

No : TA/TK/2026/

**PRA RANCANGAN PABRIK KROMIUM TRIOKSIDA DARI NATRIUM**

**DIKROMAT KAPASITAS 1.000 TON/TAHUN**

**PRACANCANGAN PABRIK**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Untuk

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia



**Diajukan Oleh:**

**Nama : Alisha Putri Kasfiantoro**

**NIM : 22521025**

**Nama : Jinan Salsabila**

**NIM : 22521078**

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

**2026**

## LEMBAR PENGESAHAN KEASLIAN HASIL

### LEMBAR PENGESAHAN KEASLIAN HASIL PRA RANCANGAN PABRIK KROMIUM TRIOKSIDA DARI NATRIUM DIKROMAT KAPASITAS 1.000 TON/TAHUN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Alisha Putri Kasfiantoro

Nama : Jinan Salsabila

NIM : 22521025

NIM : 22521078

Yogyakarta, 30 September 2025

Menyatakan bahwa seluruh hasil Perancangan Pabrik ini adalah hasil karya sendiri. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa ada beberapa Seksi dari karya ini adalah bukan hasil karya sendiri, maka saya siap menanggung resiko dan konsenkuensi apapun.

Demikian surat pernyataan ini kami buat, semoga dapat dipergunakan sebagaimana semestinya.

Tanda tangan


Alisha Putri Kasfiantoro

NIM. 22521025

Tanda tangan


Jinan Salsabila

NIM. 22521078

# LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

## LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PRA RANCANGAN PABRIK KROMIUM TRIOKSIDA DARI NATRIUM

DIKROMAT KAPASITAS 1.000 TON/TAHUN

Nama : Alisha Putri Kasfiantoro

NIM : 22521025

Nama : Jinan Salsabila

NIM : 22521078



Yogyakarta,

Pembimbing,

Alinda Fitrotun Nisva, S.T., M.Eng

NIK. 235210101

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI**  
**PRARANCANGAN PABRIK KROMIUM TRIOKSIDA DARI NATRIUM**  
**DIKROMAT KAPASITAS 1000 TON/TAHUN**

Oleh :

Nama : Alisha Putri Kasfiantoro                      Nama : Jinan Salsabila  
NIM : 22521025                                              NIM : 22521078

Telah Dipertahankan di Depan Siding Penguji Sebagai Salah Satu Syarat Untuk  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Kimia Program Studi Teknik Kimia Fakultas  
Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 12 Mei 2026

Tim Penguji,

Alinda Fitrotun Nisya, S.T., M.Eng.  
Ketua Penguji



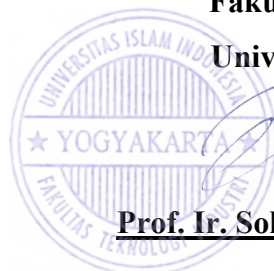
Prof. Ir. Soleh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D.  
Penguji 1

  
25/05/2026

Muflih Arisa Adnan, S.T., M.Sc., Ph.D.  
Penguji 2



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



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

## KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Wr., Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pra Rancangan Pabrik Kromium Trioksida Dari Natrium Dikromat Dengan Kapasitas 1.000 Ton/Tahun”.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan tugas akhir ini, penyusun banyak mendapatkan bimbingan, arahan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan ucapan terima kaih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT, atas rahmat karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua serta keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan baik itu dalam bentuk doa, finansial, motivasi serta dukungan dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo., M.T., IPU, ASEAN.Eng. selaku dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia yang telah memberikan kemudahan pelayanan administrasi.

4. Ibu Ifa Puspasari S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Bapak Sholeh Ma'mun, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
6. Ibu Alinda Fitrotun Nisya S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing atas arahan, bimbingan, koreksi, dan saran dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman sesama Program Studi Teknik Kimia UII 2022 yang telah memberikan dukungan.
8. Pihak-pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat beberapa kekurangan. Oleh karena itu penyusun mengharapkan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan laporan Tugas Akhir ini. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan menjadi tambahan pengetahuan, baik bagi penyusun maupun bagi pihak lain yang membutuhkan. Akhir kata kami ucapkan terima kasih.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Penyusun

## LEMBAR PERSEMBAHAN



Assalamualaikum Wr., Wb.

Puji Syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini dengan baik. Tidak terlepas dari berbagai tantangan dan hambatan yang dihadapi selama proses penyusunan, namun berkat doa, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak, tugas akhir ini akhirnya dapat terselesaikan.

Karya ini saya persembahkan khusus kepada kedua orang tua tercinta, Bapak **H. Saefullah, S.Ag** dan Ibu **Diyanti**, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dan dukungan baik secara moril maupun material yang begitu besar dalam setiap langkah perjalanan saya. Tanpa pengorbanan dan kepercayaan yang telah diberikan, saya tidak akan mampu mencapai titik ini.

Kepada diri sendiri, terima kasih atas segala perjuangan, kesabaran, dan keteguhan dalam menjalani setiap proses yang tidak selalu mudah. Terima kasih karena tetap bertahan dan tidak menyerah, meskipun di tengah kondisi yang tidak selalu baik. Terima kasih karena terus berusaha, melangkah, dan mempercayai bahwa semua ini akan membawa pada hasil yang terbaik. Apa yang telah dicapai hingga saat ini adalah bukti bahwa setiap usaha tidak pernah sia-sia.

Untuk *partner* saya dari mulai Kerja Praktik, Penelitian, hingga Tugas Akhir Pra Rancangan Pabrik ini, **Alisha Putri Kasfiantoro**, saya mengucapkan terima kasih atas kesabaran, kerja sama, serta dukungan yang telah diberikan selama ini. Terima kasih telah menjadi rekan diskusi yang baik, meskipun dalam prosesnya

saya terkadang bersikap terlalu keras dalam berdiskusi, menjawab, maupun bertanya. Kebersamaan dan kerja sama yang telah terjalin selama kurang lebih satu tahun terakhir ini menjadi bagian penting dalam terselesaikannya karya ini. Doa terbaik untuk kamu.

Ucapan terima kasih dan persembahan ini juga saya sampaikan kepada dosen pembimbing saya, **Ibu Alinda Fitrotun Nisya, S.T., M.Eng.**, yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta ilmu yang berharga selama proses penyusunan perancangan pabrik ini. Saya juga mengucapkan terima kasih atas ketersediaan beliau untuk meluangkan waktu di sela-sela kesibukan dan aktivitas yang padat untuk membimbing dan memberikan masukan selama proses penyusunan perancangan pabrik ini. Tidak lupa kepada seluruh dosen dan civitas akademika yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman berharga selama masa perkuliahan.

Tugas akhir ini juga saya persembahkan untuk orang yang selalu hadir memberi semangat, dukungan, dan doa di setiap prosesnya, **Umar Abdul Aziz**. Terima kasih karena telah menjadi tempat pulang di tengah lelahnya perjuangan menyelesaikan tugas akhir ini. Terima kasih untuk setiap perhatian, kesabaran, dan keyakinan yang selalu diberikan hingga akhirnya karya ini dapat terselesaikan. Semoga segala usaha dan harapan baik yang kita perjuangkan hari ini akan membawa kebahagiaan di masa depan.

Terakhir saya mempersembahkan karya ini untuk sahabat-sahabat saya, terima kasih **Callista Azka A, Refi Aprillia S, Annisa Rahmatika Azzahra, Sekar Prajnasuri** dan **Ayleda Fitri R** yang telah senantiasa mendengarkan segala

keluh kesah, berbagi canda dan tawa, serta memberikan dukungan dan hiburan selama proses penyusunan perancangan pabrik ini. Kepada teman-teman seperjuangan di Teknik Kimia Angkatan 2022, khususnya geng Agak Laen dan Wadonngalur, saya mengucapkan terima kasih atas dukungan, kebersamaan, serta ilmu yang telah dibagikan selama ini.

Jinan Salsabila

Teknik Kimia 2022

## LEMBAR PERSEMBAHAN



*Alhamdulillahirabbil'alamin* dengan segenap rasa syukur kepada Allah SWT, atas limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan. Inilah buah dari perjuangan panjang selama delapan semester menempuh pendidikan tinggi, yang tidak hanya menguji kemampuan akademik, tetapi juga mental, kesabaran, dan keikhlasan dalam menjalaninya.

Tugas akhir ini saya persembahkan untuk mereka yang telah menjadi bagian dari perjalanan panjang ini. Untuk mereka yang hadir dalam tawa, air mata, dan sunyi. Untuk mereka yang tidak hanya menemani, tapi juga percaya, meski saya sering meragukan diri sendiri. Untuk mereka yang memberikan tenaga, waktu, cinta, dan doa, seringkali tanpa pamrih. Tulisan ini saya persembahkan dengan sepenuh hati kepada:

1. Allah SWT, sang Maha Pemilik Arah. Terima kasih telah menjadi satu-satunya rumah tempat saya pulang saat dunia terasa begitu bising. Terima kasih telah menjaga waras dan langkahku, bahkan disaat aku hampir lupa alasan untuk tetap hidup.
2. Terima kasih kepada diri saya sendiri, **Alisha Putri Kasfiantoro**. Terima kasih atas perjalanan panjang yang telah dilalui sampai sejauh ini, banyak proses yang telah dilalui, banyak air mata yang sudah dihapus pakai tangan sendiri, banyak lelah dan keluh kesah yang dipendam sendiri, banyak hal yang sudah dijalani, dihadapi, dan diselesaikan sendiri. Sampai detik ini, sudah kuat karna diri sendiri yang selalu mengusahan semua hal agar terlihat

baik baik saja. Aku bangga untuk setiap langkah kecilku, meskipun kerjaan ku menangis terus menerus tapi tidak berhenti dan tidak menyerah. Selamat berperang di tangga tangga kecemasan berikutnya. Tidak ada yang lebih indah dari menyaksikan proses dan pertumbuhan diri sendiri.

3. Untuk kedua orang tua saya Bunda **Farida Zulfa, S.T** dan Ayah **Mayson Kasfiantoro, S.T** sebagai tanda bakti dan hormat serta rasa terima kasih saya, saya persembahkan tugas akhir ini kepada bunda dan ayah yang telah memberikan segala dukungan yang tiada terhingga. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat kalian bahagia, karna selama ini Ichaa belum bisa berbuat lebih. Terima kasih selama ini selalu mendoakanku, selalu menyirami kasih sayang dan selalu menasihati untuk menjadi yang lebih baik. Aku yakin kelak akan berdiri sejajar bahkan lebih tinggi dari bunda dan ayah
4. Untuk kedua adik – adik saya tercinta **Mazel Kana Kasfiantoro** dan **Daffa Putra Kasfiantoro**. Terima kasih karna kalian menjadi sumber semangat dan motivasi dalam setiap perjuangan ku ini. Meski sering menjadi musuh ku dalam hal kecil sehari hari, namun dibalik itu semua kalian lah alasan terbesar aku untuk terus berjuang sampai detik ini. Terima kasih atas dukungan dan semangat kalian yang selalu hadir, bahkan dalam cara sederhana sekalipun. Tawa kalian membuat perjalanan ini lebih bermakna, lebih hangat dan berwarna. Aku janji akan jadi peta buat kalian, aku akan usahan bahagiakan kalian dalam bentuk apapun. Janji sukses dan bangkit sama-sama yaa...

5. Kepada partner KP hingga TA saya, **Jinan Salsabila**. Terima kasih sudah menjadi partner terbaik selama masa perkuliahan. Banyak sekali perjalanan yang sudah kita lewati bersama dengan segala drama dan dinamika yang tidak ada henti nya. Terima kasih banyak ya Jinan. Maafkan aku jika belum bisa menjadi partner terbaik mu. Aku bersyukur pernah menjadi bagian dari perjalananmu, meskipun hanya sepotong kecil cerita. Semoga kita selalu mengingat semua perjuangan yang sudah kita lalui bersama. Sukses selalu untuk segala mimpi yang sedang dan akan kamu kejar untuk kedepannya. Semoga Allah memberikan kebahagiaan dan kesuksesan dalam setiap langkah hidupmu.
6. Kepada ibu **Alinda Fitrotun Nisya, S.T., M.Eng.** selaku dosen pembimbing. Terima kasih yang sebesar besarnya atas waktu, kesabaran dan perhatian yang ibu berikan selama proses penulisan skripsi ini. Tanpa bimbingan dan dukungan ibu yang tulus, mungkin skripsi ini belum bisa selesai. Terima kasih telah mempermudah proses, selalu memnuka pintu konsultaso dengan lapang. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan Kesehatan, keberkahan, serta balasan terbaik untuk setiap kebaikan yang ibu berikan. Selamat dan semangat juga bu untuk melanjutkan studi nya.
7. Terima kasih juga untuk sahabat-sahabat saya yang selalu mendukung saya baik dukungan moril maupun materiil. Geng brISIK WOI LAGI ULANGAN, war krs, Ya Kali Ga PMK, fwenzz, kemana lagi kita?, KKN bertiga, HILIKITI dan masih banyak lagi. Teman- teman seperjuangan saya di Teknik Kimia (wadonngalur, kontrakan whhanjay) dan lain-lainnya yang

tidak dapat saya sebutkan satu persatu. Atas segala kenangan yang telah saya dapatkan di bangku kuliah. Semoga kita semua sukses baik dunia maupun akhirat. Aamin...

Serta semua pihak yang telah memberikan banyak bantuan dan arahan dalam penyusunan laporan tugas ahir ini dari awal hingga akhir.

Alisha Putri Kasfiantoro

Teknik Kimia 2022

## DAFTAR ISI

|                                                                      |      |
|----------------------------------------------------------------------|------|
| LEMBAR PENGESAHAN KEASLIAN HASIL.....                                | iv   |
| LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING .....                                   | v    |
| LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI .....                                      | vi   |
| KATA PENGANTAR .....                                                 | iv   |
| LEMBAR PERSEMBAHAN .....                                             | vi   |
| LEMBAR PERSEMBAHAN .....                                             | ix   |
| DAFTAR ISI.....                                                      | xiii |
| DAFTAR TABEL.....                                                    | xvi  |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                  | xx   |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                                                 | xxi  |
| DAFTAR LEMBAR/NOTASI/SINGKATAN.....                                  | xxii |
| ABSTRAK.....                                                         | xxiv |
| <i>ABSTRACT</i> .....                                                | xxv  |
| BAB I    PENDAHULUAN .....                                           | 1    |
| 1.1    Latar Belakang .....                                          | 1    |
| 1.2    Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik Kromium Trioksida..... | 2    |
| 1.2.1 <i>Supply</i> .....                                            | 2    |
| 1.2.2    Produksi Dalam Negeri .....                                 | 3    |
| 1.2.3    Impor .....                                                 | 3    |
| 1.3    Tinjauan Pustaka .....                                        | 6    |
| 1.3.1    Kromium Trioksida.....                                      | 6    |
| 1.3.2    Natrium Dikromat .....                                      | 6    |
| 1.3.3    Asam Sulfat.....                                            | 7    |
| 1.3.4    Macam Proses .....                                          | 8    |
| 1.4    Tinjauan Termodinamika dan Kinetika .....                     | 10   |
| 1.4.1    Tinjauan Termodinamika .....                                | 10   |
| 1.4.2    Tinjauan Kinetika.....                                      | 13   |
| BAB II   PERANCANGAN PRODUK .....                                    | 16   |
| 2.1    Spesifikasi Produk.....                                       | 16   |
| 2.2    Spesifikasi Bahan Baku.....                                   | 17   |
| 2.3    Pengendalian Kualitas .....                                   | 20   |
| 2.3.1    Pengendalian Kualitas Bahan Baku .....                      | 21   |

|         |                                                                 |    |
|---------|-----------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.2   | Pengendalian Proses Produksi .....                              | 21 |
| 2.3.3   | Pengendalian Waktu.....                                         | 23 |
| 2.3.4   | Pengendalian Bahan Proses.....                                  | 23 |
| BAB III | PERANCANGAN PROSES.....                                         | 24 |
| 3.1     | Diagram Alir Proses dan Material .....                          | 24 |
| 3.1.1   | Diagram Alir Kualitatif.....                                    | 24 |
| 3.1.2   | Diagram Alir Kuantitatif.....                                   | 25 |
| 3.2     | Uraian Proses .....                                             | 26 |
| 3.3     | Spesifikasi Alat .....                                          | 28 |
| 3.3.1   | Spesifikasi Reaktor.....                                        | 28 |
| 3.3.2   | Spesifikasi Mixer .....                                         | 29 |
| 3.3.3   | Spesifikasi Alat Pemisah.....                                   | 31 |
| 3.3.4   | Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan .....                        | 36 |
| 3.3.5   | Spesifikasi Alat Transportasi Bahan .....                       | 39 |
| 3.3.6   | Spesifikasi Alat Penukar Panas.....                             | 43 |
| 3.4     | Neraca Massa .....                                              | 45 |
| 3.4.1   | Neraca Massa Total.....                                         | 45 |
| 3.4.2   | Neraca Massa Alat .....                                         | 46 |
| 3.5     | Neraca Panas Alat .....                                         | 49 |
| BAB IV  | PERANCANGAN PABRIK.....                                         | 52 |
| 4.1     | Lokasi Pabrik .....                                             | 52 |
| 4.2     | Tata Letak Pabrik ( <i>Plant Layout</i> ).....                  | 55 |
| 4.3     | Tata Letak Mesin / Alat Proses ( <i>Maachines Layout</i> )..... | 60 |
| 4.4     | Organisasi Perusahaan .....                                     | 63 |
| 4.4.1   | Bentuk Perusahaan .....                                         | 63 |
| 4.4.2   | Struktur Organisasi Perusahaan .....                            | 64 |
| 4.4.3   | Tugas dan Wewenang .....                                        | 67 |
| 4.4.4   | Pembagian Jam Kerja Karyawan .....                              | 73 |
| 4.4.5   | Status Karyawan.....                                            | 76 |
| 4.4.6   | Sistem Gaji Karyawan.....                                       | 76 |
| 4.4.7   | Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji .....           | 77 |
| 4.4.8   | Ketenagakerjaan.....                                            | 79 |
| BAB V   | UTILITAS.....                                                   | 84 |
| 5.1     | Unit Penyediaan dan Pengolahan Air .....                        | 87 |

|                      |                                                              |     |
|----------------------|--------------------------------------------------------------|-----|
| 5.1.1                | Air Kebutuhan Umum.....                                      | 88  |
| 5.2                  | Unit Pembangkit <i>Steam (Steam Generation System)</i> ..... | 92  |
| 5.3                  | Unit Pembangkit Listrik ( <i>Power Plant System</i> ) .....  | 92  |
| 5.4                  | Unit Penyedia Udara Tekan .....                              | 94  |
| 5.5                  | Unit Penyedia Bahan Bakar .....                              | 95  |
| 5.6                  | Unit Pengolahan Limbah.....                                  | 95  |
| 5.6.1                | Limbah Cair .....                                            | 95  |
| 5.6.2                | Limbah Padat .....                                           | 96  |
| 5.7                  | Spesifikasi Alat Utilitas .....                              | 96  |
| 5.7.1                | Perancangan Alat Pengolahan Air .....                        | 96  |
| 5.7.2                | Pengolahan Air Sanitasi ( <i>Domestic Water</i> ) .....      | 97  |
| 5.7.3                | Pengolahan Air Pendingin.....                                | 97  |
| 5.7.4                | Pengolahan Air Proses .....                                  | 98  |
| BAB VI               | EVALUASI EKONOMI.....                                        | 105 |
| 6.1                  | Harga Alat .....                                             | 106 |
| 6.1.1                | Dasar Perhitungan .....                                      | 108 |
| 6.2                  | Perkiraan Harga Alat.....                                    | 109 |
| 6.3                  | Perhitungan Biaya .....                                      | 111 |
| 6.3.1                | <i>Capital Investment</i> (Modal) .....                      | 111 |
| 6.3.2                | <i>Manufacturing Cost</i> (MC).....                          | 112 |
| 6.3.3                | <i>General Expenses</i> (GE).....                            | 114 |
| 6.3.4                | Analisa Keuntungan .....                                     | 115 |
| 6.3.5                | Analisa Kelayakan .....                                      | 115 |
| BAB VII              | PENUTUPAN .....                                              | 117 |
| 7.1                  | Kesimpulan .....                                             | 117 |
| 7.2                  | Saran.....                                                   | 118 |
| DAFTAR PUSTAKA ..... |                                                              | 119 |
| LAMPIRAN.....        |                                                              | i   |

