekonomis dibandingkan dengan pengolahan air laut yang membutuhkan teknologi lebih kompleks serta biaya yang lebih tinggi.

Pada umumnya kebutuhan air pada pabrik digunakan untuk keperluan:

1. Air Pendingin Air

pendingin dihasilkan dari unit menara pendingin (*cooling tower*). Pada unit ini, air mengalami proses penurunan suhu sehingga dapat digunakan sebagai media pendingin pada peralatan proses seperti *heat exchanger* dan peralatan lain yang memerlukan pendinginan. Air yang telah digunakan dalam proses perpindahan panas akan dialirkan kembali ke *cooling tower* untuk didinginkan ulang sebelum digunakan kembali dalam sistem sirkulasi. Dalam pemanfaatan air sungai sebagai air pendingin, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, antara lain:

- Adanya partikel berukuran besar seperti kotoran, organisme air, dan material tersuspensi lainnya.
- Kandungan partikel berukuran kecil seperti alga dan mikroorganisme yang dapat menyebabkan fouling.

Secara umum, air banyak digunakan sebagai media pendingin karena beberapa keunggulan berikut:

- Ketersediaannya melimpah di alam.
- Mudah diolah dan dikontrol penggunaannya.
- Memiliki kapasitas panas yang tinggi sehingga efektif dalam menyerap panas.
- Stabil terhadap perubahan temperatur dalam rentang operasi tertentu.
- Tidak mengalami dekomposisi selama digunakan sebagai media pendingin.

2. Air Umpan *Boiler*

Untuk memenuhi kebutuhan air umpan *boiler*, digunakan sumber air yang berasal dari air sungai. Agar *boiler* dapat beroperasi dengan baik serta terhindar dari kerusakan, terdapat beberapa aspek kualitas air yang perlu diperhatikan, antara lain:

- Zat penyebab korosi

  Korosi pada *boiler* umumnya disebabkan oleh adanya zat-zat bersifat asam serta gas terlarut seperti O_2, CO_2, H_2S, dan NH_3 yang masuk akibat proses aerasi maupun kontak dengan udara. Keberadaan zat-zat tersebut dapat merusak material *boiler* secara bertahap.

- Zat pembentuk kerak (*scaling*)

  Kerak terbentuk akibat adanya kandungan kesadahan dalam air, terutama garam-garam kalsium dan magnesium, serta silika yang mengendap pada suhu tinggi. Endapan ini dapat menurunkan efisiensi perpindahan panas pada *boiler.*

- Zat penyebab pembusaan (*foaming*)

  Pembentukan busa biasanya terjadi karena adanya senyawa organik yang tidak larut dalam jumlah cukup besar. Kondisi ini cenderung meningkat pada air dengan tingkat alkalinitas tinggi dan dapat mengganggu operasi *boiler*.

3. Air Sanitasi

Air sanitasi merupakan air yang digunakan untuk berbagai kebutuhan umum seperti perumahan, perkantoran, laboratorium, serta tempat ibadah. Air yang digunakan untuk keperluan ini harus memenuhi standar kualitas yang berlaku

agar aman dan layak digunakan. Adapun persyaratan kualitas air sanitasi meliputi:

a. Syarat fisik
   - Suhu : lebih rendah atau mendekati suhu udara sekitar
   - Warna : jernih
   - Rasa : tidak memiliki rasa
   - Bau : tidak berbau

b. Syarat kimia
   - Tidak mengandung zat organik maupun anorganik terlarut dalam jumlah berbahaya
   - Tidak mengandung zat beracun
   - Tidak mengandung mikroorganisme patogen yang dapat membahayakan kesehatan maupun karakteristik air

4. Air pemadam kebakaran dan bengkel

Ketersediaan air untuk pemadam kebakaran merupakan hal yang wajib di setiap pabrik sebagai langkah antisipasi terhadap potensi kebakaran. Dengan adanya sistem ini, kejadian kebakaran dapat ditangani secara cepat dan efektif sehingga meminimalkan kerugian.

Oleh karena itu, air pemadam kebakaran harus selalu disiapkan dan disimpan dalam sistem penyediaan air, seperti bak penampungan air servis. Selain untuk pemadaman kebakaran, air ini juga dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan di area bengkel.

5.1.2 Kebutuhan air

1. Air pendingin

Kebutuhan air pada pabrik natrium nitrat dapat dilihat pada tabel

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Pendingin

Nama Alat	Kode	Jumlah
Mixer	M-02	61.220,265
Reaktor	R-01	1.062,172
Condensor	CD-01	195220,03
Kristalizer	KR-01	26.503,332
Screw Conveyor	SC-05	6.995,976
Total		291.001,7855

Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%, sehingga kebutuhan air pendingin menjadi 349.202,1427 kg/jam. Didapatkan juga untuk *make-up water* adalah sejumlah 1.855,1364 kg/jam

2. Air *steam*

Kebutuhan *steam* pada pabrik natrium nitrat dapat dilihat pada tabel

Tabel 5. 2 Kebutuhan *Steam*

Nama Alat	Kode	Jumlah
*Heat*er 1	HE-01	427,51
*Heat*er 2	HE-02	1.364,60
Evaporator 1	E-01	10.568,57
Total		12,360,69877

Perancangan dibuat overdesign sebesar 20%, sehingga kebutuhan air *steam* menjadi 14.832,83kg/jam.

3. *Service water* Tabel

Tabel 5. 3 Kebutuhan *Service water*

Nama Alat	Jumlah

Bengkel	15
Poliklinik	16,67
Laboratorium	33,34
Pemadam Kebakaran	291,67
Kantin, Mushola, Kebun, dll	208,34
Total	565

Perancangan dibuat *over design* sebesar 20%, sehingga kebutuhan *Service water* 678 kg/jam.

4. Air domestik

Kebutuhan air domestik meliputi kebutuhan air untuk tempat tinggal dan kebutuhan air karyawan

- Kebutuhan air karyawan Menurut standar WHO, kebutuhan air untuk per orang adallah 100-200 liter/hari.

  Diambil kebutuhan air setiap orang : 200 L/hari

  Jumlah karyawan : 187 orang

  Kebutuhan air total : 1.553,65 kg/jam

- Kebutuhan air area mess

  Jumlah mess : 45

  Kapasitas tiap mess : 4

  Air untuk mess : 1.500 kg/jam

  Sehingga total kebutuhan air domestik didapatkan sebesar 3.043,92 kg/jam

5.1.3 Unit pengolahan air

Air sungai harus melalui proses pengolahan sebelum dapat digunakan dengan tepat. Proses ini diperlukan untuk menghilangkan kontaminan atau zat- zat lain

yang dapat mengganggu kualitas air. Beberapa tahapan dalam pengolahan air yaitu :

1. *Screening*

   Air dari sungai dipompa dan dialirkan ke tahap awal di mana kotoran-kotoran berukuran besar seperti daun, ranting, dan sampah lainnya dipisahkan tanpa menggunakan bahan kimia. Partikel-partikel kecil yang masih tersisa akan diolah lebih lanjut pada tahapan berikutnya. Untuk memastikan bahwa alat penyaring pada proses selanjutnya tetap efektif dan tidak mudah rusak, saringan (*screen*) dipasang di sisi hisap pompa untuk meminimalisir masuknya kotoran.

2. Penggumpalan

   Koagulasi adalah proses di mana partikel-partikel koloid digabungkan atau digumpalkan bersama menggunakan koagulan seperti tawas atau Aluminium Sulfat ($Al_2(SO_4)_3$). Tujuan dari proses ini adalah untuk mengubah partikel koloid menjadi netral dan membentuk endapan yang dapat disebabkan oleh gaya gravitasi. Tawas, yang merupakan garam dari asam kuat dan basa lemah, cenderung terhidrolisis dalam suasana basa dalam air. Untuk memfasilitasi proses flokulasi yang efisien, diperlukan penambahan CaOH untuk menurunkan atau menghilangkan kekerasan karbonat dalam air. Ini akan membantu menciptakan kondisi alkalis yang mendukung proses penggumpalan. Proses flokulasi sendiri bertujuan untuk mengumpulkan partikel-partikel kecil menjadi flok- flok yang lebih besar, sehingga dapat mudah dipisahkan melalui proses sedimentasi dan filtrasi selanjutnya. Dengan demikian, penggunaan koagulan dan flokulasi merupakan tahapan penting dalam pengolahan air untuk

menghasilkan air yang bersih dan aman untuk berbagai keperluan konsumsi dan industri.

3. Pengendapan

Proses pengendapan dilakukan dalam bak khusus (*clarifier*) yang bertujuan untuk mengumpulkan flok-flok yang terbentuk dari proses koagulasi-flokulasi. Flok-flok yang terbentuk ini akan mengendap di dalam bak pengendapan, di mana mereka akan terpisah dari air. Selanjutnya, endapan atau lumpur yang terbentuk ini akan dibuang dalam proses yang disebut *blowdown*. *Blowdown* adalah proses di mana endapan atau lumpur yang telah terkumpul dalam bak pengendapan dibuang dari sistem untuk menjaga kualitas dan efisiensi proses pengolahan air selanjutnya. Proses pengendapan dan *blowdown* ini penting dalam memastikan bahwa air yang dihasilkan dari pengolahan memiliki kualitas yang sesuai dengan standar yang ditetapkan, serta untuk menjaga agar sistem pengolahan air tetap efisien dan beroperasi dengan baik.

4. *Sand filter*

Air yang mengandung padatan tersuspensi dari bak pengendap masuk ke dalam alat sand filter untuk proses filtrasi. Tujuan dari filtrasi ini adalah untuk menghilangkan mineral-mineral seperti Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{2+}, dan lainnya dari dalam air, menggunakan resin sebagai media filtrasi. *Sand filter* perlu dicuci (*back wash, rinse*) secara berkala ketika dianggap kotor. Proses *backwash* melibatkan arus balik air untuk membersihkan media filtrasi dari kotoran dan endapan yang menempel, sementara proses rinse digunakan untuk menyeimbangkan media filtrasi sebelum kembali ke operasi normal. Filtrasi ini

merupakan tahap penting dalam pengolahan air untuk memastikan air yang dihasilkan bebas dari kontaminan mineral yang dapat mempengaruhi kualitas air dan memenuhi standar kesehatan.

5. Bak penampungan air bersih

   Setelah melewati proses filtrasi, air tersebut dianggap sebagai air bersih dan disimpan dalam bak penampung air sementara sebelum didistribusikan. Bak penampung ini berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara sebelum air disalurkan ke pengguna akhir atau sistem distribusi yang sesuai. Berikut daftar distribusi air bersih :

   a. Air domestik dan *service*
   b. Air pendingin (*cooler*)
   c. Air pemanas (*steam*)

6. Klorinasi

   Klorinasi air merupakan proses dimana klorin (Cl_2) atau hipoklorit ditambahkan ke dalam air. Tujuannya adalah untuk menghilangkan bakteri dan mikroba yang ada dalam air sehingga air tersebut menjadi aman untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Proses ini sangat penting dalam pengolahan air untuk memastikan bahwa air yang dikonsumsi atau digunakan oleh masyarakat bebas dari mikroorganisme patogen yang dapat menyebabkan penyakit. Klorinasi dilakukan di instalasi pengolahan air sebagai bagian dari upaya untuk menjaga kualitas air yang sehat dan aman bagi konsumen.

7. *Demineralisasi*

Proses demineralisasi bertujuan untuk menghilangkan ion-ion yang terkandung dalam air yang telah difiltrasi untuk umpan *boiler*. Proses ini terdiri dari dua tahap, yaitu pelunakan air dan dealkalinasi. Pada tahap pelunakan air, mineral-mineral seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{2+}, dan lainnya dipisahkan dari air menggunakan kation *exchanger*. Di dalam kation *exchanger*, mineral-mineral ini diserap oleh resin hydrogen-zeolite yang memiliki kapasitas tertentu untuk menangkap ion-ion tersebut. Ketika resin tidak lagi mampu menangkap mineral, dilakukan proses regenerasi dengan menambahkan asam kuat H_2SO_4. Air yang keluar dari kation *exchanger* adalah air bebas mineral yang telah diminimalkan kemungkinannya untuk membentuk scalling. Air yang telah melewati kation *exchanger* kemudian diproses di anion *exchanger* untuk dealkalinasi. Proses ini bertujuan untuk menangkap ion-ion negatif yang dapat menyebabkan masalah jika air basa ini dipanaskan, seperti pembentukan gas CO_2 yang dapat mengganggu kinerja *boiler* dan peralatan proses lainnya. Anion *exchanger* menggunakan resin *weakly basic* untuk menangkap ion-ion tersebut. Ketika resin mencapai kapasitas penuh, dilakukan regenerasi dengan menambahkan basa kuat NaOH. Air yang keluar dari anion *exchanger* telah bersih dari ion-ion yang tidak diinginkan. Namun, untuk digunakan sebagai umpan *boiler*, diperlukan tahapan pengolahan tambahan untuk memastikan bahwa air tersebut memenuhi standar yang diperlukan untuk mendukung kinerja dan keandalan *boiler* serta sistem proses lainnya.