## DAFTAR TABEL

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1. 1 Kapasitas Produksi Kromium Trioksida di Dunia .....    | 2  |
| Tabel 1. 2 Data Impor Kromium Trioksida di Indonesia.....         | 3  |
| Tabel 1. 3 Perbandingan Proses Pembuatan Kromium Trioksida .....  | 9  |
| Tabel 1. 4 Harga $\Delta H_f^\circ$ Masing – Masing Komponen..... | 10 |
| Tabel 1. 5 Harga $\Delta G_f^\circ$ Masing – Masing Komponen..... | 11 |
| Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk.....                                | 16 |
| Tabel 2. 2 Spesifikasi Bahan Baku .....                           | 17 |
| Tabel 2. 3 Identifikasi Hazard pada Bahan Baku.....               | 18 |
| Tabel 2. 4 Identifikasi Hazard pada Produk.....                   | 19 |
| Tabel 2. 5 Identifikasi Hazard pada Produk Sampling.....          | 20 |
| Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor .....                              | 28 |
| Tabel 3. 2 Spesifikasi Mixer (M-01).....                          | 29 |
| Tabel 3. 3 Spesifikasi Mixer (M-02).....                          | 30 |
| Tabel 3. 4 Spesifikasi Filter .....                               | 31 |
| Tabel 3. 5 Spesifikasi <i>Evaporator</i> .....                    | 31 |
| Tabel 3. 6 Spesifikasi <i>Crystallizer</i> .....                  | 33 |
| Tabel 3. 7 Spesifikasi <i>Centrifuge</i> .....                    | 34 |
| Tabel 3. 8 Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> .....                  | 34 |
| Tabel 3. 9 Spesifikasi <i>Ball Mill</i> .....                     | 35 |
| Tabel 3. 10 Spesifikasi <i>Vibrating Screen</i> .....             | 36 |
| Tabel 3. 11 Spesifikasi <i>Hopper</i> – 01 .....                  | 36 |
| Tabel 3. 12 Spesifikasi <i>Hopper</i> – 02.....                   | 37 |
| Tabel 3. 13 Spesifikasi Tangki.....                               | 37 |
| Tabel 3. 14 Spesifikasi <i>Silo</i> .....                         | 38 |
| Tabel 3. 15 <i>Screw Conveyor</i> .....                           | 39 |
| Tabel 3. 16 Spesifikasi <i>Cooling Screw Conveyor</i> .....       | 40 |
| Tabel 3. 17 Spesifikasi Pompa (P – 01, P – 02, P – 03).....       | 41 |
| Tabel 3. 18 Spesifikasi Pompa (P – 04, P – 05, P – 06).....       | 42 |
| Tabel 3. 19 Spesifikasi <i>Heater</i> (HE-01).....                | 43 |

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 3. 20 <i>Heater</i> (HE-02) .....                               | 43 |
| Tabel 3. 21 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CL-01).....                    | 44 |
| Tabel 3. 22 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CL-02).....                    | 44 |
| Tabel 3. 23 Spesifikasi <i>Cooler</i> (CL-03).....                    | 45 |
| Tabel 3. 24 Neraca Massa Total.....                                   | 45 |
| Tabel 3. 25 Neraca Massa Mixer (M- 01).....                           | 46 |
| Tabel 3. 26 Neraca Massa Mixer (M-02).....                            | 46 |
| Tabel 3. 27 Neraca Massa Reaktor (R-01).....                          | 46 |
| Tabel 3. 28 Neraca Massa Filter (F-01) .....                          | 47 |
| Tabel 3. 29 Neraca Massa Evaporator (EV-01).....                      | 47 |
| Tabel 3. 30 Neraca Massa <i>Crystallizer</i> (CR-01).....             | 47 |
| Tabel 3. 31 Neraca Massa Centrifuge (CR-01).....                      | 48 |
| Tabel 3. 32 Neraca Massa <i>Dryer</i> (D-01).....                     | 48 |
| Tabel 3. 33 Neraca Massa <i>Ball Mill</i> (BM-01).....                | 48 |
| Tabel 3. 34 Neraca Massa <i>Vibrating Screen</i> (VBS-01) .....       | 49 |
| Tabel 3. 35 Neraca Panas <i>Heating Screw Conveyor</i> (HSC-01) ..... | 49 |
| Tabel 3. 36 Neraca Massa <i>Heat Exchanger</i> (HE-01).....           | 49 |
| Tabel 3. 37 Reaktor (R-01) .....                                      | 49 |
| Tabel 3. 38 Neraca Panas <i>Cooler</i> (CL-01).....                   | 50 |
| Tabel 3. 39 Neraca Panas <i>Cooling Screw Conveyor</i> (CSC-01) ..... | 50 |
| Tabel 3. 40 Neraca Panas <i>Evaporator</i> (EV-01) .....              | 50 |
| Tabel 3. 41 Neraca Panas <i>Cooler</i> (CL-02).....                   | 50 |
| Tabel 3. 42 Neraca Panas <i>Crystallizer</i> (CR-01).....             | 50 |
| Tabel 3. 43 Neraca Panas <i>Cooler</i> (CL-03).....                   | 51 |
| Tabel 3. 44 Neraca Panas <i>Heat Exchanger</i> (HE-02).....           | 51 |
| Tabel 3. 45 Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i> (RD-01) .....            | 51 |
| Tabel 3. 46 Neraca Panas <i>Cooling Screw Conveyor</i> (CSC-02) ..... | 51 |
| Tabel 4. 1 Luas Tanah dan Luas Bangunan Pabrik.....                   | 59 |
| Tabel 4. 2 Nama-nama Alat .....                                       | 63 |
| Tabel 4. 3 Jadwal Pemabagian Kelompok <i>Shift</i> .....              | 73 |
| Tabel 4. 4 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji .....      | 77 |

|                                                                    |     |
|--------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik .....                            | 88  |
| Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin.....                            | 90  |
| Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Proses .....                              | 91  |
| Tabel 5. 4 Total Kebutuhan Air .....                               | 91  |
| Tabel 5. 5 Kebutuhan Steam .....                                   | 92  |
| Tabel 5. 6 Daya Alat proses .....                                  | 93  |
| Tabel 5. 7 Daya Alat Utilitas.....                                 | 94  |
| Tabel 5. 8 Kebutuhan Listrik Pabrik.....                           | 94  |
| Tabel 5. 9 Spesifikasi Bak penampung sementara.....                | 96  |
| Tabel 5. 10 Spesifikasi Tangki Air Bersih .....                    | 97  |
| Tabel 5. 11 Spesifikasi Bak Air Pendingin .....                    | 97  |
| Tabel 5. 12 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> .....                 | 98  |
| Tabel 5. 13 Spesifikasi <i>Blower Cooling Tower</i> .....          | 98  |
| Tabel 5. 14 Spesifikasi Tangki kation.....                         | 98  |
| Tabel 5. 15 Spesifikasi Tangki Anion.....                          | 99  |
| Tabel 5. 16 Spesifikasi Tangki NaCl .....                          | 99  |
| Tabel 5. 17 Spesifikasi Tangki NaOH .....                          | 100 |
| Tabel 5. 18 Spesifikasi Tangki Daerator.....                       | 100 |
| Tabel 5. 19 Spesifikasi Tangki N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ..... | 100 |
| Tabel 5. 20 Spesifikasi Tangki Air Service (TPU-02).....           | 101 |
| Tabel 5. 21 Spesifikasi Tangki Air Demin .....                     | 101 |
| Tabel 5. 22 Spesifikasi Pompa Utilitas .....                       | 101 |
| Tabel 5. 23 Spesifikasi Pompa Utilitas .....                       | 102 |
| Tabel 5. 24 Spesifikasi Pompa Utilitas .....                       | 103 |
| Tabel 5. 25 Spesifikasi Pompa Utilitas .....                       | 103 |
| Tabel 6. 1 Indeks harga alat pada tahun 1989 – 2023 .....          | 106 |
| Tabel 6. 2 Perkiraan Harga Alat Proses .....                       | 109 |
| Tabel 6. 3 Perkiraan Harga Alat Utilitas.....                      | 110 |
| Tabel 6. 4 <i>Physical Plant Cost</i> (PPC) .....                  | 111 |
| Tabel 6. 5 <i>Direct Plant Cost</i> (DPC).....                     | 111 |
| Tabel 6. 6 <i>Fixed Capital Invesment</i> (FCI) .....              | 112 |

|                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 6. 7 <i>Working Capital Investment</i> (WCI) .....  | 112 |
| Tabel 6. 8 <i>Direct Manufacturing Cost</i> (DMC) .....   | 113 |
| Tabel 6. 9 <i>Indirect Manufacturing Cost</i> (IMC) ..... | 113 |
| Tabel 6. 10 <i>Fixed Manufacturing Cost</i> .....         | 114 |
| Tabel 6. 11 <i>Total Manufacturing Cost</i> .....         | 114 |
| Tabel 6. 12 <i>General Expense</i> (GE) .....             | 115 |
| Tabel 6. 13 <i>Total Production Cost</i> (TPC).....       | 115 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                  |     |
|--------------------------------------------------|-----|
| Gambar 1. 1 Grafik Regresi Linier .....          | 4   |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif .....        | 24  |
| Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif .....       | 25  |
| Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik .....                  | 52  |
| Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik .....              | 60  |
| Gambar 4. 3 Tata Letak Alat proses .....         | 62  |
| Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan ..... | 66  |
| Gambar 5. 1 Unit Utilitas .....                  | 85  |
| Gambar 6. 1 Grafik index vs Harga Alat .....     | 108 |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

|                                                                 |      |
|-----------------------------------------------------------------|------|
| Lampiran 1. Perancangan reaktor .....                           | i    |
| Lampiran 2. Process Engineering Flow Diagram .....              | xxi  |
| Lampiran 3. Kartu Konsultasi Bimbingan Perancangan Pabrik ..... | xxii |

## DAFTAR LEMBAR/NOTASI/SINGKATAN

|        |                                                      |
|--------|------------------------------------------------------|
| T      | : Temperatur, °C                                     |
| D      | : Diameter, m                                        |
| H      | : Tinggi, m                                          |
| P      | : Tekanan, psia                                      |
| $\mu$  | : Viskositas, cP                                     |
| $\rho$ | : Densitas, kg/m <sup>3</sup>                        |
| QS     | : Kebutuhan Steam, kg                                |
| Ms     | : Massa Steam, kg                                    |
| A      | : Luas bidang penampang, ft <sup>2</sup>             |
| Vt     | : Volume tangki, m <sup>3</sup>                      |
| Qf     | : Kecepatan/laju air volumetric, m <sup>3</sup> /jam |
| T      | : Waktu, jam                                         |
| m      | : Massa, kg                                          |
| FV     | : Laju alir, m <sup>3</sup> /jam                     |
| $\pi$  | : Jari – jari, in                                    |
| P      | : Power motor, Hp                                    |
| Sg     | : Spesific gravity                                   |
| x      | : Konversi, %                                        |
| TC     | : Titik kritis, °C                                   |
| TB     | : Titik didh, °C                                     |
| HV     | : Panas penguapan, joule/mol                         |
| VS     | : Volume shell, m <sup>3</sup>                       |
| Vh     | : Volume head, m <sup>3</sup>                        |
| Vt     | : Volume total, m <sup>3</sup>                       |
| Dopt   | : Diameter optimal, m <sup>3</sup>                   |
| ID     | : Inside diameter, in                                |
| OD     | : Outside diameter, in                               |
| Re     | : Bilangan Reynold                                   |
| F      | : Normal heating value, Btu/lb                       |

|      |                                                                                                      |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| E    | : Efisiensi pengelasan                                                                               |
| f    | : Allowable stress, psia                                                                             |
| rc   | : Jari – jari dish, in                                                                               |
| icr  | : Jari – jari sudut dalam, in                                                                        |
| W    | : Tinggi pengaduk, m                                                                                 |
| B    | : Lebar baffle, m                                                                                    |
| L    | : Lebar pengaduk, m                                                                                  |
| N    | : Kecepatan putaran, rpm                                                                             |
| UD   | : Koefisien perpindahan panas menyeluruh setelah ada zat pengotor pada HE Btu/jam ft <sup>2</sup> °F |
| UC   | : Koefisien perpindahan panas menyeluruh pada awal HE dipakai, Btu/jam ft <sup>2</sup> °F            |
| Rd   | : Faktor pengotor                                                                                    |
| η    | : Efisiensi                                                                                          |
| Wf   | : Total head, in                                                                                     |
| P    | : Panjang, m                                                                                         |
| l    | : Lebar, m                                                                                           |
| ts   | : Tebal shell, in                                                                                    |
| th   | : Tebal head, in                                                                                     |
| k    | : Konduktivitas termal, Btu/jam ft <sup>2</sup> °F                                                   |
| c    | : Panas spesifik, Btu/jam ft <sup>2</sup> °F                                                         |
| jH   | : Heat transfer factor                                                                               |
| hi   | : Inside film coefficient, Btu/jam ft <sup>2</sup> °F                                                |
| ho   | : Outside film coefficient, Btu/jam ft <sup>2</sup> °F                                               |
| LMTD | : Long mean temperatur different, °F                                                                 |
| K    | : Konstanta kinetika reaksi, /menit                                                                  |
| Nt   | : Jumlah tube                                                                                        |
| BS   | : Baffle spacing, in                                                                                 |
| PT   | : Tube pitch, in                                                                                     |

## ABSTRAK

Kromium Trioksida merupakan bahan kimia dasar yang banyak dipakai dalam industri pengolahan logam seperti pelapisan logam, *elektroplating* logam, dan lainnya. Ada beberapa kegunaan kromium trioksida di industri antara lain yaitu industri kaca, keramik, *spektrophototscopy* dan instrumentasi di Indonesia. Pabrik kromium trioksida ini dirancang dengan kapasitas 1.000 ton/tahun dengan waktu operasi 330 hari/tahun selama 24 jam/hari. Bahan baku yang digunakan adalah natrium dikromat dihidrat dan asam sulfat yang diperoleh dari PT. Laban raya Samodra untuk asam sulfat dan PT. Insoclay Acidatama Indonesia untuk natrium dikromat dihidrat. Pabrik kromium direncanakan didirikan di daerah Gresik, Jawa Timur. Proses produksi dilakukan dengan mengencerkan natrium dikromat kemudian direaksikan dengan asam sulfat membentuk kromium trioksida. Larutan kromium trioksida kemudian di filtrasi untuk memisahkan natrium sulfat. Setelah filtrasi, larutan kromium trioksida kemudian dipekatkan dan dikristalisasi, serta dikeringkan pada *dryer*. Kristal hasil dari proses pengeringan dimasukkan ke dalam *cooling conveyor* untuk didinginkan hingga suhu 30°C. Kristal yang sudah kering digrinding dengan menggunakan *ball mill* dan siap untuk dikemas. Dalam menunjang proses produksi dibutuhkan air untuk proses sebesar 160,6534 kg/jam dan 21,0412 kW Listrik yang disediakan oleh PLN, serta generator sebagai cadangan Listrik. Sebuah parameter kelayakan pendirian pabrik menggunakan analisis ekonomi dengan modal total investasi yang terdiri dari penanaman modal tetap sebesar Rp122.268.797,541 dan modal kerja Rp40.295.307,120 dan penjualan tahunan Rp.85.556.701,031. Sehingga didapat keuntungan sebelum pajak Rp - 83.934.260,384. Dari parameter kelayakan diatas, dapat disimpulkan bahwa pabrik ini tidak layak untuk didirikan karena pembelian bahan baku utama melalui distributor domestik serta asam sulfat yang jauh melampaui harga jual maksimum produk

Kata kunci : Asam Sulfat, Kromium Trioksida, Natrium Dikromat Dihidrat,

## ***ABSTRACT***

Chromium Trioxide is a basic chemical widely used in metal processing industries such as metal plating, metal electroplating, and others. There are several uses of chromium trioxide in industry including glass, ceramics, spectrophotometry and instrumentation industries in Indonesia. This chromium trioxide plant is designed with a capacity of 1,000 tons/year with operating hours of 330 days/year for 24 hours/day. The raw materials used are sodium dichromate dihydrate and sulfuric acid obtained from PT. Laban Raya Samodra for sulfuric acid and PT. Insoclay Acidatama Indonesia for sodium dichromate dihydrate. The chromium plant is planned to be established in the Gresik area, East Java. The production process is carried out by diluting sodium dichromate and then reacting it with sulfuric acid to form chromium trioxide. The chromium trioxide solution is then filtered to separate the sodium sulfate. After filtration, the chromium trioxide solution is then concentrated, crystallized, and dried in a dryer. The crystals resulting from the drying process are fed into a cooling conveyor for synchronization to a temperature of 30°C. The dried crystals are ground using a ball mill and are ready to be packaged. To support the production process, air is needed for the process of 160.6534 kg/hour and 21.0412 kW of electricity provided by PLN, as well as a generator as an electricity backup. A feasibility parameter for establishing a factory uses economic analysis with a total investment capital consisting of fixed capital investment of Rp122.268.797,541 and working capital of Rp40.295.307,120 and annual sales of Rp.85.556.701,031. So that the profit before tax is Rp - 83.934.260,384. From the feasibility parameters above, it can be concluded that this factory is not feasible to be established because the purchase of the main raw materials through domestic distributors as well as sulfuric acid far exceeds the maximum selling price of the product.

Keywords: Chromium Trioxide, Sodium Dichromate, Sulfuric Acid

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia adalah negara yang kaya akan sumber daya alam. Untuk mengoptimalkan potensi sumber daya tersebut, diperlukan industri yang mampu mengolahnya menjadi produk bernilai tambah yang memiliki daya saing di pasar. Saat ini sektor industri di Indonesia khususnya industri kimia, sedang mengalami perkembangan yang signifikan. Hal ini menjadi tantangan bagi Indonesia untuk menciptakan industri yang mampu bersaing secara global. Salah satu sektor industri yang dianggap memiliki prospek adalah industri kromium trioksida.

Kromium trioksida adalah senyawa yang dihasilkan melalui proses pengasaman, yaitu penambahan asam ke senyawa yang mengandung ion kromat atau dikromat. Proses ini juga dapat dilakukan dengan melarutkan senyawa kromat atau dikromat dalam larutan asam sulfat. Kromium trioksida dibagi menjadi dua produk yaitu kromium trioksida ( $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ) dan kromium trioksida anhidrat ( $\text{CrO}_3$ ). Kromium trioksida anhidrat adalah senyawa komersial yang mempunyai kegunaan yang luas pada industri kimia, sehingga nama komersial kromium trioksida sering digunakan sebagai penamaan senyawa kromium trioksida anhidrat ( $\text{CrO}_3$ ).

Tujuan utama perencanaan pabrik kromium trioksida ini adalah untuk memenuhi permintaan domestik yang terus meningkat setiap tahun, meskipun saat ini tidak ada pabrik domestik yang memproduksi kromium trioksida. Selain itu, mengingat kromium trioksida juga memiliki potensi pasar ekspor yang signifikan, pabrik ini diharapkan dapat memproduksi komoditas ekspor yang dapat meningkatkan pendapatan devisa negara. Industri di Indonesia yang menggunakan

bahan baku kromium trioksida menunjukkan pertumbuhan yang stabil, sebagaimana dilihat dari peningkatan permintaan kromium trioksida setiap tahun dan pertumbuhan industri yang menggunakan kromium trioksida seperti industri pengolahan logam dan keramik. Oleh karena itu, pendirian pabrik kromium trioksida di Indonesia menawarkan peluang investasi yang menjanjikan dengan tingkat keuntungan yang tinggi.

## 1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik Kromium Trioksida

### 1.2.1 *Supply*

Supply Kromium Trioksida di pasar global sebagian besar masih terkonsentrasi di Kawasan Asia, terutama dari Tiongkok atau China. Berdasarkan data industri kimia internasional, beberapa perusahaan besar memiliki kapasitas produksi Kromium Trioksida mencapai puluhan ribu ton per tahunnya. Tabel 1.1 menunjukkan kapasitas Kromium Trioksida dari beberapa produsen utama di dunia.

Tabel 1. 1 Kapasitas Produksi Kromium Trioksida di Dunia

| No | Nama Pabrik                            | Negara   | Kapasitas (ton/thn) |
|----|----------------------------------------|----------|---------------------|
| 1. | Huangshi Yucheng Trade Co., Ltd.       | China    | 12.000              |
| 2. | Changzhou Shanglian Chemical Co., Ltd. | China    | 108.000             |
| 3. | Chongqing Minfeng Chemical             | China    | 30.000              |
| 4. | SIMAN LTD                              | Bulgaria | 600                 |
| 5. | Gansu Jinshi Chemical Co., Ltd         | China    | 20.000              |
| 6. | Changyuan Group                        | China    | 5.000               |

### 1.2.2 Produksi Dalam Negeri

Hingga saat ini, Indonesia belum memiliki fasilitas produksi Kromium Trioksida sehingga kebutuhan dalam negeri dipenuhi impor. Ketergantungan impor ini menyebabkan adanya risiko terhadap fluktuasi harga internasional serta potensi gangguan rantai global. Oleh karena itu, pembangunan pabrik Kromium Trioksida di Indonesia menjadi penting untuk mencapai kemandirian industri kimia organik nasional dan mengurangi deficit perdagangan sektor kimia.

### 1.2.3 Impor

Berikut merupakan data impor Kromium Trioksida di Indonesia yang disajikan dalam Tabel 1.2.

Tabel 1. 2 Data Impor Kromium Trioksida di Indonesia

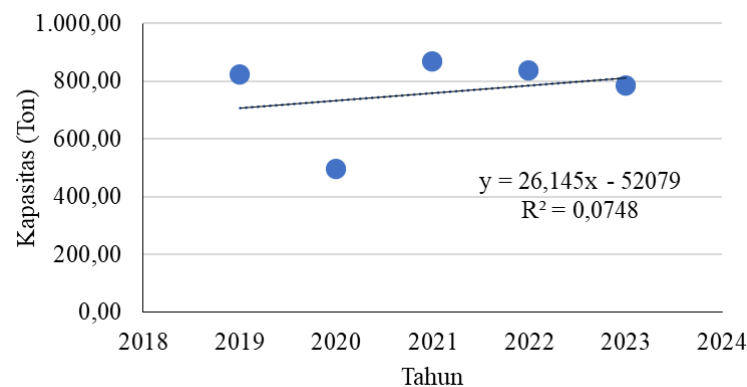
| No | Tahun | Impor (ton/thn) |
|----|-------|-----------------|
| 1. | 2019  | 821,650         |
| 2. | 2020  | 495,328         |
| 3. | 2021  | 865,867         |
| 4. | 2022  | 836,102         |
| 5. | 2023  | 781,989         |

Sumber: Badan Pusat Statistik, tahun 2025

Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2019 – 2023, impor Kromium Trioksida di Indonesia menunjukkan tren yang berfluktuasi namun cenderung tinggi setiap tahunnya, dengan kisaran 495 ton hingga 865 ton per tahun. Variasi tersebut dipengaruhi oleh kondisi ekonomi global, permintaan industri hilir, serta kebijakan perdagangan luar negeri.

Pabrik yang dirancang ini direncanakan untuk didirikan pada tahun 2030, dengan mempertimbangkan perkembangan kebutuhan industri dan proyeksi permintaan pasar di masa medatang.

Untuk memperkirakan kebutuhan di masa mendatang, data historis impor dianalisis menggunakan metode Regresi Linier sederhana dengan tahun sebagai variabel indipenden (X) dan jumlah impor atau kapasitas sebagai variabel dependen (Y). Hasil analisis dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Grafik Regresi Linier

Grafik pada Gambar 1.1 menunjukkan persamaan linier  $y = 26,145x - 52079$ , dengan nilai koefisien determinasi  $R^2 = 0,0748$ .

Pabrik ini direncanakan beroperasi pada tahun 2030, maka penentuan proyeksi kapasitas pabrik pada tahun 2030 dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas} = \text{Demand} - \text{Supply}$$

$$\text{Kapasitas} = (\text{Konsumsi} + \text{Ekspor}) - (\text{Produksi} + \text{Impor})$$

Dikarenakan belum ada pabrik Kromium Trioksida di Indonesia, maka tidak ada ekspor keluar negeri dan konsumsi merupakan jumlah yang di impor, sehingga

rumus kapasitas menjadi **Kapasitas = Impor** (dengan anggapan tidak ada pabrik Kromium Trioksida yang berdiri di Indonesia hingga tahun 2030).

Proyeksi kapasitas produksi pabrik pada tahun 2030:

$$\begin{aligned} Y &= (26,145 \times 2030) - 52079 \\ &= 995,350 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Asumsi jumlah kapasitas produksi kromium trioksida pada tahun 2030 sebesar 1.000 ton/tahun. Penetapan kapasitas pabrik sebesar 1.000 ton/tahun ini juga mempertimbangkan kondisi *supply* global. Berdasarkan Tabel 1.1, kapasitas produksi kromium trioksida tertinggi ada pada produsen Tiongkok yaitu **Changzhou Shanglian Chemical Co., Ltd. (108.000 ton/tahun)**, sementara produsen di luar Asia seperti di Bulgaria yaitu **SIMAN LTD** hanya memiliki kapasitas kecil sekitar **600 ton/tahun**.

Selain mempertimbangkan kondisi *supply* global, produksi kapasitas kromium trioksida sebesar 1.000 ton/tahun juga dinilai realistis, mengingat seluruh kebutuhan domestik hingga saat ini masih bergantung pada impor dan belum terdapat pabrik kromium trioksida yang berdiri di dalam negeri. Dengan berdirinya pabrik ini pada tahun 2030, diharapkan Indonesia dapat mengurangi ketergantungan impor serta membuka peluang bagi Indonesia untuk berperan sebagai pemasok alternatif di kawasan Asia Tenggara di tengah dominasi produsen global dari Tiongkok.

### 1.3 Tinjauan Pustaka

#### 1.3.1 Kromium Trioksida

Kromium trioksida merupakan senyawa organik dengan rumus kimia  $\text{CrO}_3$ . Senyawa ini berbentuk padatan kristal berwarna merah tua yang bersifat higroskopis dan sangat oksidator. Senyawa ini larut dalam air membentuk asam kromat ( $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ) dan digunakan secara luas sebagai bahan pelapis logam (elektroplating), pengilap logam, serta reagen oksidasi organik (PubChem, 2023; EPA, 2005).

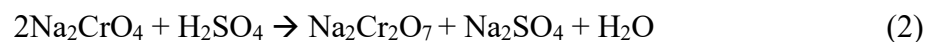
Secara industri,  $\text{CrO}_3$  dihasilkan melalui reaksi antara natrium dikromat ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) dan asam sulfat pekat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) dengan reaksi sebagai berikut:



Reaksi ini bersifat endotermik sebagian, dan hasilnya berupa larutan  $\text{CrO}_3$  yang kemudian dikristalkan melalui proses evaporasi (European Patent, 1982). Kromium trioksida ( $\text{CrO}_3$ ) memiliki titik leleh sekitar  $196^\circ\text{C}$  (dekomposisi) dan bersifat sangat korosif terhadap jaringan hidup dan logam (NJ Bagian of Healt, 2016). Kromium trioksida terbentuk melalui oksidasi kromium trivalent dalam lingkungan kaya oksigen atau melalui asidifikasi garam dikromat (Mizuhara et al. 2010).

#### 1.3.2 Natrium Dikromat

Natrium dikromat merupakan garam berwarna oranye yang berfungsi sebagai bahan baku utama  $\text{CrO}_3$ . Senyawa ini diperoleh dari pengolahan bijih kromit ( $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ ) melalui proses alkali roasting dengan  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  pada suhu  $1000^\circ\text{C}$  untuk membentuk  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ , kemudian diubah menjadi  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  melalui asidifikasi dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (Soykan, 1983).



Efisiensi produksi dan pengolahan natrium dikromat sangat bergantung pada pengaturan pH dan suhu proses, serta penggunaan kembali larutan sisa dapat meningkatkan keberlanjutan industri. Dalam konteks pabrik kromium trioksida ( $\text{CrO}_3$ ), natrium dikromat berperan sebagai sumber utama ion  $\text{Cr}^{6+}$  yang akan dikonversi menjadi  $\text{CrO}_3$  melalui proses asidifikasi (Zhou et al, 2014).

### 1.3.3 Asam Sulfat

Asam sulfat adalah cairan kental tak berwarna dan tidak berbau, dengan densitas tinggi ( $1,84 \text{ g/cm}^3$ ) dan titik didih sekitar  $338^\circ\text{C}$ . Senyawa ini sangat higroskopis dan melepaskan panas besar Ketika dicampurkan dengan air.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dikenal sebagai asam kuat, dehidrator kuat dan oksidator lemah pada suhu tinggi (Perry & Green, 2019).

Asam sulfat berfungsi sebagai reaktan pengasam dalam proses pembuatan  $\text{CrO}_3$ . Asam sulfat menurunkan pH larutan  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  sehingga terbentuk asam kromat ( $\text{H}_2\text{CrO}_4$ ) yang kemudian terurai menjadi  $\text{CrO}_3$  saat proses penguapan (Ullmann's Encyclopedia, 2018).

Selain sebagai pereaksi utama, asam sulfat juga membentuk garam samping  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  yang memiliki nilai komersial, karena asam sulfat bersifat korosif, material konstruksi seperti baja tahan asam, kaca berlapis, atau PTFE digunakan untuk reactor dan pipa (Kirk-Othmer Encyclopedia, 2019).

Dalam industri, asam sulfat digunakan secara luas sebagai pereaksi kimia utama dalam berbagai proses, termasuk pembuatan pupuk, bahan peledak, pewarna, serta senyawa kromium seperti  $\text{CrO}_3$ . Perannya dalam proses pembuatan kromium

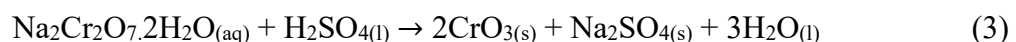
trioksida adalah sebagai agen pengasam (*acidifying agent*) yang mengubah ion kromat menjadi asam kromat sebelum terdehidrasi menjadi  $\text{CrO}_3$  (PubChem, 2024)

#### 1.3.4 Macam Proses

Terdapat dua proses utama dalam pembuatan kromium trioksida yang dikategorikan menurut bahan baku yang dipakai, yaitu proses dengan natrium dikromat dihidrat dan proses dengan natrium dikromat anhidrat, dengan perbandingan parameter sebagai berikut:

##### 1.3.4.1 Pembuatan Kromium Trioksida Dari Natrium Dikromat Dihidrat

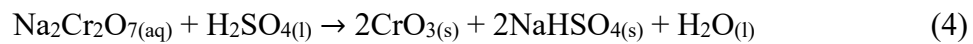
Proses untuk memproduksi kromium trioksida dari natrium dikromat dihidrat dimulai dengan melarutkan natrium dikromat dihidrat dalam air dengan konsentrasi 80-92%. Selanjutnya, asam sulfat 98% ditambahkan ke larutan dengan pengadukan dan pendinginan. Perbandingan antara asam sulfat dan natrium dikromat dihidrat adalah 1:2. Reaksi ini mengubah natrium dikromat dihidrat menjadi produk kromium trioksida dan natrium sulfat. Persamaan reaksinya sebagai berikut: (Keyes, 1957)



Produk reaksi kemudian disaring menggunakan filter untuk memisahkan kromium trioksida dari fase cairnya. Kromium trioksida yang telah disaring kemudian dikirim ke sentrifugasi untuk memurnikan padatan kromium trioksida hingga tingkat kemurnian 98%. Sementara itu, produk sampingan natrium sulfat, ditempatkan dalam evaporator untuk menguapkan kandungan air yang tersisa, diikuti dengan proses penyaringan untuk memisahkan padatan natrium sulfat dari larutan asam sulfat.

#### 1.3.4.2 Pembuatan Kromium Trioksida Dari Natrium Dikromat Anhidrat

Dalam produksi kromium trioksida menggunakan natrium dikromat anhidrat, langkah pertama adalah memasukkan natrium dikromat anhidrat ke dalam reaktor. Selanjutnya, asam sulfat ditambahkan ke dalam reaktor untuk memicu reaksi dekomposisi dikromat menjadi kromat anhidrat. Reaksi yang terjadi sebagai berikut: (Keyes, 1957)



Suhu reaktor dijaga di atas 197-200°C. Ketika suhu mencapai di atas 197-200°C, produk reaksi akan meleleh dan terpisah menjadi dua fase larutan. Pemisahan larutan produk dilakukan pada filter, dengan filtrat berupa asam sulfat natrium, yang kemudian diproses melalui kristalisasi dan filtrasi sebagai produk sampingan. Kromium trioksida dalam bentuk padat kemudian dilelehkan dalam melter dan dimasukkan ke dalam flaker untuk dibentuk menjadi produk kromium trioksida berbentuk serpihan (Perrin, 1953).

Tabel 1. 3 Perbandingan Proses Pembuatan Kromium Trioksida

| Parameter      | Macam Proses                                                                               |                                                         |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
|                | Natrium Dikromat Dihidrat                                                                  | Natrium Dikromat Anhidrat                               |
| Bahan Baku     | Natrium Dikromat Dihidrat ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) | Natrium Dikromat ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) |
| Bahan Pembantu | $\text{H}_2\text{SO}_4$                                                                    | $\text{H}_2\text{SO}_4$                                 |
| Suhu Operasi   | 60-80°C                                                                                    | 197-200°C                                               |
| Produk Samping | Natrium Sulfat                                                                             | Natrium Bisulfat                                        |
| Instalasi      | Sederhana                                                                                  | Kompleks, suhu operasi tinggi, dan jumlah limbah besar. |

Berdasarkan hasil analisis proses, ditemukan bahwa metode yang paling sesuai untuk digunakan adalah proses produksi kromium trioksida ( $\text{CrO}_3$ ) dari natrium dikromat dihidrat ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Proses ini dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan, termasuk: ketersediaan bahan baku yang mudah diperoleh dengan harga ekonomis; persyaratan utilitas yang relatif rendah akibat suhu operasi yang lebih rendah dan konsentrasi asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) yang digunakan; produk sampingan natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) yang memiliki nilai komersial; penggunaan peralatan dan instalasi yang sederhana; serta persyaratan investasi yang lebih ekonomis.

## 1.4 Tinjauan Termodinamika dan Kinetika

### 1.4.1 Tinjauan Termodinamika

#### 1.4.1.1 Pembuatan Kromium Trioksida dari Natrium Dikromat Dihidrat

Analisis termodinamika dilakukan untuk menentukan apakah suatu reaksi endotermis atau eksotermis, mengidentifikasi kelayakan reaksi, dan menentukan apakah reaksi tersebut *irreversibel* atau *reversible*. Sifat reaksi dapat ditentukan dengan ( $\Delta H_f^\circ$ ) pada  $P = 1 \text{ atm}$  dan  $T = 298\text{K}$

Tabel 1. 4 Harga  $\Delta H_f^\circ$  Masing – Masing Komponen

| Komponen                                                     | $\Delta H_f^\circ \text{ (kJ/mol)}$ |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| $\text{H}_2\text{SO}_4$                                      | -814.0                              |
| $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | -1970.7                             |
| $\text{CrO}_3$                                               | -589.5                              |
| $\text{Na}_2\text{SO}_4$                                     | -1387.10                            |
| $\text{H}_2\text{O}$                                         | -285.83                             |

(Speight, James G.,1934)

$$\Delta H_R = \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan}$$

$$\Delta H_R = (\Delta H_f^\circ 2\text{CrO}_3 + \Delta H_f^\circ \text{Na}_2\text{SO}_4 + \Delta H_f^\circ 3\text{H}_2\text{O}) - (\Delta H_f^\circ \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$\Delta H_R = (2(-589.5) + (-1387.10) + 3(-285.83)) - (-1970.7) + (-814.0))$$

$$\Delta H_R = (-3423.59) - (-2784.7) \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_R = -638.89 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan perhitungan ini, dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan kromium trioksida dari natrium dikromat dihidrat bersifat eksotermis karena menghasilkan nilai negatif (–), yang menunjukkan pelepasan energi panas.

Tabel 1. 5 Harga  $\Delta G_f^\circ$  Masing – Masing Komponen

| Komponen                                                           | $\Delta G_f^\circ$ (kJ/mol) |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                     | -689.9                      |
| Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> · 2H <sub>2</sub> O | -1825.1                     |
| CrO <sub>3</sub>                                                   | -385.76                     |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                    | -1270.2                     |
| H <sub>2</sub> O                                                   | -237.14                     |

(Yaws,1934)

$$\Delta G_R = \Delta G_f^\circ \text{ produk} - \Delta G_f^\circ \text{ reaktan}$$

$$\Delta G_R = (\Delta G_f^\circ 2\text{CrO}_3 + \Delta G_f^\circ \text{Na}_2\text{SO}_4 + \Delta G_f^\circ 3\text{H}_2\text{O}) - (\Delta G_f^\circ \text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \Delta G_f^\circ \text{H}_2\text{SO}_4)$$

$$\Delta G_R = (2(-385.76) + (-1270.2) + (3(-237.14))) - (-1825.1 + (-689.9))$$

$$\Delta G_R = -238.14 \text{ kJ/mol}$$

Berdasarkan perhitungan menggunakan  $\Delta G_f^\circ$  suhu 298 K ini, dapat disimpulkan bahwa reaksi pembentukan kromium trioksida dari natrium dikromat dihidrat bersifat spontan karena menghasilkan nilai negatif (-), yang menunjukkan bahwa reaksi hanya membutuhkan sedikit energi.

Menghitung Konstanta kesetimbangan reaksi (K) pada suhu standar  $T = 298,15$  K dan kondisi operasi  $75^\circ\text{C}$  :

$$\ln K_1 = \left( \frac{-\Delta G_{reaksi}^\circ}{T \times R} \right)$$

$$\ln K_1 = \frac{1}{T} \times \frac{-(-238.14)}{0,008314}$$

$$K_1 = e^{\frac{1}{298} \times 28643,25}$$

$$K_1 = 5,28 \times 10^{41}$$

Untuk menentukan apakah reaksi pada suhu operasi  $75^\circ\text{C} = 348,15$  K bersifat *reversibel* atau *irreversibel*, perhitungan dapat dilakukan menggunakan persamaan dari literatur Smith dan Van Ness (1997) sebagai berikut:

$$\ln \left[ \frac{K_2}{K_1} \right] = - \left[ \frac{\Delta H}{R} \right] \left[ \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right]$$

$$\ln \left[ \frac{K_2}{5,28 \times 10^{41}} \right] = \left[ \frac{-(-638.89)}{0,008314} \right] \left[ \frac{1}{348,15} - \frac{1}{298,15} \right]$$

$$\ln \left[ \frac{K_2}{5,28 \times 10^{41}} \right] = -37,0156$$

$$\frac{K_2}{5,28 \times 10^{41}} = e^{-37,0156}$$

$$\frac{K_2}{5,28 \times 10^{41}} = 8,40 \times 10^{-17}$$

$$K_2 = 4,4 \times 10^{25}$$

Karena nilai konstanta kesetimbangan reaksi pada suhu operasi 348,15 K diperoleh sebesar  $4,4 \times 10^{25}$  maka reaksi cenderung bergeser ke arah pembentukan produk dan bersifat *irreversible* (searah).

#### 1.4.2 Tinjauan Kinetika

Pada percobaan yang dilakukan (Gerhard,1961) Sebanyak 1200 gram  $\text{NaCr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  disuspensikan dalam 220 cc air. 490 cc  $\text{H}_2\text{SO}_4$  96% ditambahkan secara perlahan kedalam suspensi ini dan suhu dinaikkan hingga sekitar  $75^\circ\text{C}$ . Setelah selesai penambahan, campuran diaduk selama 10 menit dan kemudian disaring selagi panas untuk mendapatkan 919 gram kromium trioksida lembab dengan 70,2%  $\text{CrO}_3$ . 695 cc filtrat terbentuk dengan 211 g  $\text{CrO}_3/\text{l}$ . Hasil kromium trioksida dalam residu filter adalah 80,6%. Kromium trioksida yang dimurnikan dengan peleburan mengandung 99,42%  $\text{CrO}_3$ , 0,17%  $\text{SO}_3$ , dan 0,01% Cl. Reaksi yang terjadi :



#### Menghitung mol reaktan mula mula ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

Diketahui massa  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  : 1200 g

$$\text{Mol mula-mula} : \frac{1200 \text{ gr}}{298 \text{ gr/mol}} = 4,0268 \text{ mol}$$

#### Menghitung massa larutan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )

Massa larutan = volume x massa jenis

$$\text{Massa larutan} = 490 \text{ cc} \times 1,84 \text{ g/cc} = 901,6 \text{ gr}$$

Massa murni = massa larutan x presentasi

$$\text{Massa murni} = 901,6 \text{ gr} \times 0,96 = 865,536 \text{ gr}$$

#### Menentukan total produk $\text{CrO}_3$ yang terbentuk

Pada percobaan Genhard, disebutkan residu filter dari dalam filtrat. Dalam residu filter didapatkan 919 gr produk lembab dengan kadar  $\text{CrO}_3$  70,2%. Maka,

$$\text{Massa CrO}_3 = 919 \text{ gr} \times 0,702 = 645,138 \text{ gr}$$

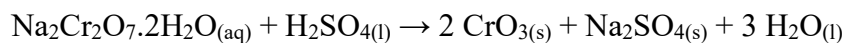
Dalam filtrat terbentuk 695 cc filtrat dengan kandungan 211 g  $\text{CrO}_3/\text{l}$

$$\text{Massa CrO}_3 = 0,695 \text{ l} \times 211 \text{ g/l} = 146,645 \text{ gr}$$

$$\text{Total massa CrO}_3 = 645,138 \text{ gr} + 146,645 \text{ gr} = 791,783 \text{ g}$$

$$\text{Mol CrO}_3 = \frac{791,783 \text{ gr}}{100 \text{ gr/mol}} = 7,9178 \text{ mol}$$

Stoikiometri :



|   |        |        |        |
|---|--------|--------|--------|
| M | 4,0268 | 8,8320 | 0      |
| R | 3,9589 | 3,9589 | 7,9178 |
| S | 0,0679 | 4,8731 | 7,9178 |

$$X_a = \frac{3,9589}{4,0268} \times 100\% = 98,3\%$$

Dengan stoikiometri dan rumus didapat konversi sebesar 98,3%.