8. *Deaerasi*

Air yang telah melalui proses demineralisasi dan akan digunakan sebagai umpan *boiler* akan mengalami proses dearasi untuk menghilangkan gas-gas terlarut, terutama O_2 yang dapat menyebabkan korosi pada *boiler*. Korosi ini tidak hanya dapat mempersingkat umur *boiler*, tetapi juga berpotensi menyebabkan kegagalan struktural yang serius karena pengikisan dalam *boiler* dapat menyebabkan tekanan yang tidak sesuai dengan desain. Untuk mengatasi masalah gas terlarut, seperti O_2 dan lainnya, senyawa hidrazin (N_2H_4) ditambahkan untuk mengikat gas-gas tersebut sebelum air masuk ke sistem *boiler*. Setelah proses dearasi, air yang keluar dari deaerator dapat langsung digunakan sebagai air umpan (*boiler feed water*) dan kemudian dialirkan ke *boiler*. Di dalam *boiler*, air tersebut akan dipanaskan hingga menghasilkan *steam*. Untuk menjaga kualitas air dalam *boiler*, sistem blowdown dilakukan secara teratur untuk menghilangkan suspended solid yang terakumulasi. Air yang hilang akibat blowdown diganti dengan *make up water* agar memenuhi kebutuhan proses secara optimal.

5.2 Unit Pembangkit *Steam*

Unit ini hadir untuk memenuhi kebutuhan *steam* dalam proses produksi natrium nitrat dengan menyediakan sebuah *boiler* yang sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Berikut spesifikasi *boiler*:

Kapasitas : 14.832,83 kg/jam

Jenis : *Boiler Fire Tube*

Jumlah : 1 buah

Boiler dilengkapi dengan unit economizer dan safety valve yang berfungsi secara otomatis. Sebelum air dari *water treatment plant* digunakan sebagai umpan *boiler*, air tersebut diatur untuk mengontrol kadar silika, O_2, Ca, dan Mg dengan menambahkan bahan kimia ke dalam tangki umpan *boiler*. pH air juga diatur antara 10,5 hingga 11,5 untuk menghindari korosifitas yang tinggi. Sebelum memasuki *boiler*, umpan air melewati economizer, sebuah alat penukar panas yang menggunakan panas dari gas sisa pembakaran batubara yang keluar dari *boiler*. Di economizer, air dipanaskan hingga mencapai suhu sekitar 200 °C sebelum dialirkan ke *boiler*. Di dalam *boiler*, api dari burner memanaskan lorong-lorong api dan pipa-pipa. Gas sisa pembakaran ini dialirkan ke economizer sebelum dibuang melalui cerobong asap. Proses ini memungkinkan air di dalam *boiler* menyerap panas dari dinding-dinding dan pipa-pipa, sehingga air tersebut mendidih. Uap air yang terbentuk dikumpulkan hingga mencapai tekanan sekitar 10 bar sebelum dialirkan ke *steam header* untuk didistribusikan ke berbagai area proses produksi.

5.3 Unit Pembangkit Listrik

Kebutuhan listrik di pabrik natrium nitrat ini dipenuhi oleh PLN, dan untuk mengatasi gangguan pasokan listrik dari PLN, pabrik juga memiliki generator internal yang menggunakan bahan bakar solar. Generator ini menghasilkan energi listrik dengan memanfaatkan putaran poros engkol yang didorong oleh panas dari bahan bakar solar. Tujuannya adalah untuk memastikan kelangsungan pasokan tenaga listrik yang stabil dan berkelanjutan meskipun terjadi gangguan pada pasokan listrik dari PLN. Spesifikasi generator yang digunakan pada pabrik ini adalah :

Kapasitas : 603,84 kW

Jenis : *Diesel Generator*

Jumlah : 1 buah

Berikut merupakan rincian kebutuhan listrik pabrik natrium nitrat:

1. Kebutuhan listrik unit proses

Tabel 5. 4 Kebutuhan Listrik Proses

No	Nama Alat	Kode Alat	hp	kW
1	Mixer 1	M-01	0,75	0,5593
2	Mixer 2	M-02	1,00	0,7457
3	Reaktor	R-01	25,00	18,6425
4	Blower	BL-01	1,00	0,7457
5	Kristalizer	KR-01	0,50	0,3729
6	Centrifuge	CF-01	125	93,2125
7	Rotary Dryer	RD-01	7,5	5,5928
8	Pin Mill	PM-01	4,532158	3,37963
9	Vibrating Screen	VS-01	5	3,7285
10	Screw Conveyor 1	SC-01	0,5	0,37285
11	Screw Conveyor 2	SC-02	0,5	0,37285
12	Screw Conveyor 3	SC-03	0,5	0,37285
13	Screw Conveyor 4	SC-04	0,5	0,37285
14	Bucket Elevator 1	BE-01	0,75	0,559275
15	Bucket Elevator 2	BE-02	0,75	0,559275
16	Bucket Elevator 3	BE-03	0,5	0,37285
17	Bucket Elevator 4	BE-04	0,25	0,186425
18	Pompa 1	P-101	3,00	2,2371
19	Pompa 2	P-102	3,00	2,2371
20	Pompa 3	P-103	3,00	2,2371

Tabel 5. 5 Kebutuhan Listrik Proses (lanjutan)

No	Nama Alat	Kode Alat	hp	kW
21	Pompa 4	P-104	5,00	3,7285
22	Pompa 5	P-105	2,00	1,4914
25	Pompa 6	P-108	3	2,2371
23	Pompa 7	P-106	1,50	1,1186
	Total		**195,032**	**145,435**

2. Kebutuhan listrik unit utilitas

Tabel 5. 6 Kebutuhan litrik utilitas

No	Nama Alat	Kode Alat	hp	kW
1	Kompresor	C-01	0,167	0,1243
2	Cooling Tower Fan	T-01	5,000	3,7285
3	Flokulator	M-01	0,250	0,1864
4	Clarifier	M-02	1,500	1,1186
5	Tangki NaOH	M-03	1,500	1,1186
6	Tangki NaCl	M-04	0,750	0,5593
7	Pompa 1	PU-01	15,000	11,1855
8	Pompa 2	PU-02	10,000	7,4570
9	Pompa 3	PU-03	15,000	11,1855
10	Pompa 4	PU-04	15,000	11,1855
11	Pompa 5	PU-05	15,000	11,1855
12	Pompa 6	PU-06	15,000	11,1855
13	Pompa 7	PU-07	0,500	0,3729
14	Pompa 8	PU-08	0,333	0,2486
15	Pompa 9	PU-09	0,25	0,1864
	Total		97,75	72,89

Sehingga kebutuhan total listrik unit Proses dan unit Utilitas sebesar 292,78 Hp dan untuk alasan keamanan kemudian dilakukan *over desain* sebanyak 10%, sehingga kebutuhan total Listrik nya sebesar 322,06 Hp.

3. Kebutuhan listrik alat kontrol

   Power yang dibutuhkan untuk alat kontrol diperkirakan 25% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor.

   P : 80,51 hp

4. Kebutuhan listrik penerangan

   Power yang dibutuhkan untuk penerangan diperkirakan 15% dari kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor:

   P : 48,309 hp

5. Kebutuhan listrik peralatan kantor

   Power yang dibutuhkan untuk kantor (AC, komputer, dll) diperkirakan 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor:

   P : 48,309 kW

6. Kebutuhan listrik bengkel, lab, dll

   Power yang dibutuhkan untuk kantor (AC, komputer, dll) diperkirakan sebesar 15% dari total kebutuhan listrik untuk menggerakkan motor:

   P : 48,309 hp

7. Kebutuhan listrik perumahan

   Setiap rumah diperkirakan memerlukan listrik sebesar 1200 watt. Rumah yang akan disaluri Listrik dari pabrik berjumlah 45 rumah. Maka jumlah kebutuhan Listrik untuk perumahan adalah :

n : 45 buah

P : 1200 watt x 45 : 54 kW

Tabel 5. 7 Kebutuhan Listrik Perumahan

No	Keperluan	Kebutuhan (kW)
1	Unit Proses	214,5354
2	Unit Utilitas	107,525
3	Alat Kontrol	80,51509
4	Penerangan	48,30906
5	Kantor	48,30906
6	Lab, Bengkel, dll	48,30906
7	Perumahan	54
	Total	603,84

5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Di pabrik ini, udara tekan dibutuhkan untuk mengoperasikan instrumen kontrol dan alat-alat yang berfungsi secara pneumatis. Tekanan udara yang digunakan adalah 4 bar. Pabrik natrium nitrat ini memiliki sekitar 36 alat kontrol yang memerlukan udara tekan untuk operasionalnya. Proses pembuatan udara tekan dimulai dengan mengambil udara lingkungan yang kemudian dikompresi menggunakan *compressor* yang dilengkapi dengan *filter* udara hingga mencapai tekanan 4 bar. Udara tekan tersebut kemudian dialirkan ke alat-alat kontrol dan proses yang membutuhkannya. Total kebutuhan udara instrumen diperkirakan sekitar 79,2 m^3/jam. Udara yang digunakan harus kering, sehingga setelah keluar dari *blower*, udara dilewatkan melalui sebuah tangki udara (bejana pengering) yang berisi silica gel untuk menghilangkan kelembaban.

5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar

Unit ini berfungsi untuk menyediakan bahan bakar yang digunakan pada *boiler*. Bahan bakar yang digunakan adalah solar dengan jumlah 189,47 liter per jam. Solar digunakan sebagai sumber energi utama untuk memanaskan air di dalam *boiler* hingga berubah menjadi *steam*. Penggunaan solar yang tepat dan efisien sangat penting untuk menjaga kinerja optimal *boiler* dan memastikan bahwa proses produksi di pabrik natrium nitrat berjalan lancar. Oleh karena itu, unit penyedia bahan bakar ini dirancang untuk memastikan pasokan solar yang stabil dan sesuai dengankebutuhan operasional *boiler*.

5.6 Unit Pengolahan Limbah

Pengelolaan limbah yang efektif sangat penting untuk mengurangi dampak lingkungan dari pabrik natrium nitrat dan mematuhi peraturan yang berlaku. Upaya untuk mengurangi, mendaur ulang, dan mengelola limbah dengan benar membantu dalam menjaga keberlanjutan operasional pabrik dan mendukung praktek industri yang ramah lingkungan. Limbah yang dihasilkan dapat diklasifikasikan menjadi dua :

1. Limbah cair meliputi air buangan yang mengandung zat organik, *Blowdown Cooling Water*, air *backwash filter*, dan air berminyak dari pompa. Air limbah domestik berasal dari toilet di sekitar pabrik dan perkantoran. Air tersebut dikumpulkan dan diolah dalam unit stabilisasi dengan menggunakan lumpur aktif, aerasi, dan injeksi gas klorin. Air limbah dari laboratorium diolah terlebih dahulu melalui beberapa proses sebelum dibuang ke lingkungan karena mengandung zat-zat kimia. Proses pengolahan limbah cair ini meliputi

pengolahan fisik (pengendapan, penyaringan), pengolahan kimia (penambahan bahan kimia, pengontrolan pH), dan pengolahan biologis.