Menentukan volume total = 220 cc + 490 cc = 710 cc = 0,71 liter

$$\text{Mencari } C_{A0} : \frac{\text{mol reaktan a}}{\text{volume reaktan a}} = \frac{4,0268 \text{ mol}}{0,71 \text{ L}} = 5,67 \text{ mol/L} = 5,67 \text{ kmol/m}^3$$

$$\text{Mencari } C_{B0} : \frac{\text{mol reaktan b}}{\text{volume reaktan b}} = \frac{8,8320 \text{ mol}}{0,71 \text{ L}} = 12,44 \text{ mol/L} = 12,44 \text{ kmol/m}^3$$

Reaksi ini merupakan reaksi orde dua dengan persamaan kecepatan reaksi :

$$-r_A = kC_A.C_B$$

**Menentukan nilai kinetika berdasarkan data literatur:**

$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = -\frac{dC_B}{dt} = kC_A.C_B$$

$$(-r_A) = -\frac{dC_{A0}(1-X_A)}{dt} = C_{A0} \frac{dX_A}{dt} = K_{CA0} (1-X_A) (C_{B0} - C_{A0}X_A)$$

$M = C_{B0}/C_{A0}$ , maka,

$$(-r_A) = C_{A0} \frac{dX_A}{dt} = kC_{A0}^2(1-X_A)(M-X_A)$$

$$\int \frac{dX_A}{(1-X_A)(M-X_A)} = C_{A0} k \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{M-X_A}{M(1-X_A)} = \ln \frac{C_B C_{A0}}{C_{B0} C_A} = \ln \frac{C_B}{M C_A}$$

$$= C_{A0}(M-1)kt = (C_{B0} - C_{A0})kt$$

$$\ln \frac{M-X_A}{M(1-X_A)} = C_{A0}(M-1)kt$$

$$k = \frac{\ln\left(\frac{M-X_A}{M(1-X_A)}\right)}{C_{A0}(M-1)t}$$

$$k = \frac{\ln\left(\frac{2,1933 - 0,983}{2,1933(1 - 0,983)}\right)}{5,67 \text{ kmol/m}^3 (2,1933 \text{ kmol/m}^3 - 1) \cdot 0,1667 \text{ jam}}$$

$$k = 3,0919 \text{ m}^3/\text{kmol.jam} = 3,0919 \text{ L/mol.jam}$$

Didapatkan nilai k dengan waktu 0,1667 jam sebesar 3,0919 m<sup>3</sup>/kmol.jam

## BAB II

### PERANCANGAN PRODUK

Untuk mencapai kualitas produk yang memenuhi spesifikasi dan target yang telah ditentukan, perancangan proses produksi kromium trioksida dengan natrium dikromat sebagai bahan baku dapat didasarkan pada beberapa variabel kunci, meliputi spesifikasi produk akhir, spesifikasi bahan baku, serta pengendalian kualitas.

#### 2.1 Spesifikasi Produk

Tabel 2. 1 Spesifikasi Produk

| Spesifikasi Produk               |                                     |                                    |
|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Spesifikasi                      | Produk                              |                                    |
|                                  | Kromium Trioksida<br>(Produk Utama) | Natrium Sulfat<br>(Produk Samping) |
| Wujud                            | Padat (flake)                       | Padat (kristal)                    |
| Rumus Molekul                    | $\text{CrO}_3$                      | $\text{Na}_2\text{SO}_4$           |
| Berat Molekul, g/mol             | 99,99                               | 142                                |
| Titik Didih, °C                  | 250 (terdekomposisi)                | >1100                              |
| Densitas, g/cm <sup>3</sup>      | 2,7                                 | 2,671                              |
| Titik Leleh, °C                  | 197                                 | 884                                |
| Spesific Gravity, pada<br>25 °C  |                                     | 2,698                              |
| Kelarutan, g/100mL<br>pada 25 °C | 169                                 | 28,1                               |
| Temperatur Kritis, °C            |                                     | 376,25                             |
| Tekanan Kritis, atm              |                                     |                                    |
| Kemurnian                        | 97%                                 | 99%                                |

Sumber: pubchem.ncbi.nlm.nih.gov, *Perry 8ed* : 2008

## 2.2 Spesifikasi Bahan Baku

Tabel 2. 2 Spesifikasi Bahan Baku

| Spesifikasi Bahan Baku        |                           |                         |                      |
|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------|
| Spesifikasi                   | Bahan                     |                         |                      |
|                               | Natrium Dikromat Dihidrat | Asam Sulfat             | Air                  |
| Wujud                         | Padat                     | Cairan kental           | Cair                 |
| Rumus Molekul                 | $\text{Na}_2\text{CrO}_7$ | $\text{H}_2\text{SO}_4$ | $\text{H}_2\text{O}$ |
| Berat Molekul, g/mol          | 298                       | 142                     | 18                   |
| Titik Didih, °C               | 400                       | 337                     | 100                  |
| Densitas, g/cm <sup>3</sup>   | 2,52                      | 1,841                   | 0,99823              |
| Titik Leleh, °C               | 357                       | 10,31                   | 0                    |
| Spesific Gravity, pada 25 °C  | 2,35                      | 1,83                    | 0,997044             |
| Kelarutan, g/1000mL pada 20°C | 2355                      | bercampur               |                      |
| Temperatur Kritis, °C         |                           | 652                     | 374                  |
| Tekanan Kritis, atm           |                           | 68                      | 218                  |
| Kemurnian                     | 98%                       | 93%                     |                      |

Sumber: pubchem.ncbi.nlm.nih.gov

Tabel 2. 3 Identifikasi Hazard pada Bahan Baku

| Identifikasi <i>Hazard</i> Bahan Baku dalam Proses |                  |                      |                  |                  |              |                 |                  |                    |              |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|--------------|-----------------|------------------|--------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Komponen                                           | <i>Hazard</i>    |                      |                  |                  |              |                 |                  |                    |              | Keterangan                                                                                                                                                                             | Pengelolaan                                                                                                                                                                                              |
|                                                    | <i>Corrosive</i> | <i>Environmental</i> | <i>Explosive</i> | <i>Flammable</i> | <i>Healt</i> | <i>Irritant</i> | <i>Oxidizing</i> | <i>Radioactive</i> | <i>Toxic</i> |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                          |
| Natrium Dikromat                                   | ✓                | ✓                    |                  |                  | ✓            | ✓               | ✓                | ✓                  | ✓            | Menyebabkan kerusakan pada mata, kulit terbakar dan iritasi pada saluran. pernafasan. Bereaksi dengan bahan organik atau reduktor. Berbahaya bagi lingkungan akuatik. Larut dalam air. | Simpan bahan dalam tangki tertutup yang tahan korosi dan sejuk. Hindari penggunaan di dekat bahan mudah terbakar atau sumber panas. Gunakan masker, sarung tangan pelindung, dan <i>safety googles</i> . |
| Asam Sulfat                                        | ✓                |                      |                  |                  |              |                 |                  |                    |              | Korosif terhadap logam. Menyebabkan iritasi pada kulit dan mata. Larut dalam air.                                                                                                      | Simpan bahan dalam tangki tertutup yang tahan korosi dan di tempat yang dingin serta kering. Gunakan pakaian pelindung tahan asam, <i>safety googles</i> , dan sarung tangan pelindung                   |

Tabel 2. 4 Identifikasi Hazard pada Produk

| Identifikasi <i>Hazard</i> Produk |                  |                      |                  |                  |              |                |                  |                    |              |                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|--------------|----------------|------------------|--------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Komponen                          | <i>Hazard</i>    |                      |                  |                  |              |                |                  |                    |              | Keterangan                                                                                                                              | Pengelolaan                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                   | <i>Corrosive</i> | <i>Environmental</i> | <i>Explosive</i> | <i>Flammable</i> | <i>Healt</i> | <i>Iritant</i> | <i>Oxidizing</i> | <i>Radioactive</i> | <i>Toxic</i> |                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Kromium Trioksida                 | ✓                | ✓                    |                  |                  | ✓            |                | ✓                |                    | ✓            | Menyebabkan kulit terbakar, kerusakan mata, iritasi pada saluran pernapasan. Dapat menyebabkan kebakaran atau ledakan. Larut dalam air. | Disimpan pada tangki penyimpanan yang tertutup, tahan korosi dan lingkungan yang sejuk. Jauhkan dari sumber nyala dan panas. Jauhkan dari bahan yang mudah meledak seperti ammonia. Gunakan <i>safety goggles</i> , sarung tangan pelindung, pakaian pelindung tahan asam. |

Tabel 2. 5 Identifikasi Hazard pada Produk Samping

| Identifikasi <i>Hazard</i> Produk |                  |                      |                  |                  |              |                 |                  |                    |              |                                                                           |                                                                                                |
|-----------------------------------|------------------|----------------------|------------------|------------------|--------------|-----------------|------------------|--------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Komponen                          | <i>Hazard</i>    |                      |                  |                  |              |                 |                  |                    |              | Keterangan                                                                | Pengelolaan                                                                                    |
|                                   | <i>Corrosive</i> | <i>Environmental</i> | <i>Explosive</i> | <i>Flammable</i> | <i>Healt</i> | <i>Irritant</i> | <i>Oxidizing</i> | <i>Radioactive</i> | <i>Toxic</i> |                                                                           |                                                                                                |
| Natrium Klorida                   |                  |                      |                  |                  |              |                 |                  |                    |              | Tidak berbahaya selama tidak berlebihan dalam berkontak. Larut dalam air. | Simpan pada tangki tertutup dan kering.                                                        |
| Natrium Sulfat                    |                  |                      |                  |                  |              |                 |                  |                    |              | Tidak berbahaya selama tidak berlebihan dalam berkontak. Larut dalam air. | Simpan pada tangki tertutup dan kering. Gunakan Kacamata pengaman dan sarung tangan pelindung. |
| Air                               |                  |                      |                  |                  |              |                 |                  |                    |              |                                                                           |                                                                                                |

### 2.3 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas di pabrik produksi kromium trioksida ini mencakup pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian proses produksi, dan pengendalian kualitas produk. Untuk memastikan dan mempertahankan produk yang memenuhi spesifikasi yang direncanakan, proses produksi memerlukan pengawasan dan pengendalian agar berjalan sesuai dengan tahap-tahap proses yang ada. Aktivitas produksi diharapkan menghasilkan produk berkualitas tinggi yang memenuhi standar yang ditetapkan dan jumlah produksi yang direncanakan. Selain itu, waktu

produksi produk juga diharapkan berjalan sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Oleh karena itu, pengendalian produksi diperlukan, termasuk:

### **2.3.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku**

Pengendalian kualitas bahan baku bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kesesuaian kualitas bahan yang akan digunakan dalam proses produksi produk yang diharapkan. Penilaian dilakukan berdasarkan beberapa pertimbangan untuk memastikan bahwa bahan baku memenuhi spesifikasi yang ditetapkan dalam proses produksi. Oleh karena itu, sebelum tahap produksi dimulai, perlu dilakukan inspeksi dan pengujian kualitas bahan baku, termasuk natrium dikromat ( $\text{Na}_2\text{CrO}_7$ ), asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), untuk memastikan bahwa bahan yang digunakan sesuai dengan standar spesifikasi pabrik. Semua kegiatan pengendalian kualitas bahan baku dapat dilakukan melalui analisis laboratorium atau penggunaan peralatan pengendalian. Jika hasil analisis menunjukkan bahwa kualitas bahan baku tidak memenuhi persyaratan yang ditetapkan, bahan baku tersebut akan dikembalikan kepada pemasok.

### **2.3.2 Pengendalian Proses Produksi**

Pengendalian proses produksi memainkan peran yang sama pentingnya dalam menjaga kualitas kromium trioksida yang diproduksi. Pengendalian produksi harus diterapkan secara komprehensif mulai dari tahap bahan baku hingga produk jadi guna memastikan konsistensi kualitas produk.

Sistem pengendalian dan pemantauan proses dioperasikan secara terpusat melalui ruang kontrol menggunakan data pengendalian terintegrasi dan beroperasi secara otomatis berdasarkan sejumlah indikator. Jika terjadi penyimpangan dari standar

parameter yang ditetapkan baik laju aliran bahan baku, pengaturan level, atau suhu operasi sistem akan mendeteksi dan memberikan sinyal peringatan melalui sinyal visual dan audio, seperti lampu indikator dan alarm suara. Alat pengendalian yang diterapkan meliputi:

a. *Level Control*

Alat ini berfungsi untuk mengatur secara otomatis pembukaan katup pengatur, baik untuk membuka maupun menutup. Alat ini dipasang di atas peralatan dan akan menghasilkan sinyal peringatan suara dan indikator lampu jika parameter yang diukur belum mencapai atau melebihi batas yang ditentukan.

b. *Flow Control*

Alat ini berfungsi untuk mengontrol laju aliran bahan baku, aliran bahan yang masuk ke dalam proses, dan aliran bahan yang keluar dari proses.

c. *Temperature Control*

Alat ini berfungsi untuk mengontrol suhu setiap unit peralatan dalam sistem proses. Jika terjadi penyimpangan dari suhu yang ditetapkan, sistem akan memberikan sinyal peringatan berupa bunyi alarm dan indikator lampu.

d. *Level Indicator*

Alat ini digunakan untuk mengontrol tingkat cairan di dalam tangki peralatan proses.

e. *Pressure Control*

Pengontrol ini dipasang pada peralatan yang memerlukan tekanan operasi di atas tekanan atmosfer. Alat ini berfungsi untuk memastikan bahwa tekanan

tidak melebihi batas maksimum yang ditentukan untuk peralatan tersebut.

Secara umum, perangkat ini diterapkan pada peralatan yang beroperasi dengan fase gas.

f. *Weight Controller*

Alat ini berfungsi untuk menampilkan nilai massa bahan yang terdapat dalam wadah, dan informasi mengenai nilai ini akan dikirimkan ke pengontrol aliran untuk penyesuaian lebih lanjut.

g. *Rasio Control*

Adalah sistem pengendalian yang berperan dalam menjaga perbandingan komposisi pada tahap tertentu dalam proses.

### **2.3.3 Pengendalian Waktu**

Untuk mencapai target jumlah produksi tertentu, perhitungan waktu yang cermat diperlukan sejak tahap perencanaan awal. Oleh karena itu, manajemen waktu sangat penting dalam mengoptimalkan efisiensi durasi proses produksi, sehingga output yang dihasilkan dapat sesuai dengan rencana dan target yang telah ditetapkan.

### **2.3.4 Pengendalian Bahan Proses**

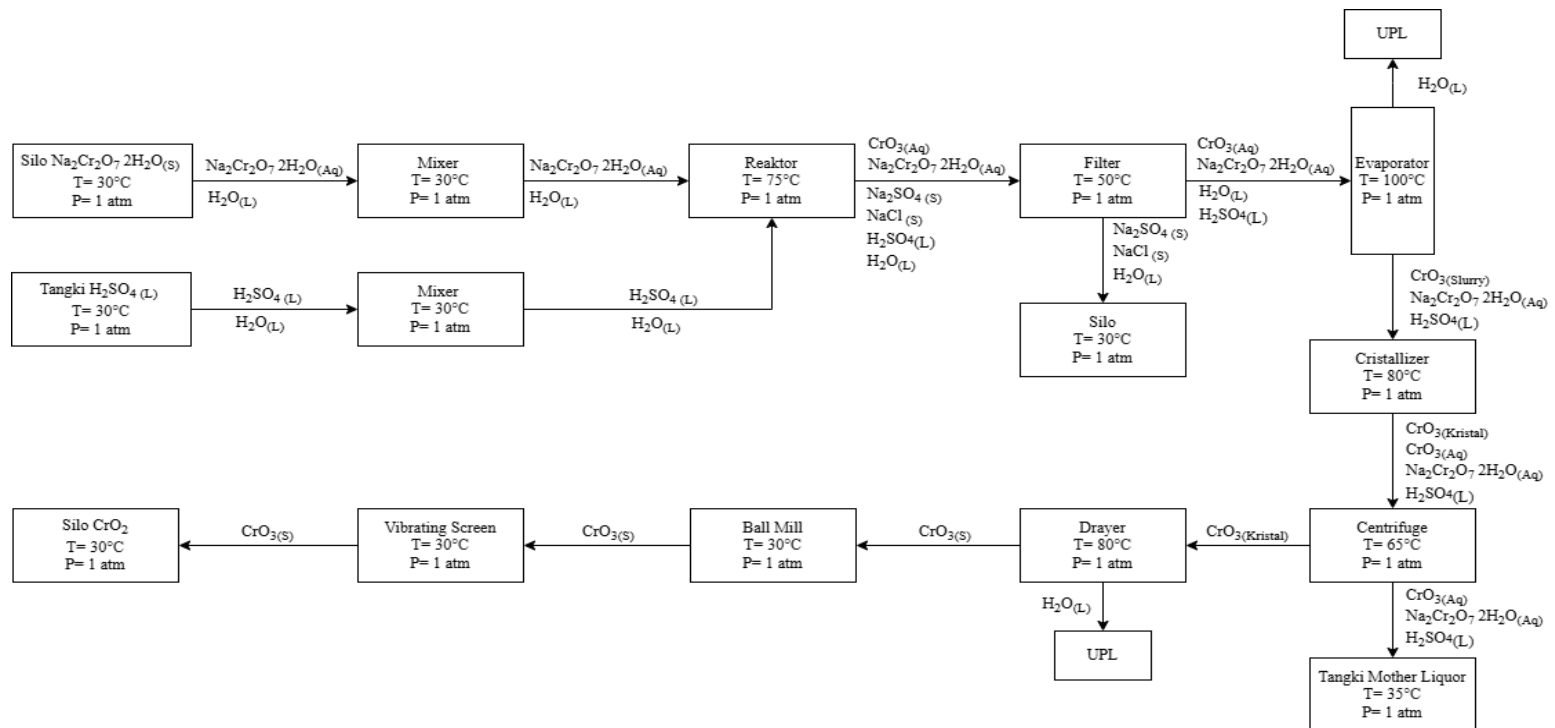
Pengendalian bahan proses dilakukan dengan menetapkan *safety stock* (jika stock turun dibawah level minimum akan dilakukan *reorder* sebagai langkah untuk mengelola ketersediaan dan kekurangan bahan baku, sehingga mencegah kekurangan bahan baku. Hal ini memungkinkan pabrik untuk memproduksi kromium trioksida sesuai dengan kapasitas yang diinginkan.