2. Bahan buangan udara dan padat dari unit proses memerlukan penanganan khusus untuk mencegah pencemaran lingkungan. Untuk mengatasi masalah ini, dibuat unit pengolahan limbah yang dirancang untuk mengelola bahan buangan padat dengan aman. Unit ini bertujuan untuk mengurangi dampak negatif pada lingkungan sekitar dengan memastikan bahwa semua limbah padat ditangani dengan cara yang aman dan sesuai dengan peraturan lingkungan. Langkah-langkah yang diambil mungkin termasuk penyaringan udara untuk menghilangkan partikel berbahaya dan pemantauan terus-menerus untuk memastikan bahwa kualitas udara di sekitar pabrik tetap dalam batas aman.

5.7 Spesifikasi alat utilitas

Tabel 5. 8 Spesifikasi pompa utilitas

Pompa	**PU-01**	**PU-02**	**PU-03**
Fungsi	Mengalirkan air dari sungai	Mengalirkan air ke flokulator	Mengalirkan air ke bak saringan pasir
Jenis Pompa	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*
Bahan Konstruksi	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*
Diameter	16 in	16 in	14 in
Viskositas	0,82 Cp	0,82 Cp	0,82 Cp
Kapasitas	149.459 gal/hr	142.342 gal/hr	135.563 gal/hr
Motor Power	30 Hp	15 Hp	15 Hp
Harga, $	18.700	18.700	17.000

Tabel 5.7 Spesifikasi pompa utilitas (lanjutan)

Pompa	**PU-04**	**PU-05**	**PU-06**
Fungsi	Mengalirkan air ke bak air bersih	Mengalirkan air ke cooling tower dan tangki klorinasi	Mengalirkan air ke unit proses sebagai media pendingin
Jenis Pompa	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*
Bahan Konstruksi	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*
Diameter	14 in	14 in	14 in
Viskositas	0,82 Cp	0,82 Cp	0,82 Cp
Kapasitas	135.564 gal/hr	132.906 gal/hr	111.499 gal/hr
Motor Power	15 Hp	10 Hp	10
Harga, $	17.000	17.000	17.000

Tabel 5.7 Spesifikasi pompa utilitas (lanjutan)

Pompa	**PU-07**	**PU-08**	**PU-09**
Fungsi	Mengalirkan air ke umpan boiler	Mengalirkan kondensat sebagai umpan boiler	Mengalirkan water proses untuk kebutuhan proses
Jenis Pompa	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*	*Centrifugal Pump*
Bahan Konstruksi	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*	*Commercial Steel*
Diameter	4,5 in	4,5 in	3,5 in
Viskositas	0,82 Cp	0,82 Cp	0,82 Cp
Kapasitas	5.569,8 gal/hr	4736,03 gal/hr	3.068 gal/hr
Motor Power	0,5 Hp	4,5 Hp	0,05 Hp
Harga, $	8.000	8.000	6.800

Tabel 5. 9 Spesifikasi tangki utilitas

Tangki	**V-01**	**V-02**	**V-03**
Fungsi	Menyimpan larutan alum 5% untuk 2 minggu operasi	Menyiapkan dan menyimpan larutan CaOH 5% untuk 1 minggu operasi	Menghilangk an mineral yang masih terkandung di dalam air
Jenis Tangki	Tangki Silinder	Tangki Silinder Berpengaduk	Tangki Silinder Berpengaduk
Bahan Konstruksi	*Carbon Steel*	*Carbon Steel*	*Carbon Steel*
Tinggi	5,8	4,8	6,7
Diameter	2,9	2,4	5,6
Volume	39,7	21,8	141,3
Jumlah Impeller	-	-	-
Motor Power	-	-	-

Tabel 5.8 Spesifikasi tangki utilitas (lanjutan)

Tangki	**V-04**	**V-05**	**V-06**
Fungsi	Menghilangkan mineral yang masih terkandung di dalam air	Melarutkan NaOH untuk regenerasi penukar aion	Melarutkan NaClsebagai umpan regenerasi penukar anion
Jenis Tangki	Tangki Silinder	Tangki Silinder	Tangki Silinder
Bahan Konstruksi	*Carbon Steel*	*Carbon Steel*	*Carbon Steel*
Tinggi	4,36	2,1	1,2
Diameter	3,6	1,7	1
Volume	37,6	4,3	0,9
Jumlah Impeller	-	1	1
Motor Power	-	1,5	0,75

Tabel 5.8 Spesifikasi tangki utilitas (lanjutan)

Tangki	**V-07**	**V-08**	**V-09**
Fungsi	Menghlangkan bakteri pada air menggunakan kaporit (klorin)	Menghilangka n gas CO2 dan O2 yang terikat dalam *feed water*	Mengumpulk an kondensat
Jenis Tangki	Tangki Silinder	Tangki Silinder Horizontal	Tangki Silinder Horizontal
Bahan Konstruksi	*Carbon Steel*	*Carbon Steel*	*Carbon Steel*
Tinggi	3,3	3,2	6,5
Diameter	1,6	3,2	3,2
Volume	3,6	27,3	27,3
Jumlah Impeller	-	-	-
Motor Power	-	-	-

Tabel 5. 10 Spesifikasi bak utilitas

Kode	**Bak Pegendapan awal (TK-01)**	**Bak Penampung air bersih (TK-02)**
Fungsi	Mengendapkan kotoran dan lumpur yang terbawa dari air sungai	Menampung sementara air bersih setelah disaring
Jenis Bak	Bak persegi yang diperkuat beton bertulang	Bak persegi yang diperkuat beton bertulang dan dilapisi porselin
Panjang	21	9,7
Lebar	21	4,8
Tinggi	10,5	9,7
Volume	4.634,2	463,2

Tabel 5. 11 Spesifikasi mixing tank dan klarifier utilitas

Kode	***Mixing tank* (MT-01)**	**Klarifier (CL-01)**
Fungsi	Menggumpalkan dan mengendapkan kotoran berupa dispersi koloid dalam air dengan menambahkan koagulan	Menggumpalkan dan mengendapkan koloid yang terbawa oleh air dan pengendap awal
Jenis	Tangki Silinder berpengaduk	Tangki silinder Conical Bottom berpengaduk
Tinggi (m)	5,2	7,1
Diameter (m)	5,2	11,3
Volume (m^3)	231,6	1.158,1
Jenis Impeler	*Marine Propeller 3 Blade*	*Marine Propeller 3 Blade*
Jumlah Impeler	1	1
Diameter Impeler (m)	1,7	3,7
Power Motor (hp)	0,25	1,5

Tabel 5. 12 Spesifikasi cooling tower

Kode	**Cooling Tower**
Fungsi	Mendinginkan air pendingin setelah digunakan
Jenis	Induced draft cooling tower
Bahan	Carbon Steel
Panjang (m)	4
Lebar (m)	4
Tinggi (m)	3,9

Tabel 5. 13 Spesifikasi blower cooling tower

Kode	**Blower Cooling tower (BL-01)**
Fungsi	Menghisap udara sekeliling untuk dikontakkan degan air yang didinginkan
Jenis	Centrifugal blower
Bahan	Carbon Steel
Kapasitas (m^3/jam)	299.655,5
Efisiensi (%)	80
Power (hp)	7,5

Tabel 5. 14 Spesifikasi sand filter

Kode	**Sand Filter (SF-01)**
Fungsi	Menyaring partikel-partikel halus yang ada dalam air
Jenis	Tangki Silinder
Bahan	Carbon Steel
Volume (m^3)	46,8
Diameter (m)	2,2
Tinggi (m)	4,5

Tabel 5. 15 Spesifikasi compressor utilitas

Kode	**Compressor (C-01)**
Fungsi	Menekan udara sebanyak jumlah yang ditentukan dan mengubah tekanan menjadi yang diinginkan
Jenis	*Compressor Centrifugal*
Bahan	*Carbon Steel*
Kapasitas (kmol/jam)	0,08
Efisiensi (%)	80
Power (hp)	0,16

Tabel 5. 16 Spesifikasi boiler utilitas

Kode	***Boiler* (B-01)**
Fungsi	Membuat *saturated steam*
Jenis	*Tangki silinder horizontal*
Diameter (m)	2,8
Tinggi (m)	5,6
Volume (m^3)	17,5

BAB VI
EVALUASI EKONOMI

Evaluasi ekonomi merupakan bagian penting dalam studi kelayakan suatu proyek pendirian pabrik. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk mengetahui apakah proyek tersebut layak dijalankan dari sisi investasi dan operasional. Dalam konteks pendirian pabrik natrium nitrat, evaluasi ekonomi diperlukan untuk memastikan bahwa biaya yang dikeluarkan selama masa konstruksi dan operasional akan menghasilkan keuntungan yang memadai bagi investor serta memiliki risiko yang dapat diterima. Pada tahap awal perencanaan pembangunan pabrik, pelaksanaan analisis ekonomi menjadi hal yang sangat krusial untuk memperoleh estimasi kelayakan investasi modal dalam kegiatan produksi. Analisis ini mencakup evaluasi kebutuhan modal investasi, proyeksi laba yang dapat diperoleh, periode pengembalian modal, serta penentuan titik impas (*break-even point*) di mana total biaya produksi sama dengan pendapatan yang diperoleh. Tujuan utama dari analisis ekonomi ini adalah untuk menilai apakah pendirian pabrik tersebut layak secara ekonomi dan mampu memberikan keuntungan yang memadai.

Dalam proses evaluasi, beberapa indikator penting yang menjadi perhatian meliputi:

1. *Return On Investment* (ROI)
2. *Pay Out Time* (POT)
3. *Discounted Cash Flow Rate* (DCF Rate)
4. *Break Even Point* (BEP)
5. *Shut Down Point* (SDP)

Sebelum melakukan analisis terhadap indikator-indikator tersebut, perlu dilakukan estimasi terhadap beberapa komponen berikut:

a. *Total Capital Investment*, yang meliputi dari:
    1) *Fixed Capital Investment* (modal tetap)
    2) *Working Capital Investment* (modal kerja)
b. *Total Production Cost*, yang terdiri dari:
    1) *Manufacturing Cost* (biaya pembuatan)
    2) *General Expense* (biaya umum)
c. PendapatanModal

    Untuk menentukan titik impas (*break even point*), diperlukan estimasi terhadap biaya tetap (*Fixed Cost*), biaya variabel (*Variable Cost*), serta biaya mengambang (*Regulated Cost*) sebagai dasar dalam perhitungan.

6.1 Penafisran Harga Peralatan

Penentuan harga peralatan pada setiap tahun merupakan tantangan karena dipengaruhi oleh perubahan kondisi ekonomi yang menyebabkan fluktuasi harga. Oleh sebab itu, diperlukan suatu metode atau pendekatan untuk memproyeksikan harga peralatan pada tahun tertentu dengan mempertimbangkan indeks harga peralatan operasi pada periode yang bersangkutan. Dalam analisis ekonomi, nilai harga peralatan beserta faktor-faktor lainnya dihitung berdasarkan tahun analisis yang dijadikan acuan.

Penentuan harga pada suatu tahun memerlukan identifikasi terhadap indeks harga yang berlaku pada tahun tersebut. Proses ini umumnya dilakukan melalui estimasi indeks harga menggunakan data historis, misalnya data indeks dari tahun

1990 hingga 2023, yang kemudian dianalisis dengan metode regresi linear. Pada penelitian ini, analisis harga peralatan menggunakan tahun 2014 sebagai tahun dasar, yang selanjutnya digunakan untuk mengestimasi harga pembelian peralatan pada tahun pembangunan, yaitu tahun 2030.

Indeks harga yang digunakan dalam teknik kimia untuk tujuan ini adalah *Chemical Engineering Plant Cost Index* (CEPCI), yang juga dikenal sebagai CEP Indeks.