## BAB III

### PERANCANGAN PROSES

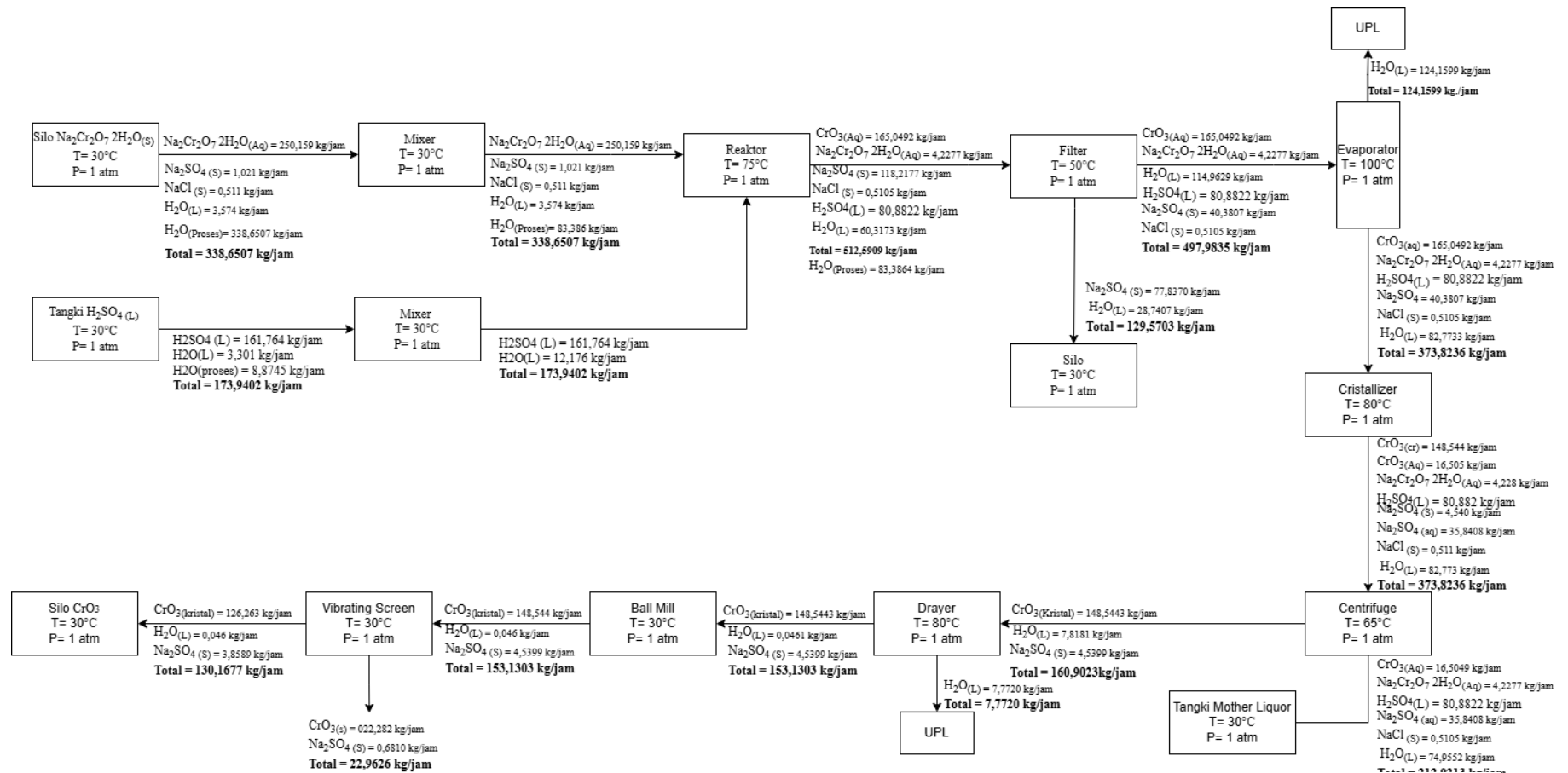
#### 3.1 Diagram Alir Proses dan Material

##### 3.1.1 Diagram Alir Kualitatif



Gambar 3. 1 Diagram Alir Kualitatif

### 3.1.2 Diagram Alir Kuantitatif



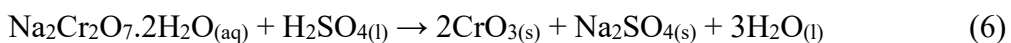
Gambar 3. 2 Diagram Alir Kuantitatif

### 3.2 Uraian Proses

Uraian proses pembuatan kromium trioksida dari sodium dikromat dihidrat adalah sebagai berikut:

Pertama, bahan baku natrium dikromat dihidrat dengan kemurnian 98% disimpan dalam silo (SL-01). Bahan tersebut diumpankan menggunakan *screw conveyor* (SC-01) menuju *hopper* (H-01), kemudian dialirkan ke *mixer* (M-01) untuk proses pelarutan dengan penambahan air proses dari unit utilitas. Perbandingan natrium dikromat dihidrat dengan air adalah 1 : 3. Disisi lain larutan asam sulfat dialirkan ke mixer (M-02) untuk proses pengenceran dari 98% menjadi 93% menggunakan air dari utilitas.

Kemudian larutan natrium dikromat dihidrat diumpankan ke bagian atas reaktor (R-01) dan direaksikan secara bersamaan dengan larutan asam sulfat 93%. Perbandingan larutan sodium dikromat dihidrat dengan asam sulfat adalah 1 : 2. Di dalam reaktor (R-01) terjadi reaksi antara natrium dikromat dihidrat dan asam sulfat menghasilkan kromium trioksida, natrium sulfat, dan air, sesuai reaksi berikut (Kayes, 1957):



Reaktor dioperasikan pada suhu 75°C, yaitu di bawah titik dekomposisi natrium dikromat dihidrat (84,6°C) menurut *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, dengan bantuan sistem pendingin berupa jaket pendingin yang dialiri air pendingin. Tekanan operasi dijaga pada tekanan atmosfer (1 atm) dengan waktu tinggal reaksi selama 1 jam.

Produk keluar reaktor berupa larutan yang mengandung kromium trioksida dan natrium sulfat. Aliran ini kemudian didinginkan dalam *Cooler* (CL-01) hingga suhu kamar ( $\pm 30^{\circ}\text{C}$ ). Proses pendinginan bertujuan untuk menurunkan kelarutan natrium sulfat sehingga dapat mengkristal dan dipisahkan.

Selanjutnya, campuran dialirkan ke *rotary drum vacuum filter* (RDVF-01) untuk proses filtrasi. Cake berupa natrium sulfat dialirkan ke silo produk samping (SL-02), sedangkan filtrat berupa larutan kromium trioksida diumpankan ke evaporator (EV-01) untuk menguapkan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ), sehingga kromium trioksida menjadi pekat.

Larutan jenuh dari evaporator kemudian dialirkan ke *Crystallizer* (CR-01) untuk proses kristalisasi, menghasilkan campuran kristal  $\text{CrO}_3$  dan *mother liquor*. Campuran tersebut selanjutnya dipisahkan menggunakan centrifuge (CF-01). Filtrat berupa *mother liquor* dialirkan ke tangki penampung (T-02), sedangkan cake berupa kristal kromium trioksida dialirkan menuju *rotary dryer* (RD-01) menggunakan *screw conveyor*.

Pada *Rotary Dryer* (RD-01), kristal dikeringkan pada suhu  $110^{\circ}\text{C}$  dengan bantuan udara kering yang dialirkan secara *counter-current* (berlawanan). Udara pengering terlebih dahulu dipanaskan di *heater* (HE-02) dan dihembuskan oleh kompresor (K-01) ke dalam *Rotary Dryer*. Gas buang dan partikel halus yang terikut selanjutnya diolah dalam unit pengolahan limbah.

Kristal kromium trioksida kering kemudian didinginkan sekaligus diangkut menggunakan *Cooling Screw Conveyor* (CSC-01) menuju *ball mill* (C-290) untuk

proses penghalusan hingga ukuran 100 *mesh*. Produk akhir berupa serbuk kromium trioksida disimpan dalam silo produk (SL-03).

### 3.3 Spesifikasi Alat

#### 3.3.1 Spesifikasi Reaktor

Tabel 3. 1 Spesifikasi Reaktor

| <b>Spesifikasi Umum</b>        |                                                            |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Kode                           | : R-01                                                     |
| Fungsi                         | : Mereaksikan natrium dikromat dihidrat dengan asam sulfat |
| Tipe/jenis                     | : Reaktor Alir Tangki Berpengaduk RATB)                    |
| Mode operasi                   | : Kontinyu                                                 |
| Jumlah                         | : 1 buah                                                   |
| Harga                          | : Rp.897.043.160                                           |
| <b>Kondisi Operasi</b>         |                                                            |
| Suhu                           | : 75° C                                                    |
| Tekanan                        | : 1 atm                                                    |
| Kondisi proses                 | : <i>Isothermal</i>                                        |
| <b>Konstruksi dan material</b> |                                                            |
| Bahan konstruksi               | : <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>          |
| Diameter (ID) <i>shell</i>     | : 25,5808 in                                               |
| Tebal <i>shell</i>             | : 0,188 in                                                 |
| Tinggi total                   | : 1,218 m                                                  |
| Jenis <i>head</i>              | : <i>Flanged &amp; Standar Dished Head</i>                 |
| <b>Spesifikasi khusus</b>      |                                                            |
| Tipe pengaduk                  | : <i>Flat Six Blade Turbine With Disk</i>                  |
| Diameter pengaduk              | : 0,200 m                                                  |
| Kecepatan pengaduk             | : 537,555 rpm                                              |
| Power/tenaga pengadukan        | : 3 hP                                                     |
| Jumlah <i>baffle</i>           | : 4 buah                                                   |
| Tinggi pengaduk                | : 0,780 m                                                  |
| Jenis jaket                    | : Pendingin                                                |
| <b>Mode transfer panas</b>     |                                                            |
| UD                             | : 6,9277 W/m <sup>2</sup> .K                               |
| Luas transfer area             | : 0,1254 m <sup>2</sup>                                    |
| Tebal jaket                    | : 0,005 m                                                  |

### 3.3.2 Spesifikasi Mixer

Tabel 3. 2 Spesifikasi Mixer (M-01)

| <b>Spesifikasi Umum Mixer</b>  |                                                                        |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Nama Alat                      | : Mixer                                                                |
| Kode                           | : M - 01                                                               |
| Fungsi                         | : Melarutkan Natrium Dikromat                                          |
| Jumlah                         | : 1                                                                    |
| Jenis                          | : Silinder Vertikal dengan <i>Torispherical head</i> dan <i>bottom</i> |
| <b>Kondisi Operasi</b>         |                                                                        |
| Suhu                           | : 30° C                                                                |
| Tekanan                        | : 1 atm                                                                |
| <b>Konstruksi dan material</b> |                                                                        |
| Bahan konstruksi               | : <i>Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304</i>                       |
| Diameter (ID) <i>shell</i>     | : 0,610 m                                                              |
| Tebal <i>shell</i>             | : 0,188 in                                                             |
| Tinggi <i>shell</i>            | : 0,90 m                                                               |
| Tinggi <i>head</i>             | : 0,153 m                                                              |
| Tebal <i>shell</i>             | : 0,188 in                                                             |
| Volume <i>head</i>             | : 0,0144 m <sup>3</sup>                                                |
| Tinggi total                   | : 0,910 m                                                              |
| <b>Dimensi Pengaduk</b>        |                                                                        |
| Jenis <i>impeller</i>          | : <i>Flat Six Blade Turbine With Disk</i>                              |
| Jumlah pengaduk                | : 2 buah                                                               |
| Diameter <i>impeller</i>       | : 0,2 m                                                                |
| Jumlah <i>turbin</i>           | : 6                                                                    |
| Kecepatan putaran              | : 429,558 rpm                                                          |
| <i>Power</i>                   | : 2 hP                                                                 |

Tabel 3. 3 Spesifikasi Mixer (M-02)

| <b>Spesifikasi Umum Mixer</b>  |                                                                        |
|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Nama Alat                      | : Mixer                                                                |
| Kode                           | : M - 02                                                               |
| Fungsi                         | : Mengencerkan asam sulfat                                             |
| Jumlah                         | : 1                                                                    |
| Jenis                          | : Silinder Vertikal dengan Torispherical <i>head</i> dan <i>bottom</i> |
| <b>Kondisi Operasi</b>         |                                                                        |
| Suhu                           | : 30° C                                                                |
| Tekanan                        | : 1 atm                                                                |
| <b>Konstruksi dan material</b> |                                                                        |
| Bahan konstruksi               | : <i>Stainless Steel SA 167 Grade 3 Type 304</i>                       |
| Diameter (ID) <i>shell</i>     | : 0,498 m                                                              |
| Tebal <i>shell</i>             | : 0,188 in                                                             |
| Tinggi <i>shell</i>            | : 0,7477 m                                                             |
| Tinggi <i>head</i>             | : 0,140 m                                                              |
| Tebal <i>head</i>              | : 0,005 in                                                             |
| Volume <i>head</i>             | : 0,0099 m <sup>3</sup>                                                |
| Tinggi total                   | : 0,757 m                                                              |
| <b>Dimensi Pengaduk</b>        |                                                                        |
| Jenis <i>impeller</i>          | : <i>Flat Six Blade Turbine With Disk</i>                              |
| Jumlah pengaduk                | : 2 buah                                                               |
| Diameter <i>impeller</i>       | : 0,166 m                                                              |
| Jumlah <i>turbin</i>           | : 6 buah                                                               |
| Kecepatan putaran              | : 413,729 rpm                                                          |
| <i>Power</i>                   | : 0,75 hP                                                              |

### 3.3.3 Spesifikasi Alat Pemisah

Tabel 3. 4 Spesifikasi Filter

| <b>Spesifikasi Umum</b> |                                                  |
|-------------------------|--------------------------------------------------|
| Nama Alat               | : <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i>               |
| Kode                    | : F - 01                                         |
| Fungsi                  | : Memisahkan padatan dan filtrat                 |
| Jumlah                  | : 1                                              |
| Bahan Kontruksi         | : <i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i> |
| <b>Kondisi Operasi</b>  |                                                  |
| Suhu                    | : 50° C                                          |
| Tekanan                 | : 1 atm                                          |
| <b>Dimensi Filter</b>   |                                                  |
| Diameter                | : 1,6831 m                                       |
| Panjang                 | : 3,3663 m                                       |
| Luas permukaan filter   | : 17,7910 m <sup>2</sup>                         |
| Kecepatan putar         | : 0,10435 rpm                                    |
| Power blower            | : 0,250 hP                                       |

Tabel 3. 5 Spesifikasi *Evaporator*

| <b>Spesifikasi Umum</b> |                                                                                      |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Nama Alat               | : <i>Evaporator</i>                                                                  |
| Kode                    | : EV - 01                                                                            |
| Fungsi                  | : Menguapkan air (H <sub>2</sub> O) dari keluaran <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> . |
| Jumlah                  | : 1                                                                                  |
| Jenis alat              | : <i>Long Tube Vertical Evaporator, natural circulation</i>                          |
| Bahan Kontruksi         | : <i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>                                     |
| <b>Kondisi Operasi</b>  |                                                                                      |
| Suhu                    | : 100° C                                                                             |
| Tekanan                 | : 1 atm                                                                              |

Tabel 3. 6 Spesifikasi *Evaporator* (lanjutan)

| <b>Spesifikasi Khusus</b>              |                                     |
|----------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Dimensi</b>                         |                                     |
| Panjang                                | : 12 ft                             |
| Jumlah hairpin                         | : 4 buah                            |
| Schedule No.                           | : 40                                |
| Dimensi <i>Outer</i> (annulus)         |                                     |
| ID                                     | : 2,067 in                          |
| OD                                     | : 2,38 in                           |
| Surface per line ft ( <i>outside</i> ) | : 0,622 ft <sup>2</sup> /ft         |
| IPS                                    | : 2                                 |
| Dimensi <i>inner</i>                   |                                     |
| OD                                     | : 1,66 in                           |
| ID                                     | : 1,38 in                           |
| Surface per line ft ( <i>outside</i> ) | : 0,435 ft <sup>2</sup> /ft         |
| IPS                                    | : 1,25                              |
| Uc                                     | : 199,4167 Btu/j.ft <sup>2</sup> .F |
| Ud                                     | : 193,721 Btu/j.ft <sup>2</sup> .F  |
| Rd                                     | : 0,00317                           |
| Pressure drop                          | : 0,01908 psi                       |
| <b>Dimensi Separator Fasa</b>          |                                     |
| Volume cairan                          | : 0,00330 m <sup>3</sup>            |
| Volume vapor                           | : 8,6685 m <sup>3</sup>             |
| Volume total                           | : 0,8701 m <sup>3</sup>             |
| Diameter                               | : 0,899 m                           |
| Tinggi                                 | : 1,349 m                           |
| Tebal <i>shell</i>                     | : 0,1875 in                         |
| Tebal <i>head</i>                      | : 0,1875 in                         |
| Tinggi total                           | : 1,5366 m                          |

Tabel 3. 7 Spesifikasi *Crystallizer*

|                                             |                                                                                           |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Spesifikasi Umum <i>Crystallizer</i></b> |                                                                                           |
| Nama Alat                                   | : <i>Crystallizer</i>                                                                     |
| Kode                                        | : CR - 01                                                                                 |
| Fungsi                                      | : Mengkristalkan $\text{CrO}_3$                                                           |
| Jumlah                                      | : 1                                                                                       |
| Jenis alat                                  | : Silinder Tegak dengan <i>Torispherical head</i> dan <i>conis</i> 60 dilengkapi pengaduk |
| Bahan Kontruksi                             | : <i>Stainless Steel SA 167 Grade 11 Type 316</i>                                         |
| <b>Kondisi Operasi</b>                      |                                                                                           |
| Suhu                                        | : 80° C                                                                                   |
| Tekanan                                     | : 1 atm                                                                                   |
| <b>Dimensi</b>                              |                                                                                           |
| Volume tangki                               | : 2,343 m <sup>3</sup>                                                                    |
| Diameter <i>shell</i>                       | : 1,210 m                                                                                 |
| Tinggi <i>shell</i>                         | : 2,419 m                                                                                 |
| Tebal <i>shell</i>                          | : 0,188 in                                                                                |
| Tinggi <i>head</i>                          | : 2,881 m                                                                                 |
| Tebal <i>head</i>                           | : 0,25 in                                                                                 |
| Tinggi total                                | : 2,996 m                                                                                 |
| <b>Pengaduk</b>                             |                                                                                           |
| Jenis <i>Impeller</i>                       | : <i>Axial Turbine with 4 blades at 45° angle</i>                                         |
| Jumlah pengaduk                             | : 3 buah                                                                                  |
| Diameter                                    | : 0,233 m                                                                                 |
| Kecepatan                                   | : 952,874 rpm                                                                             |
| <i>Power</i>                                | : 40 hP                                                                                   |
| <b>Jaket Pendingin</b>                      |                                                                                           |
| Bahan kontruksi                             | : <i>Stainless Steel SA-167 Grade 11 type 316</i>                                         |
| Luas panas transfer (A)                     | : 0,3438 ft <sup>2</sup>                                                                  |
| Tinggi                                      | : 3,047 m                                                                                 |
| Tebal                                       | : 0,188 in                                                                                |

Tabel 3. 8 Spesifikasi *Centrifuge*

| <b>Spesifikasi Umum Centrifuge</b> |                                                                  |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Nama Alat                          | : <i>Centrifuge</i>                                              |
| Kode                               | : CF - 01                                                        |
| Fungsi                             | : Memisahkan kristal $\text{CrO}_3$ dari <i>mother liquornya</i> |
| Jumlah                             | : 1                                                              |
| Jenis alat                         | : <i>Helical Conveyor Centrifuge</i>                             |
| Bahan Kontruksi                    | : <i>Stainless Steel SA 240 Grade C Type 347</i>                 |
| <b>Kondisi Operasi</b>             |                                                                  |
| Suhu                               | : 65° C                                                          |
| Tekanan                            | : 1 atm                                                          |
| <b>Dimensi</b>                     |                                                                  |
| Diameter <i>bowl</i>               | : 6 in                                                           |
| Panjang <i>bowl</i>                | : 18 in                                                          |
| Jari-jari <i>bowl</i>              | : 3 in                                                           |
| Kecepatan putar <i>bowl</i>        | : 8000 rpm                                                       |
| Power                              | : 5 hP                                                           |
| Maksimum gaya centrifuge           | : 5500 kali gravitasi                                            |

Tabel 3. 9 Spesifikasi *Rotary Dryer*

| <b>Spesifikasi Umum Rotary Dryer</b> |                                                                     |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Nama Alat                            | : <i>Rotary Dryer</i>                                               |
| Kode                                 | : RD - 01                                                           |
| Fungsi                               | : Mengeringkan kristal kromium trioksida dengan bantuan udara panas |
| Jumlah                               | : 1                                                                 |
| Jenis alat                           | : <i>Direct Rotary Dryer</i>                                        |
| Bahan Kontruksi                      | : <i>Carbon Steel SA 285 Grade C</i>                                |

Tabel 3. 10 Spesifikasi *Rotary Dryer* (lanjutan)

|                                |                                       |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Kondisi Operasi</b>         |                                       |
| Suhu                           | : 80° C                               |
| Tekanan                        | : 1 atm                               |
| <b>Konstruksi dan Material</b> |                                       |
| Media pengering                | : udara panas                         |
| Diameter                       | : 0,31897 m                           |
| Panjang                        | : 1,3184 m                            |
| Kemiringan                     | : 0,0500 m                            |
| Kecepatan putaran              | : 26,97 rpm                           |
| Waktu tinggal                  | : 0,982 menit                         |
| Jenis <i>flight</i>            | : <i>Radial flight with a 90° lip</i> |
| Tinggi <i>flight</i>           | : 0,0399 m                            |
| Jumlah <i>flight</i>           | : 3                                   |
| Total tebal <i>rotary</i>      | : 0,1875 in                           |
| <i>Power</i>                   | : 0,75 hP                             |

Tabel 3. 11 Spesifikasi *Ball Mill*

|                         |                                                                      |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Spesifikasi Umum</b> |                                                                      |
| Nama Alat               | : <i>Ball Mill</i>                                                   |
| Kode                    | : BM - 01                                                            |
| Fungsi                  | : Mengecilkan ukuran kromium trioksida hingga ukuran 100 <i>mesh</i> |
| Jumlah                  | : 1                                                                  |
| Jenis alat              | : <i>Marcy Ball Mill</i>                                             |
| Bahan Konstruksi        | : <i>Stainless Steel SA 299 Grade 3 Type 304</i>                     |
| <b>Kondisi Operasi</b>  |                                                                      |
| Suhu                    | : 30° C                                                              |
| Tekanan                 | : 1 atm                                                              |
| <b>Dimensi</b>          |                                                                      |
| Panjang                 | : 0,3144 m                                                           |
| Diameter                | : 0,2096 m                                                           |
| Daya motor              | : 0,40 hP                                                            |
| Berat <i>ball</i>       | : 0,85 ton                                                           |
| Kecepatan <i>mill</i>   | : 35 rpm                                                             |

Tabel 3. 12 Spesifikasi *Vibrating Screen*

|                         |                                                  |
|-------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Spesifikasi Umum</b> |                                                  |
| Nama Alat               | : <i>Vibrating Screen</i>                        |
| Kode                    | : VS - 01                                        |
| Fungsi                  | : Untuk mendapatkan ukuran partikel yang seragam |
| Jumlah                  | : 1                                              |
| Jenis alat              | : <i>High Frequency Vibrating Screen</i>         |
| Bahan Kontruksi         | : <i>Carbon Steel</i>                            |
| <b>Dimensi</b>          |                                                  |
| Kapasitas               | : 152,499 kg/jam                                 |
| Luas                    | : 2,195 ft <sup>2</sup>                          |

### 3.3.4 Spesifikasi Alat Penyimpanan Bahan

Tabel 3. 13 Spesifikasi *Hopper* – 01

|                                       |                                                                            |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Spesifikasi Umum <i>Hopper</i></b> |                                                                            |
| Nama Alat                             | : <i>Hopper</i>                                                            |
| Kode                                  | : HP - 01                                                                  |
| Fungsi                                | : Tempat penampungan sementara natrium dikromat sebelum masuk <i>mixer</i> |
| Jumlah                                | : 1                                                                        |
| Jenis alat                            | : <i>Silinder vertical, conical bottom</i>                                 |
| Bahan Kontruksi                       | : <i>Carbon Steel</i>                                                      |
| <b>Kondisi Operasi</b>                |                                                                            |
| Suhu                                  | : 30° C                                                                    |
| Tekanan                               | : 1 atm                                                                    |
| <b>Dimensi</b>                        |                                                                            |
| Tinggi                                | : 0,4090 m                                                                 |
| Diameter                              | : 0,2545 m                                                                 |
| Tebal <i>shell</i>                    | : 0,1875 in                                                                |
| <b>Harga</b>                          | <b>Rp.4.723.266</b>                                                        |

Tabel 3. 14 Spesifikasi *Hopper* – 02

| <b>Spesifikasi Umum <i>Hopper</i></b> |                                                                            |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Nama Alat                             | : <i>Hopper</i>                                                            |
| Kode                                  | : HP - 02                                                                  |
| Fungsi                                | : Tempat penampungan sementara natrium dikromat sebelum masuk <i>mixer</i> |
| Jumlah                                | : 1                                                                        |
| Jenis alat                            | : Silinder <i>vertical, conical bottom</i>                                 |
| Bahan Kontruksi                       | : <i>Carbon Steel</i>                                                      |
| <b>Kondisi Operasi</b>                |                                                                            |
| Suhu                                  | : 30° C                                                                    |
| Tekanan                               | : 1 atm                                                                    |
| <b>Dimensi</b>                        |                                                                            |
| Tinggi                                | : 0,4896 m                                                                 |
| Diameter                              | : 0,2948 m                                                                 |
| Tebal <i>shell</i>                    | : 0,1875 in                                                                |
| <b>Harga</b>                          | <b>Rp.6.162.013</b>                                                        |

Tabel 3. 15 Spesifikasi Tangki

| <b>Parameter</b>        | <b>T-01</b>                                      | <b>T-02</b>                                      |
|-------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>Fungsi</b>           | Menyimpan kebutuhan $H_2SO_4$                    | Menyimpan <i>mother liquor</i> dari centrifuge   |
| <b>Lama penyimpanan</b> | 7 hari                                           | 7 hari                                           |
| <b>Jumlah tangki</b>    | 1 buah                                           | 1 buah                                           |
| <b>Jenis Tangki</b>     | Silinder tegak dengan flat bottom & conical head | Silinder tegak dengan flat bottom & conical head |
| <b>Kondisi operasi</b>  | Suhu : 30° C<br>Tekanan : 1 atm                  | Suhu : 30° C<br>Tekanan : 1 atm                  |

Tabel 3. 16 Spesifikasi Tangki (lanjutan)

|                    |                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Spesifikasi</b> | Bahan konstruksi :<br><i>Carbon Steel</i><br>Volume tangki :<br>18,7933 m <sup>3</sup><br>Diameter : 2,7685 m<br>Tinggi : 2,7685 m<br>Jumlah course : 2<br>Tebal shell : 0,25 in dan<br>0,4375 in | Bahan konstruksi :<br><i>Fiberglass Reinforced<br/>Plastic</i><br>Volume tangki :<br>12,3951 m <sup>3</sup><br>Diameter : 3,4790 m<br>Tinggi : 1,3046 m<br>Jumlah course : 1<br>Tebal shell : 0,1875 in |
| <b>Fasa</b>        | Cair                                                                                                                                                                                              | Cair                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Harga</b>       | <b>Rp411.300.516</b>                                                                                                                                                                              | <b>Rp275.231.805</b>                                                                                                                                                                                    |

Tabel 3. 17 Spesifikasi Silo

| <b>Parameter</b>       | <b>SL - 01</b>                                                                                                                                                                        | <b>SL - 02</b>                                                                                                                                                                       | <b>SL - 03</b>                                                                                                                                                                      |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fungsi</b>          | Menyimpan padatan natrium dikromat dihidrat                                                                                                                                           | Menyimpan <i>cake</i>                                                                                                                                                                | Menyimpan produk kromium trioksida                                                                                                                                                  |
| <b>Penyimpanan</b>     | 7 hari                                                                                                                                                                                | 7 hari                                                                                                                                                                               | 7 hari                                                                                                                                                                              |
| <b>Fasa</b>            | Padat                                                                                                                                                                                 | Padat                                                                                                                                                                                | Padat                                                                                                                                                                               |
| <b>Jumlah</b>          | 1 buah                                                                                                                                                                                | 1 buah                                                                                                                                                                               | 1 buah                                                                                                                                                                              |
| <b>Kondisi operasi</b> | Suhu : 30° C<br>Tekanan : 1 atm                                                                                                                                                       | Suhu : 30° C<br>Tekanan : 1 atm                                                                                                                                                      | Suhu : 30° C<br>Tekanan : 1 atm                                                                                                                                                     |
| <b>Spesifikasi</b>     | Bahan konstruksi :<br><i>Stainless Steel SA-167 Type 316</i><br>Volume tangki :<br>20,819 m <sup>3</sup><br>Diameter :<br>2,3047 m<br>Tinggi : 4,6094 m<br>Tebal shell :<br>0,1875 in | Bahan konstruksi :<br><i>Stainless Steel SA-167 Type 316</i><br>Volume tangki :<br>15,3027 m <sup>3</sup><br>Diameter :<br>2,080 m<br>Tinggi : 4,160 m<br>Tebal shell :<br>0,1875 in | Bahan konstruksi :<br><i>Stainless Steel SA-167 Type 316</i><br>Volume tangki :<br>11,091 m <sup>3</sup><br>Diameter :<br>1,868 m<br>Tinggi : 3,736 m<br>Tebal shell :<br>0,1875 in |
| <b>Harga</b>           | <b>Rp1.206.521.226</b>                                                                                                                                                                | <b>Rp932.239.159</b>                                                                                                                                                                 | <b>Rp758.662.523</b>                                                                                                                                                                |

### 3.3.5 Spesifikasi Alat Transportasi Bahan

Tabel 3. 18 *Screw Conveyor*

| Parameter                  | SC - 01                                                    | SC - 02                                                        | SC - 03                                                              | SC - 04                                                                           |
|----------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nama Alat</b>           | <i>Screw</i>                                               | <i>Screw</i>                                                   | <i>Screw</i>                                                         | <i>Screw</i>                                                                      |
|                            | <i>Conveyor</i>                                            | <i>Conveyor</i>                                                | <i>Conveyor</i>                                                      | <i>Conveyor</i>                                                                   |
| <b>Fungsi</b>              | Mengangkut natrium dikromat dari silo ke <i>hopper</i>     | Mengangkut natrium dikromat dari <i>hopper</i> ke <i>mixer</i> | Mengangkut <i>cake</i> dari <i>centrifuge</i> ke <i>Rotary Dryer</i> | Mengangkut produk $\text{CrO}_3$ dari <i>Vibrating Screen</i> ke silo penyimpanan |
| <b>Kondisi operasi</b>     | Suhu : 30° C<br>Tekanan : 1 atm                            | Suhu : 30° C<br>Tekanan : 1 atm                                | Suhu : 30° C<br>Tekanan : 1 atm                                      | Suhu : 30° C<br>Tekanan : 1 atm                                                   |
| <b>Jenis conveyor</b>      | <i>Inclined</i><br><i>Screw</i><br><i>Conveyor</i>         | <i>Horizontal</i><br><i>Screw</i><br><i>Conveyor</i>           | <i>Horizontal</i><br><i>Screw</i><br><i>Conveyor</i>                 | <i>Horizontal</i><br><i>Screw</i><br><i>Conveyor</i>                              |
| <b>Kapasitas</b>           | 334,60 kg/jam                                              | 334,60 kg/jam                                                  | 187,63 kg/jam                                                        | 156,36 kg/jam                                                                     |
| <b>Speed</b>               | 40 rpm                                                     | 40 rpm                                                         | 40 rpm                                                               | 40 rpm                                                                            |
| <b>Motor power</b>         | 0,05 hP                                                    | 0,05 hP                                                        | 0,05 hP                                                              | 0,05 hP                                                                           |
| <b>Dimensi</b>             |                                                            |                                                                |                                                                      |                                                                                   |
| <b>Panjang</b>             | 5,98 m                                                     | 4,57 m                                                         | 4,57 m                                                               | 4,57 m                                                                            |
| <b>Diameter</b>            | 6 in                                                       | 6 in                                                           | 6 in                                                                 | 6 in                                                                              |
| <b>Material konstruksi</b> | <i>Stainless Stell</i><br><i>SA-167 type</i><br><i>304</i> | <i>Stainless Stell</i><br><i>SA-167 type</i><br><i>304</i>     | <i>Stainless Stell</i><br><i>SA-167 type</i><br><i>304</i>           | <i>Stainless Stell</i><br><i>SA-167 type</i><br><i>304</i>                        |
| <b>Harga</b>               | <b>Rp68.612.309</b>                                        | <b>Rp57.730.500</b>                                            | <b>Rp57.730.500</b>                                                  | <b>Rp57.730.500</b>                                                               |

Tabel 3. 19 Spesifikasi *Cooling Screw Conveyor*

| <b>Parameter</b>           | <b>CSC - 01</b>                                        | <b>CSC - 02</b>                                                                        | <b>HSC - 01</b>                                                      |
|----------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>Spesifikasi</b>         | <i>Cooling Screw Conveyor</i>                          | <i>Cooling Screw Conveyor</i>                                                          | <i>Heater Screw Conveyor</i>                                         |
| <b>Fungsi</b>              | Mengangkut cake filter ke silo                         | Mengangkut dan mendinginkan CrO <sub>3</sub> dari <i>rotary dryer</i> menuju ball mill | Mengangkut dan memanaskan natrium dikromat dari mixer menuju reaktor |
| <b>Kondisi operasi</b>     | Suhu : 30° C<br>Tekanan : 1 atm                        | Suhu : 30° C<br>Tekanan : 1 atm                                                        | Suhu : 30° C<br>Tekanan : 1 atm                                      |
| <b>Jenis conveyor</b>      | <i>Horizontal Screw Conveyor – Rotary Cutoff valve</i> | <i>Horizontal Screw Conveyor – Rotary Cutoff valve</i>                                 | <i>Inclined Screw Conveyor – Rotary cutoff valve</i>                 |
| <b>Kapasitas</b>           | 158,98 kg/jam                                          | 130,05 kg/jam                                                                          | 369,92 kg/jam                                                        |
| <b>Speed</b>               | 40 rpm                                                 | 40 rpm                                                                                 | 40 rpm                                                               |
| <b>Motor power</b>         | 0,05 hP                                                | 0,05 hP                                                                                | 0,05 hP                                                              |
| <b>Dimensi</b>             |                                                        |                                                                                        |                                                                      |
| <b>Panjang</b>             | 4,572 m                                                | 4,572 m                                                                                | 2,155 m                                                              |
| <b>Diameter</b>            | 6 in                                                   | 6 in                                                                                   | 6 in                                                                 |
| <b>Panjang Jaket</b>       | 0,9488 ft                                              | 2,0332 ft                                                                              | 0,75 ft                                                              |
| <b>Tebal Jaket</b>         | 0,25 in                                                | 0,25 in                                                                                | 0,1875 in                                                            |
| <b>Material konstruksi</b> | <i>Carbon Stell SA-283 grade C</i>                     | <i>Carbon Stell SA-283 grade C</i>                                                     | <i>Carbon Stell SA-283 grade C</i>                                   |
| <b>Harga</b>               | <b>Rp37.182.798</b>                                    | <b>Rp57.730.500</b>                                                                    | <b>Rp57.730.500</b>                                                  |

Tabel 3. 20 Spesifikasi Pompa (P – 01, P – 02, P – 03)

| Parameter                | P - 01                                                              | P - 02                                                                      | P - 03                                                            |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>Spesifikasi</b>       | Pompa                                                               | Pompa                                                                       | Pompa                                                             |
| <b>Fungsi</b>            | Mengalirkan<br>asam sulfat dari<br>tangki menuju<br><i>mixer-01</i> | Mengalirkan<br>asam sulfat dari<br><i>mixer</i> menuju<br><i>reactor-01</i> | Mengalirkan<br>keluaran <i>reactor</i><br>menuju <i>filter-01</i> |
| <b>Kondisi operasi :</b> |                                                                     |                                                                             |                                                                   |
| <b>Viskositas</b>        | 0,00081 cP                                                          | 0,0163 cP                                                                   | 0,211 cP                                                          |
| <b>Kapasitas</b>         | 0,32 gall/mnt                                                       | 0,32 gall/mnt                                                               | 1,5208 gall/mnt                                                   |
| <b>Pump head</b>         | 25,78 ft.lbf/lbm                                                    | 32,4536 ft.lbf/lbm                                                          | 32,0562 ft.lbf/lbm                                                |
| <b>Suhu fluida</b>       | 30°C                                                                | 30°C                                                                        | 75°C                                                              |
| <b>Submersibility</b>    | <i>immersed</i>                                                     | <i>immersed</i>                                                             | <i>immersed</i>                                                   |
| <b>Jenis pompa</b>       | <i>Single Stage</i><br><i>Centrifugal Pump</i>                      | <i>Single Stage</i><br><i>Centrifugal Pump</i>                              | <i>Single Stage</i><br><i>Centrifugal Pump</i>                    |
| <b>Dimensi pipa</b>      |                                                                     |                                                                             |                                                                   |
| <b>IPS</b>               | 0,25 in                                                             | 0,25 in                                                                     | 0,5 in                                                            |
| <b>No. Sch</b>           | 40                                                                  | 40                                                                          | 40                                                                |
| <b>OD</b>                | 0,54 in                                                             | 0,54 in                                                                     | 0,84 in                                                           |
| <b>ID</b>                | 0,364 in                                                            | 0,364 in                                                                    | 0,622 in                                                          |
| <b>Flow Area</b>         | 0,104 in <sup>2</sup>                                               | 0,104 in <sup>2</sup>                                                       | 0,304 in <sup>2</sup>                                             |
| <b>Power motor</b>       | 0,05 hP                                                             | 0,05 hP                                                                     | 0,166 hP                                                          |
| <b>Efisiensi motor</b>   | 20%                                                                 | 20%                                                                         | 20%                                                               |
| <b>Spesific Speed</b>    | 173,81 rpm                                                          | 146,25 rpm                                                                  | 320,39 rpm                                                        |
| <b>Material</b>          | <i>Stainless Steel</i>                                              | <i>Stainless Steel</i>                                                      | <i>Stainless Steel</i>                                            |
| <b>kontruksi</b>         | <i>SA-167 Grade 11</i><br><i>Type 316</i>                           | <i>SA-167 Grade 11</i><br><i>Type 316</i>                                   | <i>SA-167 Grade 11</i><br><i>Type 316</i>                         |
| <b>Harga</b>             | <b>Rp128.783.424</b>                                                | <b>Rp128.783.424</b>                                                        | <b>Rp128.783.424</b>                                              |

Tabel 3. 21 Spesifikasi Pompa (P – 04, P – 05, P – 06)

| Parameter              | P - 04                                                               | P - 05                                                                        | P - 06                                                                            |
|------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Spesifikasi</b>     | Pompa                                                                | Pompa                                                                         | Pompa                                                                             |
| <b>Fungsi</b>          | Mengalirkan<br>keluaran <i>filter</i><br>menuju<br><i>evaporator</i> | Mengalirkan<br>keluaran<br><i>evaporator</i><br>menuju<br><i>crystallizer</i> | Mengalirkan<br><i>mother liquor</i> dari<br><i>centrifuge</i> menuju<br>tangki ML |
| <b>Kondisi operasi</b> |                                                                      |                                                                               |                                                                                   |
| <b>Viskositas</b>      | 0,280 cP                                                             | 0,00637 cP                                                                    | 0,000017 cP                                                                       |
| <b>Kapasitas</b>       | 1,4324 gall/mnt                                                      | 0,7908 gall/mnt                                                               | 0,3723 gall/mnt                                                                   |
| <b>Pump head</b>       | 34,688 ft.lbf/lbm                                                    | 35,123 ft.lbf/lbm                                                             | 31,3905 ft.lbf/lbm                                                                |
| <b>Suhu fluida</b>     | 50°C                                                                 | 100°C                                                                         | 65°C                                                                              |
| <b>Jenis pompa</b>     | <i>Single Stage</i><br><i>Centrifugal Pump</i>                       | <i>Single Stage</i><br><i>Centrifugal Pump</i>                                | <i>Single Stage</i><br><i>Centrifugal Pump</i>                                    |
| <b>Dimensi pipa</b>    |                                                                      |                                                                               |                                                                                   |
| IPS                    | 0,5 in                                                               | 1,5 in                                                                        | 0,5 in                                                                            |
| No. Sch                | 40                                                                   | 40                                                                            | 40                                                                                |
| OD                     | 0,84 in                                                              | 1,9 in                                                                        | 0,84 in                                                                           |
| ID                     | 0,622 in                                                             | 1,61 in                                                                       | 0,622 in                                                                          |
| Flow Area              | 0,304 in <sup>2</sup>                                                | 2,04 in <sup>2</sup>                                                          | 0,304 in <sup>2</sup>                                                             |
| <b>Harga</b>           | <b>Rp128.783.424</b>                                                 | <b>Rp128.783.424</b>                                                          | <b>Rp128.783.424</b>                                                              |