Tabel 6. 1 Indeks harga alat pada tahun 1970 -2023

Tahun(Xi)	Nilai(Yi)	Tahun(Xi)	Nilai(Yi)
1970	125,7	1997	386,5
1971	132,3	1998	389,5
1972	137,2	1999	390,6
1973	144,1	2000	394,1
1974	165,4	2001	394,3
1975	182,4	2002	395,6
1976	192,1	2003	402
1977	204,1	2004	444,2
1978	218,8	2005	468,2
1979	238,7	2006	499,6
1980	261,2	2007	525,4
1981	297,0	2008	575,4
1982	314,0	2009	521,9
1983	317,0	2010	550,8
1984	322,7	2011	585,7
1985	325,3	2012	584,6
1986	318,4	2013	567,3
1987	323,8	2014	576,1
1988	342,5	2015	556,8

Tabel 6. 1 Indeks harga alat pada tahun 1970 -2023 (lanjutan)

Tahun(Xi)	Nilai(Yi)	Tahun(Xi)	Nilai(Yi)
1989	355,4	2016	541,7
1990	357,6	2017	567,5
1991	361,3	2018	603,1
1992	358,2	2019	607,5
1993	359,2	2020	596,2
1994	368,1	2021	708,8
1995	381,1	2022	816
1996	381,7	2023	789,6
1997	386,5		

Harga alat dan lainnya diperhitungkan pada tahun evaluasi. Selain itu, harga alat dan lainnya ditentukan juga dengan referensi Peters dan Timmerhaus pada tahun 1990 dan Aries & Newton pada tahun 1955. Maka harga alat pada tahun evaluasi dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$Ex = Ey\frac{Nx}{Ny} \tag{6.1}$$

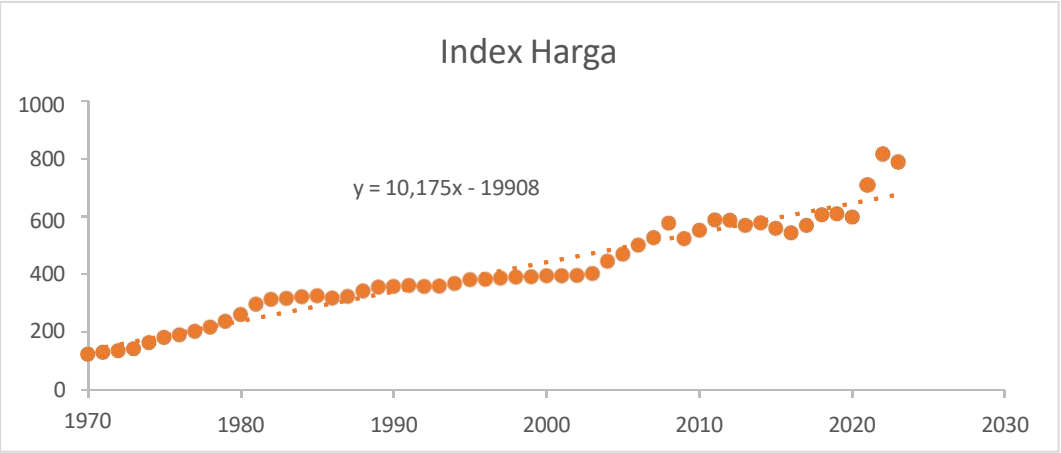
Dalam hubungan ini :

Ex : Harga pembelian pada tahun 2030

Ey : Harga pembelian pada tahun referensi 2014

Nx : Indeks harga tahun 2030

Ny : Indeks harga pada tahun referensi 2014



Gambar 6. 1 Index Harga

Persamaan yang diperoleh dari grafik adalah y = 10,175 X - 19908. Dengan menggunakan persamaan ini, dapat dihitung nilai CEP Indeks pada tahun referensi dan tahun perancangan. Nilai CEP Indeks pada tahun referensi 2030 adalah 747,25

Berdasarkan nilai CEP indeks tersebut,dapat ditentukan harga alat proses dan alat utilitas sebagai berikut :

Tabel 6. 2 Harga alat proses

Nama	Kode	Jumlah	Ey (2014)	Ex (2030)
Tangki HNO_3	T-01	1	$ 107.100,00	$ 107100
Silo NaOH	S-01	1	$ 176.400,00	$ 176400
Silo $NaNO_3$	S-02	1	$ 24.200,00	$ 24200
Mixer HNO_3	M-01	1	$ 972.700,00	$ 972700
Mixer NaOH	M-02	1	$ 839.900,00	$ 839900
Reaktor	R-01	1	$ 113.600,00	$ 113600
Evaporator	E-01	1	$ 291.800,00	$ 291800
Crystalizer	KR-01	1	$ 108.600,00	$ 108600
Centrifuge	CF-01	1	$ 144.000,00	$ 144000
Rotary Dryer	RD-01	1	$ 381.800,00	$ 381800
Pin Mill	PM-01	1	$ 25.000,00	$ 25000
Vibrating Screnning	VS-01	1	$ 38.100,00	$ 38100

Tabel 6. 2 Harga alat proses (lanjutan)

Nama	Kode	Jumlah	Ey (2014)	Ex (2030)
Heater 1	HE-01	1	$ 1.300,00	$ 1300
Heater 2	HE-02	1	$ 44.200,00	$ 44200
Pompa 1	P-01	2	$ 7.400,00	$ 7400
Pompa 2	P-02	2	$ 7.400,00	$ 7400
Pompa 3	P-03	2	$ 7.400,00	$ 7400
Pompa 4	P-04	2	$ 7.400,00	$ 7400
Pompa 5	P-05	2	$ 7.400,00	$ 7400
Pompa 6	P-06	2	$ 4.500,00	$ 4500
Pompa 7	P-07	2	$ 4.500,00	$ 4500
Blower	BL-01	1	$ 16.000,00	$ 10800
Screw Conveyor	SC-01	1	$ 3.800,00	$ 10800
Screw Conveyor	SC-02	1	$ 3.800,00	$ 10800
Screw Conveyor	SC-03	1	$ 3.800,00	$ 10800
Screw Conveyor	SC-04	1	$ 3.800,00	$ 16000
Cooling Conveyor	CL-01	1	$ 7.200,00	$ 3800
Condenser	CD-01	1	$ 15.400,00	$ 3800
Filter Udara	FU-01	1	$ 41.800,00	$ 3800
	Total			$ 4.539.144,90

Tabel 6. 3 Harga alat utilitas

Nama	Kode	Jumlah	Ey (2014)	Ex (2030)
Pompa	PU-01	2	$ 18.700,00	$ 48.510,94
Pompa	PU-02	2	$ 18.700,00	$ 48.510,94
Pompa	PU-03	2	$ 17.000,00	$ 44.100,85
Pompa	PU-04	2	$ 17.000,00	$ 44.100,85
Pompa	PU-05	2	$ 17.000,00	$ 44.100,85
Pompa	PU-06	2	$ 17.000,00	$ 44.100,85
Pompa	PU-07	2	$ 8.000,00	$ 20.753,34

Tabel 6. 3 Harga alat utilitas (lanjutan)

Nama	Kode	Jumlah	Ey (2014)	Ex (2030)
Pompa	PU-08	2	$ 8.000,00	$ 20.753,34
Pompa	PU-09	2	$ 6.800,00	$ 17.640,34
Bak Pengendapan awal	TK-01	1	$ 31.000,00	$ 40.209,60
Tangki Tawas	V-01	1	$ 30.000,00	$ 38.912,52
Tangki CaOH	V-02	1	$ 35.000,00	$ 45.397,93
Tangki Kation	V-03	1	$ 46.900,00	$ 60.833,23
Tangki Anion	V-04	1	$ 46.900,00	$ 60.833,23
Tangki NaOH	V-05	1	$ 143.800,00	$ 186.520,66
Tangki NaCl	V-06	1	$ 74.400,00	$ 96.503,04
Mixing Tank	MT-01	1	$ 20.000,00	$ 25.941,68
Klarifier	KL-01	1	$ 32.000,00	$ 41.506,68
Sand Filter	SF-01	1	$ 13.000,00	$ 16.862,09
Bak Penampungan air bersih	TK-02	2	$ 20.000,00	$ 25.941,68
Cooling Tower	CT-01	2	$ 65.000,00	$ 84.310,45
Tangki Klorinasi	V-07	1	$ 32.000,00	$ 41.506,68
Tangki Air Bersih	TK-03	1	$ 35.000,00	$ 45.397,93
Kompresor	C-01	1	$ 12.000,00	$ 15.565,01
Boiler	B-01	1	$ 213.300,00	$ 276.667,98
Tangki Deaerator	V-08	1	$ 50.000,00	$ 64.854,19
Tangki Kondensat	V-09	1	$ 11.600,00	$ 15.046,17
	Total			$ 1.515.383,05

6.2 Penafisran Harga Peralatan

Pabrik natrium nitrat berkapasitas 25.000 ton/tahun yang memanfaatkan natrium hidroksida (NaOH) dan asam nitrat (HNO_3) sebagai bahan baku dapat dikategorikan sebagai pabrik dengan tingkat risiko sedang. Klasifikasi ini

didasarkan pada karakteristik bahan baku dan kondisi operasi proses. Reaksi netralisasi antara natrium hidroksida dan asam nitrat umumnya berlangsung pada tekanan atmosfer dan suhu operasi 60°C, sehingga kondisi operasinya cukup stabil dan mudah dikendalikan.

Meskipun demikian, kedua bahan baku memiliki sifat yang memerlukan penanganan khusus. Natrium hidroksida merupakan bahan kimia yang bersifat korosif dan dapat menyebabkan iritasi atau luka bakar apabila kontak langsung dengan kulit maupun mata. Sementara itu, asam nitrat juga bersifat sangat korosif serta merupakan oksidator kuat yang dapat bereaksi dengan berbagai material tertentu. Oleh karena itu, penerapan sistem keselamatan kerja, penggunaan peralatan tahan korosi, serta kepatuhan terhadap prosedur operasi standar (*Standard Operating Procedure*) sangat diperlukan untuk meminimalkan potensi bahaya selama proses produksi.

Analisis kelayakan ekonomi dilakukan untuk menilai prospek pendirian pabrik berdasarkan tingkat keuntungan yang dapat diperoleh. Evaluasi ini bertujuan untuk mengetahui apakah pabrik memiliki potensi ekonomi yang layak untuk direalisasikan. Dalam analisis kelayakan ekonomi rancangan pabrik ini, dilakukan perhitungan menggunakan berbagai parameter ekonomi, seperti kebutuhan investasi modal (*Capital Investment*), biaya produksi, estimasi laba, periode pengembalian modal (*Pay Out Time*/POT), nilai arus kas terdiskonto (*Discounted Cash Flow*), serta titik impas (*Break Even Point*/BEP), sehingga dapat diketahui tingkat kelayakan investasi pembangunan pabrik natrium nitrat.

Kapasitas Pabrik Natrium Nitrat : 25.000 ton/tahun

Satu tahun operasi	: 330 hari
Umur pabrik	: 10 tahun
Pabrk didirikan pada tahun	2030
Kurs mata uang saat ini	1 US $ = Rp 17.917

6.3 Komponen Biaya

Dalam perancangan pabrik, analisis terhadap komponen biaya merupakan tahap penting untuk memperoleh estimasi kebutuhan dana secara menyeluruh. Dengan mengetahui rincian komponen biaya, maka kelayakan ekonomi dari pabrik dapat dianalisis secara objektif. Secara umum, komponen biaya dalam pendirian pabrik dibagi menjadi tiga kategori utama, yaitu *capital investment*, *manufacturing cost*, dan *general expense.*

6.3.1 Modal (*Capital Investment*)

Capital investment adalah jumlah pengeluaran yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas pabrik dan untuk mengoperasikannya. *Capital investment* terdiri dari :

1. *Fixed Capital Investment*

Fixed Capital Investment merupakan biaya yang diperlukan untuk mendirikan fasilitas-fasilitas pabrik

Tabel 6. 4 *Physical plant cost* (PPC)

Komponen	Biaya(US $)	Biaya (Rp)
Purchase Equipments Cost	$ 6.054.528	Rp 108.478.977.218
Installation, Insultation, Painting	$ 1.513.632	Rp 27.119.744.305
Instrumentation and Controls	$ 363.272	Rp 6.508.738.633
Piping	$ 605.453	Rp 10.847.897.722

Tabel 6.4 *Physical plant cost* (PPC) (lanjutan)

Komponen	Biaya(US $)	Biaya (Rp)
Electrical	$ 605.453	Rp 10.847.897.722
Buildings, Process and Auxiliary	$ 1.233.019	Rp 22.092.000.000
Service Facilities and Yard	$ 2.421.811	Rp 43.391.590.887
Land	$ 1.206.904	Rp 21.624.100.000
Total	$ 7.949.543	Rp 142.431.969.268

Tabel 6. 5 *Direct plant cost* (DPC)

Komponen	Biaya(US $)	Biaya (Rp)
Engineering, Supervision	$ 397.477	Rp 7.121.598.463
Construction	$ 476.973	Rp 8.545.918.156
Total	$ 874.450	Rp 15.667.516.620

Tabel 6. 6 Fixed capital investment (FCI)

Komponen	Biaya(US $)	Biaya (Rp)
Direct Plant Cost	$ 8.823.993,18	Rp 158.099.485.888,01
Contractor Fee	$ 529.439,59	Rp 9.485.969.153
Contingency Cost	$ 441.199,66	Rp 7.904.974.294
Total	$ 9.794.632,43	Rp 175.490.429.336

2. *Working capital investment* (WCI)

Working capital investment merupakan biaya yang diperlukan untuk menjalankan usaha atau modal untuk menjalankan operasi dari suatu pabrik selama waktu tertentu. Beberapa sumber modal untuk mendirikan pabrik meliputi pinjaman bank, dana pribadi, atau investasi dari pihak ketiga. Tujuan utama dari investasi adalah untuk memperoleh keuntungan dari modal yang telah ditanamkan. Beberapa karakteristik investasi yang baik antara lain:

a. Mampu menghasilkan keuntungan maksimal

b. Memiliki periode pengembalian investasi yang cepat

c. Mematuhi regulasi yang baik, menggunakan teknologi yang memadai, serta aman dan terpercaya.

Tabel 6. 7*Working capital investment* (WCI)

Komponen	Biaya(US $)	Biaya (Rp)
Raw Material Inventory	$ 1.904.738	Rp 34.127.192.399
In Process Inventory	$ 1.383.544	Rp 24.788.949.359
Product Inventory	$ 2.767.087	Rp 49.577.898.717
Extended Inventory	$ 32.971	Rp 590.740.482
Available Cash	$ 2.767.087	Rp 49.577.898.717
Total	$ 8.855.427	Rp 158.662.679.673

6.3.2 Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*)

Manufacturing cost atau biaya produksi merupakan seluruh biaya yang dikeluarkan dalam menjalankan proses produksi selama pabrik beroperasi. Biaya ini terbagi menjadi tiga kategori utama, yaitu direct *manufacturing cost*, *indirect manufacturing cost*, dan *fixed manufacturing cost.*

Tabel 6. 8 Total *manufacturing cost*

Komponen	Biaya(US $)	Biaya (Rp)
Direct Manufactoring Cost	$ 24.529.804	Rp 439.500.502.103
Inderect Manufactoring Cost	$ 4.977.663	Rp 89.184.792.999
Fixed Manufactoring cost	$ 930.490	Rp 16.671.590.787
Total	$ 30.437.958	Rp 545.356.885.888

1. *Direct Manufactoring Cost* (DMC)

Direct manufacturing cost adalah biaya langsung yang terkait dengan proses produksi, seperti pembelian bahan baku utama, biaya utilitas (listrik, air, uap), serta upah tenaga kerja langsung yang terlibat dalam pengoperasian unit proses.

Tabel 6. 9 *Direct manufacturing cost* (DMC)

Komponen	Biaya(US $)	Biaya (Rp)
Raw Material	$ 20.952.119	Rp 375.399.116.386
Labor Cost	$ 1.421.957	Rp 25.477.200.000
Supervision	$ 142.196	Rp 2.547.720.000
Maintenance	$ 195.893	Rp 3.509.808.587
Plant Supplies	$ 19.589	Rp 350.980.859
Royalty and Patents	$ 362.680	Rp 6.498.145.300
Utilities	$ 1.435.370	Rp 25.717.530.972
Total	$ 24.529.804	Rp 439.500.502.103

2. *Inderect Manufactoring Cost* (IMC)

Indirect manufacturing cost mencakup biaya-biaya tidak langsung dalam produksi, seperti biaya perawatan dan perbaikan alat, biaya kebersihan, serta overhead pabrik.

Tabel 6. 10 *Indirect Manufacturing Cost* (IMC)

Komponen	Biaya(US $)	Biaya (Rp)
Payoll Overhead	$ 213.294	Rp 3.821.580.000
Laboratory	$ 142.196	Rp 2.547.720.000
Plant Overhead	$ 995.370	Rp 17.834.040.000
Packaging and Shipping	$ 3.626.804	Rp 64.981.452.999
Total	$ 4.977.663	Rp 89.184.792.999

3. *Fixed Manufactoring cost* (FMC)

Fixed Cost merupakan biaya tertentu yang selalu dikeluarkan baik pada saat pabrik beroperasi maupun tidak, dengan kata lain pengeluaran yang bersifat tetap tidak tergantung waktu dan tingkat produksi.

Tabel 6. 11 *Fixed manufacturing cost* (FMC)

Komponen	Biaya(US $)	Biaya (Rp)
Depreciation	$ 783.571	Rp 14.039.234.347
Property Tax	$ 97.946	Rp 1.754.904.293
Insurance	$ 48.973	Rp 877.452.147
Total	$ 930.490	Rp 16.671.590.787

6.3.3 Pengeluaran Umum (*General Expenses*)

Pengeluaran umum, atau *General Expenses*, mencakup biaya-biaya yang terkait dengan fungsi-fungsi perusahaan yang tidak termasuk dalam biaya produksi (*Manufacturing cost*). Biaya ini dikeluarkan untuk mendukung kelancaran operasional perusahaan secara keseluruhan.

Tabel 6. 12 *General expense* (GE)

Komponen	Biaya(US $)	Biaya (Rp)
Administrasi	$ 913.138,73	Rp 6.360.706.577
Sales Expense	$ 1.521.897,88	Rp 27.267.844.294
Research	$ 1.065.328,52	Rp 19.087.491.006
Finance	$ 186.500,59	Rp 3.341.531.090
Total	$ 3.686.865,71	Rp 66.057.572.967

6.4 Analisa Keuntungan

Keuntungan sebelum pajak

Total penjualan : Rp 649.814.529.987,16

Total *production cost*	: Rp 611.414.458.855,56
Keuntungan	: Total Penjualan – Total biaya produksi
	: Rp 649.814.529.987,16 – Rp 611.414.458.855,56
	: Rp 38.400.071.131,60
Keuntungan sesudah pajak	
Pajak 20% dari keuntungan	: Rp 30.720.056.905,28
Keuntungan	: Keuntungan sebelum pajak – pajak
	: Rp 30.720.056.905,28

6.5 Analisa Resiko Pabrik

Analisa risiko merupakan bagian penting dalam evaluasi kelayakan dan keberlanjutan operasional suatu pabrik. Risiko tidak hanya berkaitan dengan aspek keselamatan kerja, tetapi juga mencakup potensi kerugian ekonomi, gangguan proses, dan dampak terhadap lingkungan. Oleh karena itu, penilaian risiko dilakukan secara komprehensif untuk mengidentifikasi potensi bahaya serta menetapkan tingkat kewaspadaan dan pengendalian yang diperlukan.

Beberapa faktor utama yang dinilai dalam analisa risiko ini antara lain:

a. Kondisi Operasi

   Faktor ini meliputi kompleksitas proses produksi, penggunaan sistem kontrol otomatis, serta stabilitas aliran proses secara umum. Proses yang melibatkan banyak unit operasi atau kondisi dinamis rentan terhadap gangguan jika tidak didukung oleh sistem kendali yang andal.

b. Jenis Bahan Baku dan Produk

   Bahan baku dan produk yang mudah terbakar, beracun, atau reaktif secara kimia dapat meningkatkan tingkat risiko pabrik. Oleh karena itu, identifikasi

karakteristik bahan sangat penting untuk menentukan kebutuhan proteksi dan penanganan khusus.

c. Tekanan dan Suhu Operasi

Proses yang berlangsung pada suhu dan tekanan tinggi memiliki risiko kebocoran, ledakan, atau kegagalan peralatan. Evaluasi dilakukan untuk menilai sejauh mana kondisi operasi ekstrem diterapkan dan bagaimana mitigasinya.

d. Regulasi Pemerintah

Tingkat risiko juga dipengaruhi oleh sejauh mana pabrik harus tunduk pada regulasi lingkungan dan keselamatan dari pemerintah. Semakin ketat regulasi yang berlaku, maka semakin besar konsekuensi apabila terjadi pelanggaran

e. Keberadaan dan Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik menentukan dampak risiko terhadap lingkungan sekitar. Pabrik yang dekat dengan pemukiman padat atau kawasan sensitif lingkungan memerlukan perhatian khusus terkait potensi dampak eksternal.

f. Asal Bahan Baku

Stabilitas pasokan bahan baku juga berpengaruh terhadap risiko operasi. Ketergantungan pada bahan baku impor atau sumber yang tidak konsisten dapat menimbulkan gangguan rantai pasok dan menambah risiko finansial. Setiap faktor di atas diberikan penilaian berdasarkan tingkat bahaya dan potensi dampaknya, yang kemudian diklasifikasikan ke dalam kategori risiko rendah (*low risk*) atau tinggi (*high risk*). Hasil analisa disajikan dalam bentuk tabel berikut ini :

Tabel 6. 13 Analisa risiko pabrik

Parameter	Deskripsi	*Risk*	
		Low	*High*
Kondisi Operasi	Reaksi netralisasi NaOH + HNO_3 bersifat eksotermis, dioperasikan pada suhu 60°C dengan jaket pendinginan	✓	
	Tekanan operasi atmosferik	✓	
	Bahan Baku dan Produk		
NaOH	NaOH, korosif kuat terhadap kulit, mata, dan saluran napas; tidak mudah terbakar dan tidak mudah menguap		✓
HNO_3	Bersifat korosif kuat dan oksidator; pada konsentrasi tinggi dapat melepaskan uap NO_x yang toksik; reaktif eksotermis dengan basa/organik		✓
H_2O	Digunakan sebagai pelarut dan media pendingin, tidak berbahaya	✓	
$NaNO_3$	Padatan stabil, tidak mudah menguap; bersifat oksidator ringan (harus dijauhkan dari bahan mudah terbakar) tapi tidak reaktif dalam penyimpanan normal	✓	
	Regulasi Pemerintah		
Lingkungan & K3	PP No. 22/2021 tentang Perlindungan & Pengelolaan Lingkungan Hidup — AMDAL/RKL-RPL untuk penanganan limbah asam-basa; sudah diakomodasi lewat unit netralisasi limbah	✓	
	Permenaker No. 5/2018 tentang K3 Lingkungan Kerja — NAB uap HNO_3 (2 ppm) & paparan NaOH; dikendalikan dengan ventilasi, APD (goggle, sarung tangan tahan asam-basa), dan eyewash station		✓
	Keberadaan Pabrik		
	Pabrik direncanakan di Kalihurip, Cikampek, Karawang — kawasan industri dengan akses jalan tol (Tol Cipularang/Jakarta-Cikampek) memudahkan distribusi bahan baku & produk tanpa perlu akses pelabuhan langsung	✓	

Tabel 6. 13 Anlisa risiko pabrik (lanjutan)

Parameter	Deskripsi	*Risk*	
		Low	*High*
Asal Bahan Baku			
	NaOH diperoleh dari produsen chlor-alkali domestik yaitu PT Asahimas Chemical, Cilegon; HNO_3 dari produsen domestik yaitu PT Multi Nitrotama Kimia)	✓	

Berdasarkan hasil penilaian:

- Jumlah poin untuk kategori *low risk*: 7 poin
- Jumlah poin untuk kategori *high risk*: 3 poin

Dengan skor tersebut, maka secara keseluruhan pabrik ini dikategorikan sebagai *low risk*. Artinya, dengan menerapkan prosedur pengendalian dan sistem keselamatan yang tepat, operasional pabrik dapat berjalan dengan aman dan terkendali. Sejalan dengan hasil penilaian tersebut, pendekatan *low risk* juga diterapkan dalam analisis kelayakan ekonomi pabrik. Hal ini penting karena tingkat risiko teknis dan operasional suatu pabrik memengaruhi ekspektasi minimal terhadap parameter-parameter finansialnya.