### 3.3.6 Spesifikasi Alat Penukar Panas

Tabel 3. 22 Spesifikasi *Heater* (HE-01)

| Spesifikasi Umum    |                                                                     |             |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------|
| Fungsi              | : Menaikkan suhu asam sulfat dari tangki 30° C menuju reaktor 75° C |             |
| Jenis               | : <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>                                 |             |
| Tipe                | : <i>Steam</i>                                                      |             |
| Kondisi Operasi     |                                                                     |             |
|                     | <i>Annulus</i>                                                      | <i>Tube</i> |
| Suhu masuk          | 30° C                                                               | 160° C      |
| Suhu keluar         | 75° C                                                               | 160° C      |
| Tekanan             | 1 atm                                                               |             |
| Beban panas         | 9757,4996 Btu/jam                                                   |             |
| Mechanical Design   |                                                                     |             |
|                     | <i>Annulus</i>                                                      | <i>Tube</i> |
| Panjang (ft)        | 12                                                                  |             |
| Hairpin             | 1 buah                                                              |             |
| ID (in)             | 2,38                                                                | 1,66        |
| OD (in)             | 2,067                                                               | 1,38        |
| A                   | 0,622                                                               | 0,435       |
| Pressure Drop (psi) | 0,0000041                                                           | 0,0014      |
| Rd                  | 0.2013                                                              |             |

Tabel 3. 23 *Heater* (HE-02)

| Spesifikasi Umum    |                                                                                                   |             |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Fungsi              | : Menaikkan temperature udara dari 30° C menjadi 110° C sebelum dimasukkan ke <i>Rotary Dryer</i> |             |
| Jenis               | : <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>                                                               |             |
| Tipe                | : <i>Steam</i>                                                                                    |             |
| Kondisi Operasi     |                                                                                                   |             |
|                     | <i>Annulus</i>                                                                                    | <i>Tube</i> |
| Suhu masuk          | 30° C                                                                                             | 160° C      |
| Suhu keluar         | 75° C                                                                                             | 160° C      |
| Tekanan             | 3,2 atm                                                                                           | 3,2 atm     |
| Beban panas         | 1219,403 Btu/jam                                                                                  |             |
| Mechanical Design   |                                                                                                   |             |
|                     | <i>Annulus</i>                                                                                    | <i>Tube</i> |
| Panjang (ft)        | 12                                                                                                |             |
| Hairpin             | 1 buah                                                                                            |             |
| ID (in)             | 2,067                                                                                             | 1,38        |
| OD (in)             | 2,38                                                                                              | 1,66        |
| A (sqft/ft)         | 0,622                                                                                             | 0,435       |
| Pressure Drop (psi) | 0,00003                                                                                           | 0,0000089   |
| Rd                  | 0,4452                                                                                            |             |

Tabel 3. 24 Spesifikasi Cooler (CL-01)

| Spesifikasi Umum           |                                                                                                  |             |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Fungsi                     | : Menaikkan temperature produk reaktor dari 75° C menjadi 50°C dari reaktor menuju <i>filter</i> |             |
| Jenis                      | : <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>                                                              |             |
| Tipe                       | : Air pendingin                                                                                  |             |
| Kondisi Operasi            |                                                                                                  |             |
|                            | <i>Annulus</i>                                                                                   | <i>Tube</i> |
| Suhu masuk                 | 30° C                                                                                            | 150° C      |
| Suhu keluar                | 40° C                                                                                            | 150° C      |
| Tekanan                    | 1 atm                                                                                            |             |
| Beban pendingin            | 24023,1558 Btu/jam                                                                               |             |
| Mechanical Design          |                                                                                                  |             |
|                            | <i>Annulus</i>                                                                                   | <i>Tube</i> |
| Panjang (ft)               | 12                                                                                               |             |
| Hairpin                    | 1 buah                                                                                           |             |
| ID (in)                    | 2,38                                                                                             | 1,66        |
| OD (in)                    | 2,067                                                                                            | 1,38        |
| A (sqft/ft)                | 0,622                                                                                            | 0,435       |
| <i>Pressure Drop</i> (psi) | 0,0642                                                                                           | 0,0094      |
| Rd                         | 0.0055                                                                                           |             |

Tabel 3. 25 Spesifikasi Cooler (CL-02)

| Spesifikasi Umum    |                                                                                                                  |             |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Fungsi              | : Menurunkan produk <i>evaporator</i> dari 100° C menjadi 80°C dari <i>evaporator</i> menuju <i>crystallizer</i> |             |
| Jenis               | : <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>                                                                              |             |
| Tipe                | : Air pendingin                                                                                                  |             |
| Kondisi Operasi     |                                                                                                                  |             |
|                     | <i>Annulus</i>                                                                                                   | <i>Tube</i> |
| Suhu masuk          | 30° C                                                                                                            | 160° C      |
| Suhu keluar         | 75° C                                                                                                            | 160° C      |
| Tekanan             | 1 atm                                                                                                            |             |
| Beban pendingin     | 7450,0842 Btu/jam                                                                                                |             |
| Mechanical Design   |                                                                                                                  |             |
|                     | <i>Annulus</i>                                                                                                   | <i>Tube</i> |
| Panjang (ft)        | 12                                                                                                               |             |
| Hairpin             | 1 buah                                                                                                           |             |
| ID (in)             | 2,38                                                                                                             | 1,66        |
| Mechanical Design   |                                                                                                                  |             |
| OD (in)             | 2,067                                                                                                            | 1,38        |
| A (sqft/ft)         | 0,622                                                                                                            | 0,435       |
| Pressure Drop (psi) | 0,0088                                                                                                           | 0,0012      |
| Rd                  | 0,0584                                                                                                           |             |

Tabel 3. 26 Spesifikasi Cooler (CL-03)

| Spesifikasi Umum    |                                                                                                  |             |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Fungsi              | : Menurunkan produk Centrifuge dari 65° C menjadi 35° dari evaporator menuju <i>crystallizer</i> |             |
| Jenis               | : <i>Double Pipe Heat Exchanger</i>                                                              |             |
| Tipe                | : Air pendingin                                                                                  |             |
| Kondisi Operasi     |                                                                                                  |             |
|                     | <i>Annulus</i>                                                                                   | <i>Tube</i> |
| Suhu masuk          | 30° C                                                                                            | 160° C      |
| Suhu keluar         | 75° C                                                                                            | 160° C      |
| Tekanan             | 1 atm                                                                                            |             |
| Beban pendingin     | 5774,5689 Btu/jam                                                                                |             |
| Mechanical Design   |                                                                                                  |             |
|                     | <i>Annulus</i>                                                                                   | <i>Tube</i> |
| Panjang (ft)        | 12                                                                                               |             |
| Hairpin             | 1 buah                                                                                           |             |
| ID (in)             | 2,38                                                                                             | 1,66        |
| OD (in)             | 2,067                                                                                            | 1,38        |
| A (sqft/ft)         | 0,622                                                                                            | 0,435       |
| Pressure Drop (psi) | 0,00019                                                                                          | 0,0009      |
| Rd                  | 0.0344                                                                                           |             |

### 3.4 Neraca Massa

#### 3.4.1 Neraca Massa Total

Tabel 3. 27 Neraca Massa Total

| Komponen                                                          | Input<br>(Kg/jam) | Output (Kg/jam) |                 |                 |               |                |                 |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|
|                                                                   |                   | Arus 4          | Arus 6          | Arus 9          | Arus 11       | Arus 14        | Arus 15         |
| CrO <sub>3(s)</sub>                                               |                   |                 |                 |                 |               | 22,2816        | 126,2626        |
| CrO <sub>3(aq)</sub>                                              |                   |                 |                 | 16,5049         |               |                |                 |
| Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> ·2H <sub>2</sub> O | 250,1591          |                 |                 | 4,2277          |               |                |                 |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                    | 161,7644          |                 |                 | 80,8822         |               |                |                 |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                   | 1,0211            | 77,8370         |                 | 35,8408         |               | 0,6810         | 3,8589          |
| NaCl                                                              | 0,5105            |                 |                 | 0,5105          |               |                |                 |
| H <sub>2</sub> O                                                  | 214,0988          | 51,7333         | 124,1599        | 74,9552         | 7,7720        |                | 0,0461          |
| <b>Sub Total</b>                                                  | <b>627,5538</b>   | <b>129,5703</b> | <b>124,1599</b> | <b>212,9213</b> | <b>7,7720</b> | <b>22,3018</b> | <b>130,1677</b> |
| <b>Total</b>                                                      | <b>627,5538</b>   |                 |                 | <b>627,5538</b> |               |                |                 |

### 3.4.2 Neraca Massa Alat

Tabel 3. 28 Neraca Massa Mixer (M- 01)

| <b>Komponen</b>                                                   | <b><i>Input (Kg/jam)</i></b> | <b><i>Output (Kg/jam)</i></b> |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
|                                                                   | <b>Arus 1</b>                | <b>Arus 2</b>                 |
| Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .2H <sub>2</sub> O | 250,159                      | 250,159                       |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                   | 1,021                        | 1,021                         |
| NaCl                                                              | 0,511                        | 0,511                         |
| H <sub>2</sub> O                                                  | 3,574                        | 3,574                         |
| H <sub>2</sub> O proses                                           | 83,386                       | 83,386                        |
| <b>Total</b>                                                      | <b>338,6507</b>              | <b>338,6507</b>               |

Tabel 3. 29 Neraca Massa Mixer (M-02)

| <b>Komponen</b>                | <b><i>Input (Kg/jam)</i></b> | <b><i>Output (Kg/jam)</i></b> |
|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
|                                | <b>Arus 1</b>                | <b>Arus 2</b>                 |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 161,7644                     | 161,7644                      |
| H <sub>2</sub> O               | 3,3013                       | 3,3013                        |
| H <sub>2</sub> O proses        | 8,8745                       | 8,8745                        |
| <b>Total</b>                   | <b>173,9402</b>              | <b>173,9402</b>               |

Tabel 3. 30 Neraca Massa Reaktor (R-01)

| <b>Komponen</b>                                                   | <b><i>Input (Kg/jam)</i></b> | <b><i>Output (Kg/jam)</i></b> |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
|                                                                   | <b>Arus 2</b>                | <b>Arus 3</b>                 |
| CrO <sub>3</sub>                                                  |                              | 165,0492                      |
| Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .2H <sub>2</sub> O | 250,1591                     | 4,2277                        |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                    | 161,7644                     | 80,8822                       |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                   | 1,0211                       | 118,2177                      |
| NaCl                                                              | 0,5105                       | 0,5105                        |
| H <sub>2</sub> O                                                  | 99,1359                      | 143,7036                      |
| <b>Total</b>                                                      | <b>512,5909</b>              | <b>512,5909</b>               |

Tabel 3. 31 Neraca Massa Filter (F-01)

| Komponen                                                          | <i>Input (Kg/jam)</i> | <i>Output (Kg/jam)</i> |                 |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|
|                                                                   | Arus 3                | Arus 4                 | Arus 5          |
| CrO <sub>3</sub>                                                  | 165,0492              |                        | 165,0492        |
| Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .2H <sub>2</sub> O | 4,2277                |                        | 4,2277          |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                    | 80,8822               |                        | 80,8822         |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                   | 118,2177              | 77,8370                | 40,3807         |
| NaCl                                                              | 0,5105                |                        | 0,5105          |
| H <sub>2</sub> O                                                  | 143,7036              | 43,1111                | 114,9629        |
| <b>Sub Total</b>                                                  | <b>512,5909</b>       | <b>106,5777</b>        | <b>406,0132</b> |
| H <sub>2</sub> O Proses                                           | 114,9629              | 22,9926                | 91,9703         |
| <b>Total</b>                                                      | <b>627,5538</b>       | <b>627,5538</b>        |                 |

Tabel 3. 32 Neraca Massa Evaporator (EV-01)

| Komponen                                                          | <i>Input (Kg/jam)</i> | <i>Output (Kg/jam)</i> |                 |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|
|                                                                   | Arus 5                | Arus 6                 | Arus 7          |
| CrO <sub>3</sub>                                                  | 165,0492              |                        | 165,0492        |
| Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .2H <sub>2</sub> O | 4,2277                |                        | 4,2277          |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                    | 80,8822               |                        | 80,8822         |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                   | 40,3807               |                        | 40,3807         |
| NaCl                                                              | 0,5105                |                        | 0,5105          |
| H <sub>2</sub> O                                                  | 206,9332              | 124,1599               | 82,7733         |
| <b>Sub Total</b>                                                  | <b>497,9835</b>       | <b>124,1599</b>        | <b>373,8236</b> |
| <b>Total</b>                                                      | <b>497,9835</b>       | <b>497,9835</b>        |                 |

Tabel 3. 33 Neraca Massa *Crystallizer* (CR-01)

| Komponen                                                          | <i>Input (Kg/jam)</i> | <i>Output (Kg/jam)</i> |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|
|                                                                   | Arus 7                | Arus 8                 |
| CrO <sub>3</sub>                                                  | 165,0492              | 165,0492               |
| Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .2H <sub>2</sub> O | 4,2277                | 4,2277                 |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                    | 80,8822               | 80,8822                |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                   | 40,3807               | 40,3807                |
| NaCl                                                              | 0,5105                | 0,5105                 |
| H <sub>2</sub> O                                                  | 82,7733               | 82,7733                |
| <b>Total</b>                                                      | <b>373,8236</b>       | <b>373,8236</b>        |

Tabel 3. 34 Neraca Massa Centrifuge (CR-01)

| Komponen                                                          | <i>Input (Kg/jam)</i> | <i>Output (Kg/jam)</i> |                 |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|
|                                                                   | Arus 8                | Arus 9                 | Arus 10         |
| CrO <sub>3</sub>                                                  | 165,0492              | 16,5049                | 148,5443        |
| Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .2H <sub>2</sub> O | 4,2277                | 4,2277                 |                 |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                    | 80,8822               | 80,8822                |                 |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                   | 40,3807               | 35,8408                | 4,5399          |
| NaCl                                                              | 0,5105                | 0,5105                 |                 |
| H <sub>2</sub> O                                                  | 82,7733               | 74,9552                | 7,8181          |
| <b>Sub Total</b>                                                  | <b>373,8236</b>       | <b>212,9213</b>        | <b>160,9023</b> |
| <b>Total</b>                                                      | <b>373,8236</b>       | <b>373,8236</b>        |                 |

Tabel 3. 35 Neraca Massa *Dryer* (D-01)

| Komponen                        | <i>Input (Kg/jam)</i> | <i>Output (Kg/jam)</i> |                 |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|
|                                 | Arus 10               | Arus 11                | Arus 12         |
| CrO <sub>3</sub>                | 148,5443              |                        | 148,5443        |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 4,5399                |                        | 4,5399          |
| H <sub>2</sub> O                | 7,8181                | 7,7720                 | 0,0461          |
| <b>Sub Total</b>                | <b>160,9023</b>       | <b>7,7720</b>          | <b>153,1303</b> |
| <b>Total</b>                    | <b>160,9023</b>       | <b>160,9023</b>        |                 |

Tabel 3. 36 Neraca Massa *Ball Mill* (BM-01)

| Komponen                        | <i>Input (Kg/jam)</i> | <i>Output (Kg/jam)</i> |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------|
|                                 | Arus 12               | Arus 13                |
| CrO <sub>3</sub>                | 148,5443              | 148,5443               |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 4,5399                | 4,5399                 |
| H <sub>2</sub> O                | 0,0461                | 0,0461                 |
| <b>Total</b>                    | <b>153,1303</b>       | <b>153,1303</b>        |

Tabel 3. 37 Neraca Massa *Vibrating Screen* (VBS-01)

| Komponen                        | <i>Input (Kg/jam)</i> | <i>Output (Kg/jam)</i> |                 |
|---------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|
|                                 | Arus 13               | Arus 14                | Arus 15         |
| CrO <sub>3</sub>                | 148,5443              | 22,2816                | 126,2626        |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 4,5399                | 0,6810                 | 3,8589          |
| H <sub>2</sub> O                | 0,0461                | 0,0000                 | 0,0461          |
| <b>Sub Total</b>                | <b>153,1303</b>       | <b>22,9626</b>         | <b>130,1677</b> |
| <b>Total</b>                    | <b>153,1303</b>       | <b>153,1303</b>        |                 |

### 3.5 Neraca Panas Alat

Tabel 3. 38 Neraca Panas *Heating Screw Conveyor* (HSC-01)

| Keterangan   | Panas Masuk (Kj/jam) | Panas Keluar (kJ/jam) |
|--------------|----------------------|-----------------------|
| Input        | 2762,95              |                       |
| Output       |                      | 28140,06              |
| Steam        | 25377,11             |                       |
| <b>Total</b> | <b>28140,06</b>      | <b>28140,06</b>       |

Tabel 3. 39 Neraca Massa *Heat Exchanger* (HE-01)

| Keterangan   | Panas Masuk (Kj/jam) | Panas Keluar (kJ/jam) |
|--------------|----------------------|-----------------------|
| Input        | 1542,60              |                       |
| Output       |                      | 11837,27              |
| Steam        | 13634,12             | 3339,45               |
| <b>Total</b> | <b>15176,72</b>      | <b>15176,72</b>       |

Tabel 3. 40 Reaktor (R-01)

| Keterangan   | Panas Masuk (Kj/jam) | Panas Keluar (kJ/jam) |
|--------------|----------------------|-----------------------|
| Input        | 55563,33             |                       |
| Output       |                      | 80531,09              |
| Reaksi       | -28,7057             |                       |
| Pendingin    |                      | -24996,46             |
| <b>Total</b> | <b>55534,62</b>      | <b>55534,62</b>       |

Tabel 3. 41 Neraca Panas *Cooler* (CL-01)

| <b>Keterangan</b> | <b>Panas Masuk (Kj/jam)</b> | <b>Panas Keluar (kJ/jam)</b> |
|-------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Input             | 48550,75                    |                              |
| Output            |                             | 24213,16                     |
| Pendingin         |                             | 24337,59                     |
| <b>Total</b>      | <b>48550,75</b>             | <b>48550,75</b>              |

Tabel 3. 42 Neraca Panas *Cooling Screw Conveyor* (CSC-01)

| <b>Keterangan</b> | <b>Panas Masuk (Kj/jam)</b> | <b>Panas Keluar (kJ/jam)</b> |
|-------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Input             | 5832,09                     |                              |
| Output            |                             | 1153,53                      |
| Pendingin         |                             | 4678,55                      |
| <b>Total</b>      | <b>5832,09</b>              | <b>5832,09</b>               |

Tabel 3. 43 Neraca Panas *Evaporator* (EV-01)

| <b>Keterangan</b> | <b>Panas Masuk (Kj/jam)</b> | <b>Panas Keluar (kJ/jam)</b> |
|-------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Input             | 48547,33                    |                              |
| Output            |                             | 426004,27                    |
| Steam             | 499898,68                   | 122441,74                    |
| <b>Total</b>      | <b>548446,01</b>            | <b>548446,01</b>             |

Tabel 3. 44 Neraca Panas *Cooler* (CL-02)

| <b>Keterangan</b> | <b>Panas Masuk (Kj/jam)</b> | <b>Panas Keluar (kJ/jam)</b> |
|-------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Input             | 64725,83                    |                              |
| Output            |                             | 46647,04                     |
| Pendingin         |                             | 18078,78                     |
| <b>Total</b>      | <b>64725,83</b>             | <b>64725,83</b>              |

Tabel 3. 45 Neraca Panas *Crystallizer* (CR-01)

| <b>Keterangan</b> | <b>Panas Masuk (Kj/jam)</b> | <b>Panas Keluar (kJ/jam)</b> |
|-------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Input             | 46647,04                    |                              |
| Output            |                             | 33499,92                     |
| Pendingin         |                             | 13147,13                     |
| <b>Total</b>      | <b>46647,04</b>             | <b>46647,04</b>              |

Tabel 3. 46 Neraca Panas *Cooler* (CL-03)

| Keterangan   | Panas Masuk (Kj/jam) | Panas Keluar (kJ/jam) |
|--------------|----------------------|-----------------------|
| Input        | 26356,02             |                       |
| Output       |                      | 6406,78               |
| Pendingin    |                      | 19949,23              |
| <b>Total</b> | <b>26356,02</b>      | <b>26356,02</b>       |