6.6 Analisa Kelayakan

Evaluasi kelayakan bertujuan untuk menentukan apakah proyek pendirian pabrik natrium nitrat ini layak direalisasikan dari sisi finansial. Penilaian dilakukan dengan menggunakan sejumlah parameter ekonomi utama yang mencerminkan tingkat keuntungan, efisiensi pengembalian modal, serta kemampuan pabrik untuk bertahan dalam kondisi pasar yang tidak menguntungkan. Adapun parameter-parameter yang digunakan dalam analisa ini adalah sebagai berikut:

a. ROI (*Return on Investment*)

ROI digunakan untuk mengukur besarnya keuntungan bersih terhadap total modal investasi. Nilai ROI yang tinggi menunjukkan efisiensi penggunaan modal. Pabrik dengan risiko rendah memiliki ROI sebelum pajak minimum sebesar 11%, sementara pabrik dengan risiko tinggi memiliki ROI sebelum pajak minimum sebesar 44%. Uang yang diperoleh atau hilang dari investasi tersebut dikenal sebagai laba/rugi atau bunga.

$$ROI = \frac{Laba\ Bersih\ Tahunan}{Total\ Capital\ Investment} \times 100\% \qquad (6.2)$$

Dari hasil perhitungan, diperoleh:
ROI sebelum pajak : 21,88%
ROI setelah pajak : 17,51%

b. POT (*Pay Out Time*)

Pay Out Time adalah durasi waktu yang diperlukan untuk mengembalikan modal berdasarkan keuntungan yang diperoleh. Perhitungan ini berguna untuk menentukan berapa lama waktu yang dibutuhkan agar investasi yang telah dilakukan dapat kembali.

$$POT = \frac{Fixed\ capital\ investment}{Keuntungan\ +\ Depresant} \qquad (6.3)$$

Hasil evaluasi menunjukkan:
POT sebelum pajak : 3,35 / tahun
POT setelah pajak : 3,95 / tahun

Berdasarkan literatur Aries & Newton, proyek pabrik kimia dengan kategori low risk memiliki batas maksimum POT sebesar 5 tahun. Karena nilai POT proyek ini berada jauh di bawah batas tersebut, maka proyek ini dinyatakan layak secara ekonomis untuk kategori risiko rendah.

c. BEP (*Break Even Point*)

BEP menunjukkan seberapa besar kapasitas produksi minimum yang harus dicapai agar perusahaan tidak mengalami kerugian.

$$BEP = \frac{Fa + 0{,}3\ Ra}{Sa\ - Va\ - 0{,}7\ Ra} \times 100\% \qquad (6.4)$$

Dimana :

Fa : *Annual Fixed Manufacturing Cost* pada produksi maksimum

Ra : *Annual Regulated Expenses* pada produksi maksimum

Va : *Annual Variable Value* pada produksi maksimum

Sa : *Annual Sales Value* pada produksi maksimum

Tabel 6. 14 *Annual fixed manufacturing cost* (Fa)

Komponen	Biaya(US $)	Biaya (Rp)
Depreciation	$ 783.570,59	Rp 14.039.234.346,86
Property Tax	$ 48.973,16	Rp 877.452.146,68
Insurance	$ 97.946,32	Rp 1.754.904.293,36
Total	$ 930.490,08	Rp 16.671.590.786,89

Tabel 6. 15 *Annual regulated expenses* (Ra)

Komponen	Biaya(US $)	Biaya (Rp)
General Expense	$ 3.686.866	Rp 66.057.572.967
Labor	$ 1.421.957	Rp 25.477.200.000
Supervision	$ 142.196	Rp 2.547.720.000
Maintenance	$ 195.893	Rp 3.509.808.587
Plant Supllies	$ 19.589	Rp 350.980.859
Plant overhead	$ 995.370	Rp 17.834.040.000
Laboratory	$ 142.196	Rp 2.547.720.000
Payroll overhead	$ 213.294	Rp 3.821.580.000
Total	$ 6.817.359	Rp 122.146.622.413

Tabel 6. 16 *Annual variable value* (Va)

Komponen	Biaya(US $)	Biaya (Rp)
Raw Material	$ 20.952.119	Rp 375.399.116.386
Packaging and Shipping	$ 3.626.804	Rp 64.981.452.999
Utilities	$ 1.435.370	Rp 25.717.530.972
Royalities And Patens	$ 362.680	Rp 6.498.145.300
Total	$ 26.376.974	Rp 472.596.245.656

Tabel 6. 17 *Annual sales value* (Sa)

Komponen	Biaya(US $)	Biaya (Rp)
Annual Sales Value	$ 34.124.823,3	Rp 611.414.458.855,56
Total	$ 34.124.823,3	Rp 611.414.458.855,56

Nilai BEP proyek ini sebesar 58,13%, yang masih dalam rentang ideal untuk pabrik kimia yaitu 40%–60%. Ini berarti pabrik masih dapat menutupi seluruh biaya operasionalnya bahkan jika hanya berproduksi sedikit lebih dari setengah kapasitas maksimum. Hal ini menandakan fleksibilitas dan daya tahan pabrik terhadap fluktuasi permintaan.

d. SDP (*Shut Down Point*)

Shut Down Point adalah kondisi atau titik di mana keputusan untuk menghentikan aktivitas produksi harus diambil. Penyebabnya bisa berupa biaya variabel yang terlalu tinggi atau keputusan manajemen yang menganggap aktivitas produksi tidak ekonomis karena tidak menghasilkan keuntungan. Hal ini terjadi karena biaya melanjutkan operasi pabrik lebih besar dibandingkan dengan biaya untuk menutup pabrik dan membayar biaya tetap.

$$SDP = \frac{0{,}3\ Ra}{Sa\ -Va\ -0{,}7\ Ra} \times 100\% \qquad (6.5)$$

Dari analisis diperoleh:

SDP = 40%

Menurut Aries & Newton, nilai SDP ideal untuk pabrik kimia berada dalam kisaran 20%–40%. Nilai SDP sebesar 40% menunjukkan bahwa pabrik tetap dapat beroperasi meskipun hanya mencapai seperlima dari kapasitas maksimumnya, sehingga dikategorikan sangat layak dan tahan terhadap penurunan tajam permintaan pasar.

e. DCFRR (*Discounted Cash Flow Rate of Return*)

Discounted Cash Flow Rate of Return adalah estimasi keuntungan yang diharapkan diperoleh setiap tahun dari investasi, yang tidak dikembalikan pada akhir setiap tahun selama masa operasional pabrik.

$$\frac{(WC + FCI) \times (1+i)^{10}}{CF} = ((1+i)^9 + 1 + i)^8 + \ldots + (1+i)1) \ \frac{WC + SC}{CV} \tag{6.6}$$

Dimana :

FCI = *Fixed capital investment*

WC = *Working capital investment*

SV = *Salvage value* = depresiasi

n = Umur pabrik 10 tahun

i = Nilai DCFR

Berdasarkan perhitungan:

DCFRR = 13,52%

Sebagai tolok ukur, digunakan 1,5 kali suku bunga acuan Bank Indonesia (BI-Rate). Berdasarkan hasil Rapat Dewan Gubernur BI pada April 2026, suku bunga ditetapkan sebesar 5,75%. Maka:

$$DCFRR\ minimum = 1{,}5 \times 5{,}75\% = 8{,}63\%$$

$$DCFRR > DCFRR\ minimum$$

$$13{,}52\% > 8{,}63\%$$

Maka proyek layak secara finansial, dengan keuntungan yang sangat tinggi terhadap risiko yang dihadapi.

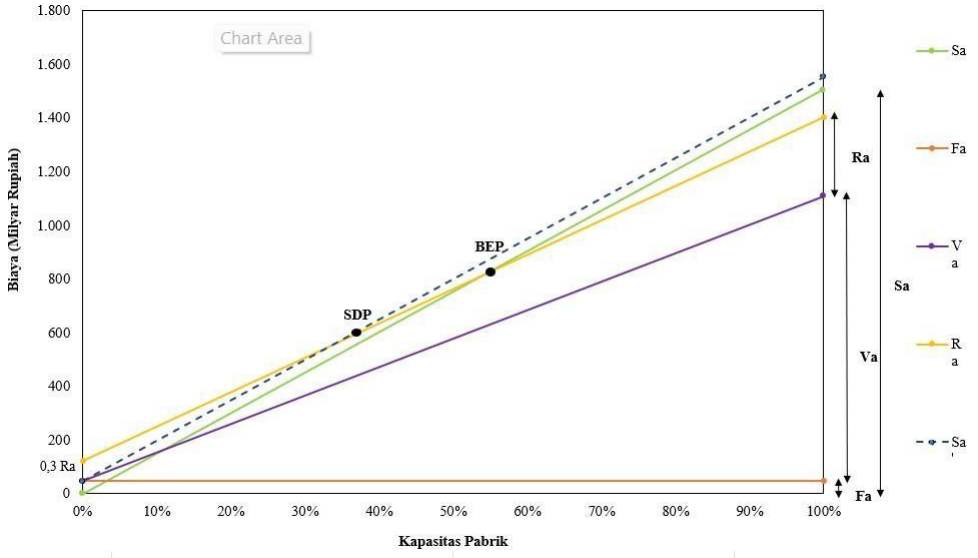
Tabel 6. 18 Hasil kelayakan ekonomi

Kriteria	**Terhitung**	**Persyaratan**	**Kesimpulan**
ROI	17,51%	Minimal 11%	Memenuhi (layak)

Kriteria	Terhitung	Persyaratan	Kesimpulan
POT	3,94 tahun	Maksimal 5 tahun	Memenuhi (layak)
BEP	58%	Kisaran 40 – 60%	Memenuhi (layak)
SDP	40%	Minimal 20%	Memenuhi (layak)
DCFR	13,52%	Minimal = 8,63%(1,5% bunga bank)	Memenuhi (layak)

6.7 Hasil Evaluasi Ekonomi

Grafik evaluasi ekonomi di bawah menggambarkan hubungan antara kapasitas produksi (dalam persentase) terhadap harga atau biaya (dalam miliar rupiah). Beberapa kurva penting yang ditampilkan meliputi biaya tetap (FA), biaya variabel (VA), total biaya (RA), pendapatan dari penjualan (SA), serta dua indikator kelayakan ekonomi, yaitu Break Even Point (BEP) dan Shut Down Point (SDP) Grafik ini membantu menggambarkan secara visual sejauh mana pabrik dapat beroperasi dengan aman secara finansial.



Gambar 6. 2 Grafik hasil evaluasi ekonomi

Grafik evaluasi ekonomi ini menunjukkan garis penjualan (Sa) meningkat linier hingga Rp666,5 miliar pada kapasitas 100%, dengan biaya tetap (Fa) konstan

di Rp16,7 miliar. Biaya variabel (Va) naik dari Rp16,7 miliar hingga Rp472,6 miliar seiring bertambahnya kapasitas, sehingga total biaya (Ra) bergerak dari Rp53,3 miliar hingga Rp611,4 miliar pada kapasitas maksimum.

Break Even Point (BEP) tercapai pada kapasitas 58,13% (Rp377,7 miliar), nilai yang tergolong ideal untuk pabrik kimia karena tidak menuntut produksi penuh untuk balik modal. Sementara itu, *Shut Down Point* (SDP) berada di angka 39,95% (Rp276,3 miliar) sebagai batas minimum pabrik masih mampu menutup biaya variabelnya. Dengan potensi keuntungan Rp55,1 miliar pada kapasitas 100%, pabrik ini dinyatakan memiliki kelayakan ekonomi yang kuat dan fleksibilitas operasional yang baik.

BAB VII
PENUTUP

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan untuk perancangan pabrik natrium nitrat ($NaNO_3$) dari natrium hidroksida (NaOH) dan asam nitrat (HNO_3) melalui reaksi netralisasi dengan kapasitas 25.000 ton/tahun, baik dari segi teknis maupun ekonomi, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pendirian pabrik natrium nitrat dengan kapasitas 25.000 ton per tahun bertujuan untuk memenuhi permintaan natrium nitrat domestik, mengurangi ketergantungan pada impor, serta menciptakan lapangan pekerjaan dan mendorong pertumbuhan ekonomi. Pabrik natrium nitrat, yang berbentuk Perseroan Terbatas Terbuka (PT Tbk), akan didirikan di Kalihurip, Kecamatan Cikampek, Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat, dengan luas lahan total sebesar 8.564 m^2 dan mempekerjakan sebanyak 187 orang.
2. Dari perspektif evaluasi ekonomi dan analisis kelayakan, pabrik ini dianggap menarik dan layak untuk didirikan, dengan berbagai parameter kelayakan sebagai berikut:
    a. *Return On Investment* (ROI)
        1) ROI sebelum pajak = 21,88%
        2) ROI setelah pajak = 17,51%
    b. *Pay Out Time* (POT)
        1) POT sebelum pajak = 3,35 tahun
        2) POT setelah pajak = 3,95 tahun

Syarat POT maksimum sebelum pajak untuk pabrik dengan risiko rendah adalah 5 tahun

c. *Break Even Point* (BEP) = 58,13%

Nilai BEP untuk pabrik pada umumnya berada pada rentang 40%-60%

d. *Shut Down Point* (SDP) = 39,95%

Nilai SDP ideal untuk pabrik kimia berada pada rentang 20%-40%

e. *Discounted Cash Flow Rate* (DCFR) = 13,52%

Syarat minimum untuk DCFR adalah lebih tinggi dari 1,5 kali suku bunga pinjaman bank; berdasarkan suku bunga acuan Bank Indonesia (BI-Rate) sebesar 5,75%, maka DCFR minimum adalah 8,63%, sehingga nilai DCFR sebesar 13,52% telah memenuhi syarat kelayakan.

3. Berdasarkan keseluruhan tinjauan yang mencakup ketersediaan bahan baku, kondisi operasi proses, hasil evaluasi ekonomi, serta analisa risiko yang menunjukkan kategori risiko rendah (*low risk*), dapat disimpulkan bahwa pabrik natrium nitrat dengan kapasitas 25.000 ton per tahun layak untuk didirikan.

7.2 Saran

Perancangan pabrik kimia memerlukan pemahaman tentang konsep dasar yang dapat meningkatkan kelayakan pendirian pabrik, di antaranya sebagai berikut:

1. Dalam perancangan pabrik kimia, penting untuk memiliki pengetahuan dan pemahaman yang didukung oleh referensi dan pertimbangan terkait konsep dasar pendirian pabrik. Dengan mempelajari konsep-konsep tersebut secara mendalam, diharapkan pabrik natrium nitrat dapat direalisasikan untuk memenuhi kebutuhan domestik industri pupuk, kaca, dan cat, serta mengurangi

ketergantungan terhadap impor di masa depan seiring dengan meningkatnya permintaan.

2. Penting untuk mengoptimalkan pemilihan alat utama dan alat penunjang serta efisiensi penggunaan bahan baku natrium hidroksida dan asam nitrat guna memaksimalkan keuntungan yang diperoleh.

DAFTAR PUSTAKA

Austin, G. T. (1984). *Shreve's Chemical Process Industries* (5th ed.). McGraw-Hill.

Alijoyo, Wijaya, Jacob, 2023, A Hazard and Operability Studies Studi Potensi Bahaya dan Operabilitas, Center for Risk Management & Sustainability, Jakarta

Anonim, 2023, Informasi Produk Asam Nitrat, URL: Product − MNK, Diakses pada 29 Januari 2026

Anonim, 2023, Informasi Produk Natrium Hidroksida, URL: Specification Caustic Soda (NaOH) (asc.co.id), Diakses pada 29 Januari 2026

AWWA. (1990). Water Treatment Plant Design, 2ed. Mc Graw-Hill, New York.

Badan Pusat Statistik 2022, Impor Natrium Nitrat Indonesia, BPS, Diakses pada 20 Januari 2026,

Badger, W. L., & Banchero, J. T. (1955). *Introduction to Chemical Engineering*. McGraw-Hill.

Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). *Process Equipment Design*. John Wiley & Sons.

ChemicalBook. (2026). Safety Data Sheet (SDS): Nitric Acid. ChemicalBook.

ChemicalBook. (2026). Safety Data Sheet (SDS): Sodium Hydroxide. ChemicalBook.

Coulson, J. M., Richardson, J. F., Backhurst, J. R., & Harker, J. H. (1999). *Coulson & Richardson's Chemical Engineering* (Vols. 1–6). Butterworth-Heinemann.

Himmelblau, D. M. (1996). *Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering* (6th ed.). Prentice Hall.

Kern, D. Q. (1950). *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill.

Kirk, R.E dan Othmer, D.F, 2007, Encyclopedia of Chemical Engineering TechnologyVolume 22 4thc Edition, New York, John Wiley and Sons

Koiranen, T. (2017). Chemical Process Engineering: Design and Economics. De Gruyter.

Laguna Clay Company. (2018). Safety Data Sheet (SDS): Sodium Nitrate. Laguna Clay Company.

Levenspiel, O. (1999). Chemical Reaction Engineering (3rd ed.). John Wiley & Sons.

Ludwig, E. E. (1997). *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants* (Vols. 1–3, 3rd ed.). Gulf Publishing.

Ludwig, E. E. (2001). *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants*. Gulf Professional Publishing.

Perry, R. H., & Green, D. W. (Eds.). (1997). *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (7th ed.). McGraw-Hill.

Perry, R. H., & Green, D. W. (Eds.). (2008). *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (8th ed.). McGraw-Hill.

Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers* (4th ed.). McGraw-Hill.

Powell, S. T. (1967). *Water Conditioning for Industry*. McGraw-Hill.

Rase, H. F., & Barrow, M. H. (1957). *Project Engineering of Process Plants*. John Wiley & Sons.

Shreve, R. N. (1956). The Chemical Process Industries (2nd ed.). McGraw-Hill.

Stocchi, E., 1990, Industrial Chemistry Volume 1, Ellis Horwood, New York

Treybal, R. E. (1981). *Mass-Transfer Operations* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Ulrich, G. D. (1984). *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley & Sons.

United Nations Statistics Division. (n.d.). UN Comtrade Database. Retrieved Januari 22, 2026, from UN Comtrade Database

Walas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment: Selection and Design*. Butterworth-Heinemann.

Wisniak, J & Garcés, I, 2001, Educator The Rise And Fall Of The Salitre (Sodium Nitrate) Industry, Indian Journal of Chemical Technology, Vol.8

Yaws, C. L. (berbagai edisi). *Yaws' Handbook of Thermodynamic and Physical Properties of Chemical Compounds*. Gulf Professional Publishing.

LAMPIRAN A.

Perancangan reaktor

Reaktor-01

Kode : R-01

Fungsi : Mereaksikan NaOH dan HNO_3 Menjadi Natrium Nitrat

Jenis : Reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) dengan jaket pendingin

Sifat Reaksi : Eksotermis

Waktu Reaksi : 5 Menit

Bahan : Stainless Steel Type 316

Kondisi Operasi : T = 60°C
P = 1 atm

a. Densitas

$$\text{Densitas} = A(B^{-(1-\frac{T}{Tc})^n}$$

Komponen	Massa (kg/jam)	Fraksi Massa	Mol (Kmol/jam)	ρ (kg/L)	Fv (m^3/jam)
NaOH	3731,01	0,18	93,28	2,130	1,7516
HNO_3	5898,00	0,29	93,28	1,449	4,0567
H_2O	10809,09	0,53	600	0,995	10,8654
$NaNO_3$	0	0	0	2,261	0
Total	20418,11	1	786,57		16,6738

Komponen	Masuk (Kg/jam)		Keluar (Kg/jam)
	Arus 3	Arus 6	Arus 7
$NaOH_{(aq)}$	0	1276,35	63,82
$HNO_{3(l)}$	2010,82	0	100,54
$H_2O_{(l)}$	1783,18	5003,01	7332,33
$NaNO_{3(aq)}$	0	3830,09	6406,76
Total	13903,45		13903,45

b. Design Equation

1) Menghitung Kecepatan Alir Volumetrik

$$Fv = \frac{Massa\ Campuran}{\rho\ campuran}$$

Fv campuran = 15,6738 m^3

2) Menghitung waktu tinggal

- Rumus dasar waktu pencampuran

$$t_{ma} = (4/n) \times (D_t/D_a)^2 \times (H/D_t)$$

Keterangan :

n = kecepatan pengadukan

D_t = diameter tangki

D_a = diameter agitator

H = tinggi tangki

t_{ma} berbanding terbalik dengan kecepatan pengaduk. Untuk tangki dengan aspect ratio 1 dan $D_a / D_t = 1/3$

Parameter	Nilai
n	84 rpm = 1,4 rps
D_a / D_t	1/3
H/D_t	1

Karena $D_a / D_t = 1/3$ maka $D_t/D_a = 3$, sehingga $(D_t/D_a)^2 = 9$. Maka :

t_{ma} = 25,71 detik

waktu tinggal reaktor(CISTR) diambil sebesar 5-10 kali waktu pencampuran. Pada perhitungan ini diambil faktor 10 agar homogenitas campuran lebih efektif.

t = $10 \times t_{ma}$

t =257,14 detik

= 4,29 menit (dibulatkan menjadi 5 menit)

c. Menentukan Volume Reaktor

Fv × τ = 1,39 m^3

d. Dimensi Reaktor

1) Dimensi Tangki

Perancangan reaktor dibuat dengan faktor keamanan sebesar 20%, sehingga volume reaktor menjadi :

Volume Reaktor $= 1{,}2 \times 1{,}39\ m^3$

$= 1{,}67\ m^3$

Posisi tangki reaktor vertikal dengan tutup torispherical dished head, serta perbandingan diameter dan tinggi raktor yaitu, 1 : 1,5 (D:H = 1 : 1,5).

$V_{reaktor} = V_{shell} + V_{head}$

$V_{shell} = ¼\ \pi\ D^2.\ H$

$V_{head} = 0{,}000049\ D^3$

$H = 1{,}5\ D$

$V_{reaktor} = ¼\ \pi\ D^2.\ 1{,}5D + 2\ (0{,}000049.\ D^3)$

$= D3.\ (\frac{1{,}5}{4}\ \pi\ +\ 0{,}000098)$

$V_{reaktor} = 1{,}1776.\ D3$

$D = \sqrt[3]{\frac{V_{reaktor}}{1{,}1776}}$

$= \sqrt[3]{\frac{58{,}88\ ft^3}{1{,}1776}}$

$= 3{,}68$ ft

$= 44{,}21$ in

$= 1{,}12$ m

$H = 1{,}5\ D$

$= 1{,}5 \times 3{,}68$ ft

$= 5{,}53$ ft

$= 66{,}31$ in

$= 1{,}7$ m

$V_{head} = 0{,}000049\ D^3$

$= 0{,}000049\ D^3 \times 3{,}68\ ft^3$

$= 0{,}0025\ ft^3$

$H_{cairan} = \frac{V_{cairan}}{\frac{\pi}{4} \times D^2}$

$$= \frac{49{,}07 \text{ ft}^3}{\frac{\pi}{4} \times 3{,}68\, ft^2}$$

= 4,61 ft

= 1,40 m

2) Tebal didinding reaktor

Digunakan perrsamaan 13.1, Brownell & Young, 1959 hal. 254

$$ts = \frac{Pr}{fE - 0{,}6P} + C$$

Reaktor terdiri atas dinding (shell), tutup atas dan tutup bawah (head). Head atas dan head bawah berbentuk torispherical. Bahan untuk reaktor adalah stainless stell SA 316.

Spesifikasi :

Max.Allowable Stress (f)	= 18.750 psi
Efisiensi sambungan (E)	= 0,8 (Tabel 13.2 brownell 1959:254)
Faktor korosi (C)	= 0,125 (Tabel 6,Timmerhaus,1991:542)
Jari-jari shell (ri)	= 22,105 in

Menghitung tekanan total pada tangki

ρ	= 0,083 lb/ft^3
P_{total}	= $P_{operasi}$ + $P_{hidrostatis}$
$P_{operasi}$	= 14,6959 psi
$P_{hidrostatis}$	= ρ × H_{cairan}
	= 0,083 lb/ft^3 × 4,61 ft
	= 0,383 lb/ft^2
	= 0,0027 psi
P_{total}	= 14,6959 psi + 0,0027 psi
	= 14,6986 psi

Karena tekanan over design 20% maka, P desain menjadi 17,64 psi, Dari data-data di atas sehingga dapat diperoleh tebal shell (ts) = 0,1510 in Dari Tabel Brownell hal 350 tentang tebal shell,dipilih Ts standart = 3/16 in

3) Dimensi Head

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

Dimana :

th = tebal head, m

W = faktor intensifikasi untuk jenis head

f = *allowanle stress* =18750 psi

E = joint efisiensi = 0,8

C = *corrosion allowancce* = 0,125 in

OD = ID + 2ts

= 44,21 in + (2 × 0,1875)

= 44,58 in

Dari table 5.7 Brownell didapat:

OD = 48 in

Icr = 3 in

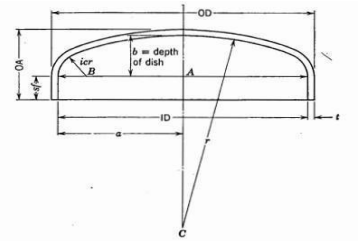
rc = 48 in

W $= \frac{1}{4}\left(3 + \sqrt{\frac{r}{icr}}\right)$

= 1,75

Dari data-data diatas diperoleh tebal head(th) = 0,174 in Dari tabel Brownell hal 350 tentang tebal head, dipilih :

Th standar = 3/16 in



Dengan th sebesar 3/16 in maka nilai sf adalah 1,5 – 2, sehingga dipilih nilai sf sebesar 2 in

ID = OD – 2ts

= 47,63 in

a = ID/2

= 23,81 in

AB = a – icr

= 20,81 in

BC = r – icr

= 45,00 in

AC = $\sqrt{BC^2 - AB^2}$

= 39,90

b = r – AC

= 8,10

OA = thead + b + sf

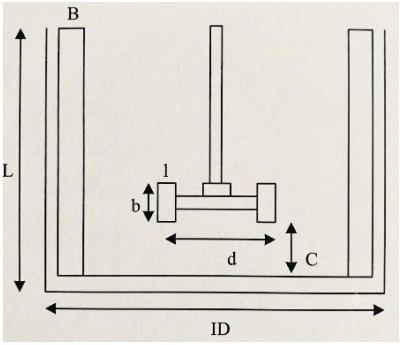
= 10,29 in

$H_{reaktor}$ = H_{shell} + 2.OA

= 92,02 in

=2,34 m

4) Dimensi Pengaduk



Dimana :

ID = diameter dalam reaktor

D = diameter pengaduk

L = panjang sudu pengaduk

C = jarak pengaduk dengan dasar tangki

b = lebar sudu pengaduk

B = lebar baffle

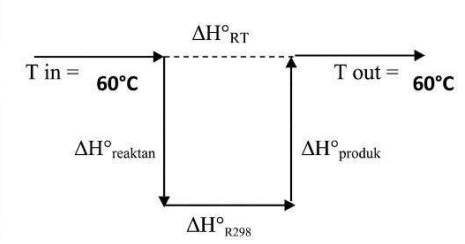
L = tinggi cairan

Sehingga,

Diameter pengadik (d)	= ID/3	= 14,74 in
Lebar sudu pengaduk(b)	= d/5	= 2,95 in

Panjang sudu pengaduk (l)	= d/4	= 3,68 in
Lebar baffle (B)	= ID/12	= 3,97 in
Jarak pengaduk dari dasar tangki (C)	= 0,75 d	= 11,05 in

e. Neraca Panas



Komponen	Input (kJ/jam)	Output (kJ/jam)
Q_{in}	2.230.333,75	
Q_{out}		2.143.220,64
Q_{Reaksi}	-154.030,00	
$Q_{terserap}$		-66.916,89
Total	2076303,75	2076303,75

f. Dimensi Jacket Pendingin

1) Menghitung ΔT_{LMTD}

Initial	Fluida Panas (°F)		Fluida Dingin (°F)	ΔT (°F)
ΔT_1	140	Higher Temperature	113	27
ΔT_2	140	Lower Temperature	86	54

ΔT_{LMTD} = 104,91 °F

$Q_{pendingin}$ = 66.917,81 kj/jam

2) Menghitung kebutuhan air pendingin

ΔH = 63

$m_{pendingin}$ = $Q/\Delta H$

=1.062,19 kg/jam

3) Menghitung Luas Transfer Panas

Untuk fluida panas aqueous solutions dan fluida dingin air, nilai UD = 250-500 Btu/ft2.ºF.jam (Kern table 8 pg 840). Diambil UD = 250 Btu/ft2.ºF.jam

A = 2,42 ft^2

4) Menghitung Luas selubung

A = Luas selimut + luas penampung bawah reaktor

= (π.D.H) + (π/4.D^2)

= 189,0551 ft^2

Karena luas transfer panas kurang dari luas selubung reaktor maka menggunakan jaket pendingin.

5) Menghitung Jacket pendingin

Diameter jaket :

ID_{jaket} = ODshell + (2 x jarak jaket)

= 106 in = 2,69 m

H_{jaket} = 148 in = 3,76 m

tj $= \frac{P}{(fE-0{,}6\,P)} + C$

= 0,151 in

Dipakai tebal jaket standar = 3/16 in (brownell&young, 1959)

OD_{jaket} = ID_{jaket} + (2 x tj)

= 52,375 in

th_{jaket} $= \frac{P,rc.W}{(2fE-0{,}2\,P)} + C$

= 0,125 in

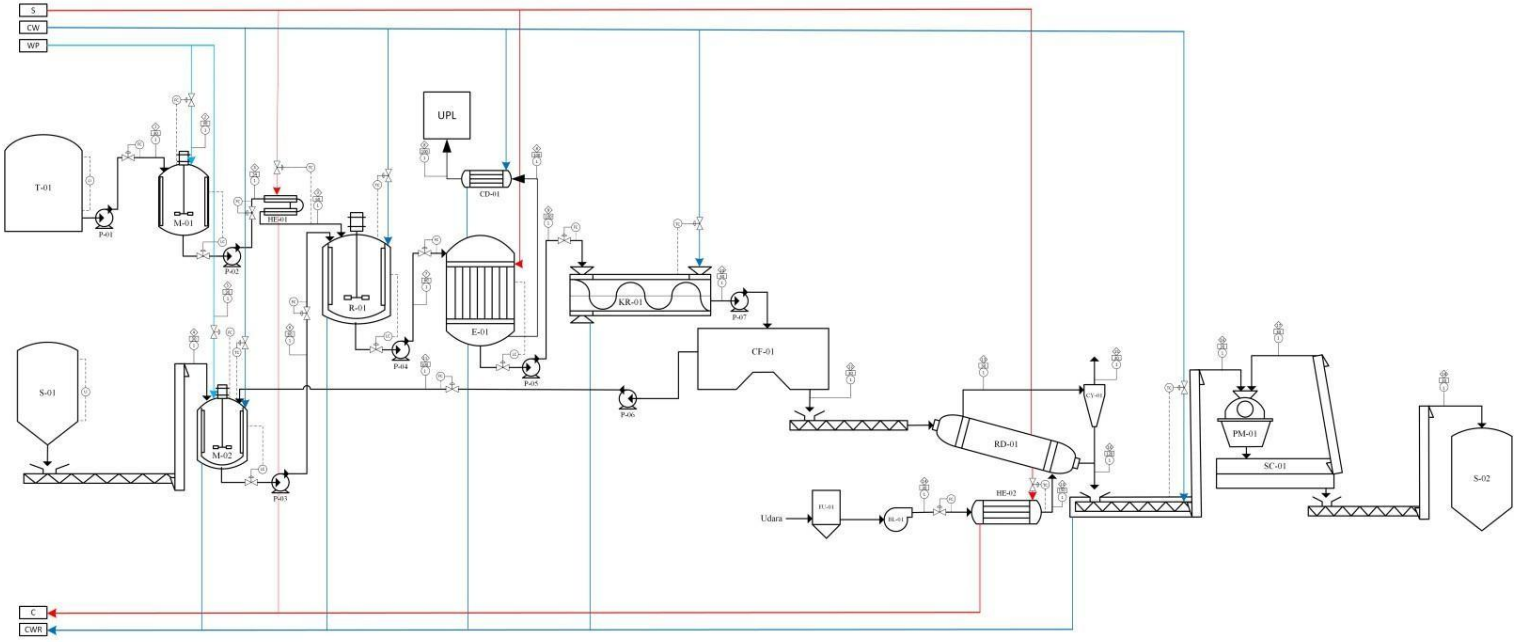
Standarisasi th = 3/16 in

LAMPIRAN B

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM (PEFD)

PORCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM

PRA RANCANGAN PABRIK NATRIUM NITRAT DARI
NATRIUM HIDROKSIDA DAN ASAM NITRAT
KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN



Komponen	Aliran Massa (kg/jam)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$NaOH_{(l)}$				1098,48														
$NaOH_{(aq)}$						1276,35	63,81		63,81	63,81	177,86	3,01				3,01	0,64	3,66
$HNO_{3(l)}$	2010,81		2010,81				100,54											
$HNO_{3(g)}$								100,54										
$H_2O_{(l)}$	1456,10	327,06	1783,17	22,41	990,92	5003,01	7332,32		3559,31	3559,31	3989,67	167,95				3,09	0,54	3,09
$H_2O_{(g)}$								3773,01					164,86		164,86			
$NaNO_{3(l)}$										2989,82		2989,82	59,79		0,59	3086,08		3145,01
$NaNO_{3(aq)}$						3830,08	6406,76		6406,76	3416,93	3830,09	161,23				5,17	555	4,79
Udara Panas														16504,14	16504,14		0,84	
Total	3466,92	327,06	3793,99	1120,90	990,92	10109,45	13903,44	3873,55	10029,89	10029,89	7997,62	3322,02	224,65	16504,14	16669,60	3097,37	557,04	3156,56

ALAT	KETERANGAN
T	Tangki Penyimpanan
S	Silo
M	Mixer
R	Reaktor
E	Evaporator
KR	Kristalizer
HE	Heater
CD	Condensor
BL	Blower
CF	Centrifuge
P	Pompa
RD	Rotary Dryer
FU	Filter Udara
CY	Cyclone
PM	Pin Mill
VS	Vibrating Screen

SIMBOL	KETERANGAN
LI	Level Indicator
FC	Flow Controller
LC	Level Controller
TC	Temperature Controller
◇	Nomor Arus
▭	Suhu
○	Tekanan
⋈	Control Valve

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM
PRA RANCANGAN PABRIK NATRIUM NITRAT DARI
NATRIUM HIDROKSIDA DAN ASAM NITRAT
KAPASITAS 25.000 TON/TAHUN

Disusun Oleh :
1. Nafis Naufal Rifqi (22521033)
2. Fatiha Rahmat Wildan (22521054)

Dosen Pembimbing :
1. Vesinlitya alethea Sari Augustia S.T. M.Eng

LAMPIRAN C

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRARANCANGAN PABRIK

KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1	:	Nafis Naufal Rifqi
No. Mahasiswa 1	:	22521053
Nama Mahasiswa 2	:	Fatiha Rahmat Wildan
No. Mahasiswa 2	:	22521054
Judul Pra rancangan Pabrik	:	Pra Rancangan Pabrik Natrium Nitrat dari Asam Nitrat dan Natrium Hidroxida dengan Kapasitas 25.000 ton/tahun
Mulai Masa Bimbingan	:	Oktober 2025
Selesai Masa Bimbingan	:	Agustus 2026

No	Tanggal	Materi Bimbingan	Paraf Dosen
1.	11-02-2026	Diskusi tentang ganti Judul	
2.	24-02-2026	Fiksasi Kinetika Reaksi dan Termodinamika	
3.	09-04-2026	Fiksasi Block Flow Diagram	
4.	21-05-2026	Neraca Massa dan Perancangan Alat	
5.	04-06-2026	Reaktor dan Mixer	
6.	12-06-2026	Fiksasi Neraca Massa	
7.	15-06-2026	Fiksasi PEFD	
8.	08-07-2026	Fiksasi Perancangan Alat	

Disetujui Draft Penulisan :
Yogyakarta, 21 Juli 2026
Pembimbing,

Venitalitya A. S. Augustia, S.T., M.Eng.
(.....)

Catatan:
- Kartu Konsultasi Bimbingan dilampirkan pada Laporan Pra Rancangan Pabrik
- Kartu Konsultasi Bimbingan dapat difotocopy