Tabel 3. 47 Neraca Panas *Heat Exchanger* (HE-02)

| Keterangan   | Panas Masuk (Kj/jam) | Panas Keluar (kJ/jam) |
|--------------|----------------------|-----------------------|
| Input        | 127,5806             |                       |
| Output       |                      | 2176,93               |
| Steam        | 2049,35              |                       |
| <b>Total</b> | <b>2176,93</b>       | <b>2176,93</b>        |

Tabel 3. 48 Neraca Panas *Rotary Dryer* (RD-01)

| Keterangan   | Panas Masuk (Kj/jam) | Panas Keluar (kJ/jam) |
|--------------|----------------------|-----------------------|
| Input        | 6970,36              |                       |
| Output       |                      | 9633,48               |
| Pengering    | 2663,11              |                       |
| <b>Total</b> | <b>8188,45</b>       | <b>8188,45</b>        |

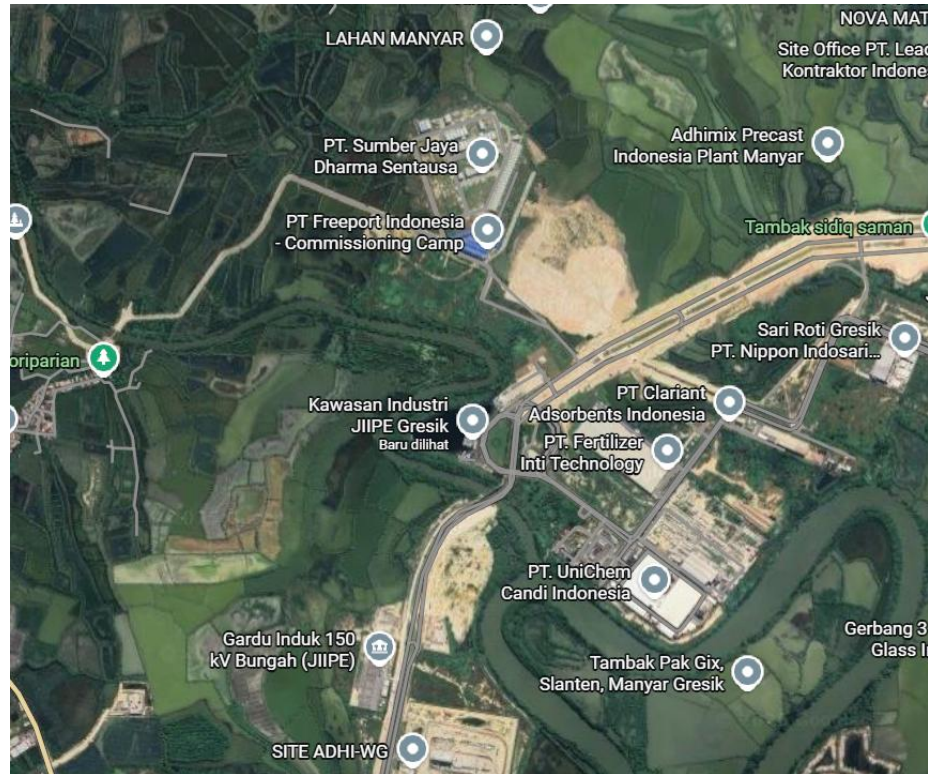
Tabel 3. 49 Neraca Panas *Cooling Screw Conveyor* (CSC-02)

| Keterangan   | Panas Masuk (Kj/jam) | Panas Keluar (kJ/jam) |
|--------------|----------------------|-----------------------|
| Input        | 6779,21              |                       |
| Output       |                      | 616,22                |
| Pendingin    |                      | 6162,98               |
| <b>Total</b> | <b>6779,21</b>       | <b>6779,21</b>        |

## BAB IV

### PERANCANGAN PABRIK

#### 4.1 Lokasi Pabrik



Gambar 4. 1 Lokasi Pabrik

Pemilihan Lokasi pabrik merupakan salah satu tahapan penting dalam perancangan pabrik kimia karena sangat mempengaruhi kelayakan teknis, ekonomi, dan lingkungan dari pabrik yang akan dibangun. Lokasi yang tepat dapat menurunkan biaya investasi dan operasi, meingkatkan efisiensi distribusi, serta memudahkan pengelolaan limbah dan utilitas pabrik (Sinnott & Towler, 2008).

Pabrik kromium trioksida ( $\text{CrO}_3$ ) dirancang dengan bahan baku utama natrium dikrtomat dihidrat ( $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) dan asam sulfat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Proses produksi kromium trioksida menghasilkan produk yang bersifat toksik dan oksidator kuat serta limbah yang mengandung kromium valensi enam ( $\text{Cr(VI)}$ ) yang berbahaya

bagi lingkungan. Oleh karena itu, pemilihan lokasi pabrik harus memperhatikan ketersediaan fasilitas industri, sistem transportasi, utilitas, serta sarana pengolahan limbah yang memadai (Paters, Timmerhaus, & West, 2014).

Dalam perancangan ini, faktor pemilihan lokasi diklasifikasikan menjadi faktor utama dan faktor pendukung, berdasarkan tingkat pengaruhnya terhadap kelangsungan dan kelayakan operasi pabrik.

#### **4.1.1 Faktor Utama Pemilihan Lokasi**

##### **1. Ketersediaan dan Kontinuitas Bahan Baku**

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor utama karena proses produksi kromium trioksida membutuhkan pasokan natrium dikromat dihidrat dan asam sulfat secara kontinu dalam jumlah besar. Lokasi pabrik yang dekat dengan pusat industri kimia dan jalur distribusi bahan baku akan menurunkan biaya transportasi serta menjamin kontinuitas operasi. Kawasan Industri Gresik (KIG) – *Java Integrated Industrial and Port Estate* (JIPE) memiliki akses yang baik terhadap pemasok bahan baku domestik maupun impor melalui pelabuhan laut, sehingga memenuhi faktor ini.

##### **2. Ketersediaan Utilitas Industri**

Utilitas berhubungan dengan kelangsungan proses produksi. Proses pembuatan kromium trioksida memerlukan air proses, energi listrik, dan energi panas dalam jumlah besar untuk tahap reaksi, kristalisasi, pengeringan, serta pengolahan limbah. KIG – JIPE sebagai Kawasan industri terpadu telah dilengkapi dengan fasilitas penyediaan utilitas

industri yang memadai dan berkesinambungan, sehingga mampu mendukung kebutuhan operasional pabrik (Paters et al., 2014)

3. Transportasi dan Akses Distribusi

Transportasi memengaruhi efisiensi distribusi bahan baku dan produk. Produk kromium trioksida digunakan oleh berbagai industri, seperti industri elektroplating dan kimia, yang tersebar di berbagai wilayah industri. Keberadaan Pelabuhan laut terintegrasi serta akses jaringan jalan utama di Kawasan KIG – JIPE mempermudah distribusi produk ke pasar domestik maupun ekspor secara efisien.

4. Lingkungan dan Pengolahan Limbah

Apek lingkungan merupakan faktor utama dalam pemilihan lokasi pabrik kromium trioksida karena proses produksi kromium trioksida menghasilkan limbah berbahaya yang mengandung Cr(VI). Oleh karena itu, lokasi pabrik harus mendukung penerapan sistem yang diperuntukkan bagi industri kimia. KIG – JIPE dirancang sebagai Kawasan industri berat dan kimia yang memiliki sistem pengelolaan lingkungan dan limbah industri, sehingga sesuai untuk pendirian pabrik kromium trioksida (Paters et al., 2014).

#### **4.1.2 Faktor Pendukung Pemilihan Lokasi**

1. Ketersediaan Tenaga Kerja

Ketersediaan tenaga kerja merupakan faktor yang mendukung kelancaran operasional pabrik. Pabrik kromium trioksida membutuhkan tenaga kerja terampil seperti operator, teknisi, dan tenaga

ahli teknik kimia. Wilayah Gresik dan sekitarnya, termasuk Surabaya dan Sidoarjo, memiliki ketersediaan tenaga kerja industri yang memadai serta dekat dengan institusi Pendidikan teknik.

## 2. Fasilitas Pendukung dan Infrastruktur Sosial

Fasilitas pendukung dan infrastruktur sosial berperan dalam menunjang kenyamanan serta produktivitas tenaga kerja. Kawasan KIG – JIPE terintegrasi dengan kawasan perkotaan di sekitarnya dan memiliki akses terhadap fasilitas perumahan, layanan kesehatan, serta sarana transportasi sehingga mendukung operasional pabrik secara berkelanjutan.

## 3. Kebijakan dan Regulasi Pemerintah

Kebijakan dan regulasi pemerintah daerah merupakan faktor pendukung yang memengaruhi kemudahan operasional pabrik. KIG – JIPE merupakan kawasan industri resmi yang telah ditetapkan oleh pemerintah, sehingga memberikan kepastian hukum terkait tata ruang, perizinan, dan kegiatan industri serta mendukung keberlanjutan operasi pabrik kimia.

### 4.2 Tata Letak Pabrik (*Plant Layout*)

Tata letak pabrik (*plant layout*) merupakan pengaturan posisi berbagai fasilitas yang terdapat di dalam area pabrik, seperti peralatan proses, bangunan produksi, area penyimpanan, fasilitas utilitas, serta sarana pendukung lainnya. Penyusunan tata letak ini bertujuan agar seluruh kegiatan produksi dapat berlangsung sesuai dengan urutan proses yang dirancang serta mendukung

kelancaran operasional pabrik secara keseluruhan. Penempatan fasilitas yang tepat dapat membantu meningkatkan efisiensi kerja, keselamatan operasi, serta mempermudah pengawasan proses produksi (Paters, Timmerhaus, & West, 2003).

Dalam perancangan industri kimia, tata letak pabrik memiliki peranan penting karena berkaitan langsung dengan aliran bahan baku, produk antara, dan produk akhir. Tata letak yang baik dapat meminimalkan jarak perpindahan material, mengurangi biaya transportasi internal, serta meningkatkan efektivitas penggunaan ruang yang tersedia. Selain itu, tata letak juga harus mempertimbangkan faktor keselamatan kerja dan kemudahan dalam pemeliharaan peralatan agar operasi pabrik dapat berjalan secara berkelanjutan (Towler & Sinnott, 2013).

Perancangan tata letak pabrik yang baik memberikan beberapa keuntungan, antara lain (Paters et al., 2003) :

1. Menurunkan biaya operasional melalui pengaturan fasilitas yang lebih efisien.
2. Mempermudah pengendalian serta pengawasan proses produksi.
3. Meningkatkan keselamatan kerja di lingkungan pabrik.
4. Mengurangi jarak perpindahan bahan sehingga biaya material *handling* dapat ditekan.
5. Menyediakan ruang yang cukup untuk kegiatan perawatan dan perbaikan peralatan.

Secara umum, tata letak pabrik dapat dibagi menjadi beberapa area utama sebagai berikut:

- a. Area Perkantoran

Area perkantoran berfungsi sebagai pusat kegiatan administrasi dan manajemen pabrik. Pada umumnya, lokasi perkantoran ditempatkan di bagian depan kawasan industri agar mudah diakses oleh tamu maupun pihak eksternal yang berhubungan dengan kegiatan operasional pabrik.

b. Area Proses Produksi

Area proses merupakan bagian utama dari pabrik yang digunakan untuk menjalankan kegiatan produksi. Di area ini terdapat berbagai peralatan proses seperti reaktor, alat pemisah, unit pemurnian, serta ruang kendali operasi (control room). Penempatan unit proses biasanya disusun mengikuti alur proses produksi untuk memudahkan aliran material dan meningkatkan efisiensi operasi (Towler & Sinnott, 2013).

c. Area Utilitas dan Instalasi

Area utilitas merupakan bagian yang menyediakan kebutuhan penunjang proses produksi, seperti air proses, air pendingin, steam, listrik, serta bahan bakar. Fasilitas utilitas harus dirancang sedemikian rupa agar mampu memasok kebutuhan energi dan utilitas secara stabil selama pabrik beroperasi.

d. Area Fasilitas Umum

Fasilitas umum disediakan untuk menunjang kenyamanan dan kebutuhan pekerja di lingkungan pabrik. Fasilitas ini dapat meliputi kantin, tempat ibadah, klinik kesehatan, area istirahat, serta fasilitas pendukung lainnya yang digunakan oleh karyawan.

e. Area Keselamatan dan Keamanan

Arena ini berkaitan dengan sistem keselamatan kerja di dalam pabrik. Penempatan jalur evakuasi, sistem pemadam kebakaran, serta titik pengamanan harus dirancang secara strategis untuk mengurangi risiko apabila terjadi keadaan darurat seperti kebakaran, kebocoran bahan kimia, atau kecelakaan industri.

f. Area Pengolahan Limbah

Setiap pabrik perlu menyediakan fasilitas pengolahan limbah untuk mengolah limbah cair, gas, maupun padat sebelum dibuang ke lingkungan. Hal ini dilakukan untuk memenuhi standar lingkungan serta mencegah dampak negatif terhadap lingkungan sekitar.

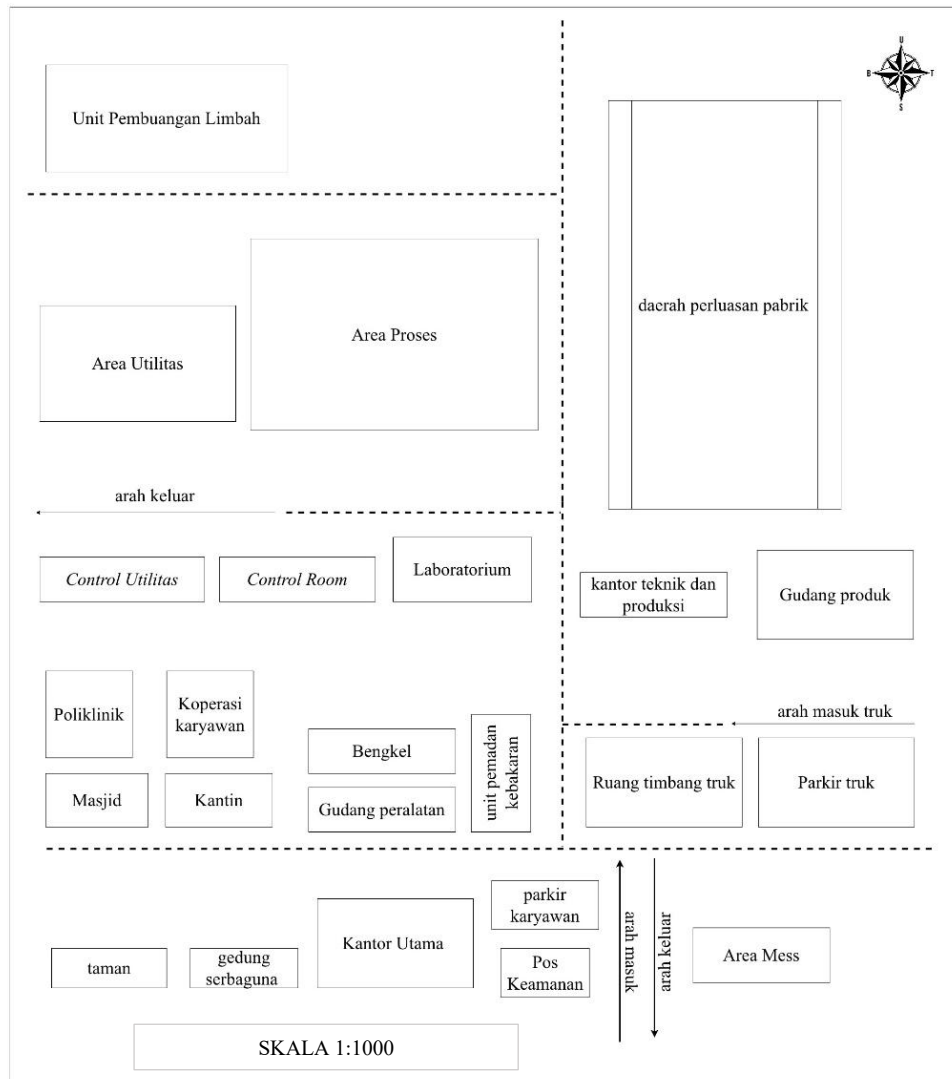
Dalam menentukan posisi setiap fasilitas pabrik, beberapa faktor penting perlu diperhatikan, antara lain (Towler & Sinnott, 2013):

1. Kemungkinan pengembangan atau perluasan pabrik di masa mendatang.
2. Kesesuaian tata letak dengan urutan proses produksi
3. Efisiensi distribusi utilitas seperti air, listrik, dan steam.
4. Ketersediaan ruang yang memadai untuk bangunan dan peralatan.
5. Aspek keselamatan kerja serta pencegahan kecelakaan industri.
6. Sistem pengelolaan limbah yang sesuai dengan peraturan lingkungan.

Perincian luas tanah yang digunakan sebagai tempat berdirinya pabrik diuraikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Luas Tanah dan Luas Bangunan Pabrik

| No           | Area                         | Panjang | Lebar | Luas (m <sup>2</sup> ) |
|--------------|------------------------------|---------|-------|------------------------|
| 1.           | Area produksi                | 35      | 20    | 700                    |
| 2.           | Area Utilitas                | 25      | 10    | 250                    |
| 3.           | Bengkel                      | 15      | 8     | 120                    |
| 4.           | Gudang Peralatan             | 15      | 8     | 120                    |
| 5.           | Gudang Produk                | 15      | 8     | 120                    |
| 6.           | Area Kantor Utama            | 20      | 10    | 200                    |
| 7.           | Kantor Teknik                | 15      | 10    | 150                    |
| 8.           | Laboratorium                 | 10      | 5     | 50                     |
| 9.           | <i>Control Room</i> Proses   | 15      | 10    | 150                    |
| 10.          | <i>Control Room</i> Utilitas | 7       | 10    | 70                     |
| 11.          | Kantin                       | 10      | 8     | 80                     |
| 12.          | Koperasi karyawan            | 5       | 5     | 25                     |
| 13.          | Pos Keamanan                 | 5       | 4     | 20                     |
| 14.          | Poliklinik                   | 5       | 5     | 25                     |
| 15.          | Masjid                       | 15      | 10    | 150                    |
| 16.          | Mess                         | 20      | 10    | 200                    |
| 17.          | Unit Pengolahan Limbah       | 10      | 5     | 50                     |
| 18.          | Area Timbangan Truk          | 10      | 5     | 50                     |
| 19.          | Unit Pemadam Kebarakan       | 15      | 10    | 150                    |
| 20.          | Parkir Karyawan              | 18      | 10    | 180                    |
| 21.          | Parkir Truk                  | 20      | 10    | 200                    |
| 22.          | Taman                        | 15      | 10    | 150                    |
| 23.          | Jalan                        | 100     | 15    | 1500                   |
| 24.          | Daerah Perluasan             | 30      | 20    | 600                    |
|              | Luas Tanah                   |         |       | 5310                   |
|              | Luas Bangunan                |         |       | 2480                   |
| <b>Total</b> |                              |         |       | <b>7790</b>            |



Gambar 4. 2 Tata Letak Pabrik

#### 4.3 Tata Letak Mesin / Alat Proses (*Maachines Layout*)

Dalam perancangan tata letak mesin atau alat proses di suatu pabrik, terdapat beberapa faktor yang perlu diperhatikan agar susunan peralatan sesuai dengan alur proses serta dapat menunjang kelancaran proses produksi. Perancangan tata letak yang baik akan membantu meningkatkan efisiensi kerja, menjaga keselamatan, serta mempermudah pengawasan dan pemeliharaan peralatan (Peters, Timmerhaus, & West, 2003).

Beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam penentuan tata letak alat proses adalah sebagai berikut:

a. Aliran bahan baku dan produk

Penempatan peralatan proses harus mengikuti urutan proses produksi sehingga perpindahan bahan baku hingga produk akhir dapat berlangsung secara efisien dan teratur. Pengaturan ini juga dapat mengurangi biaya penanganan material serta mendukung kelancaran proses produksi (Towler & Sinnott, 2013).

b. Aliran udara

Sirkulasi udara di area proses perlu diperhatikan untuk mencegah penumpukan gas buangan yang berbahaya bagi pekerja. Selain itu, arah angin di lokasi pabrik juga dipertimbangkan agar emisi dari unit proses tidak mengarah ke area kerja maupun pemukiman sekitar.

c. Pencahayaan

Karena pabrik beroperasi selama 24 jam, pencahayaan yang memadai sangat diperlukan terutama pada area proses dan area dengan tingkat risiko tinggi. Penerangan yang baik dapat membantu operator dalam pengawasan serta mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja.

d. Lalu lintas kendaraan dan pekerja

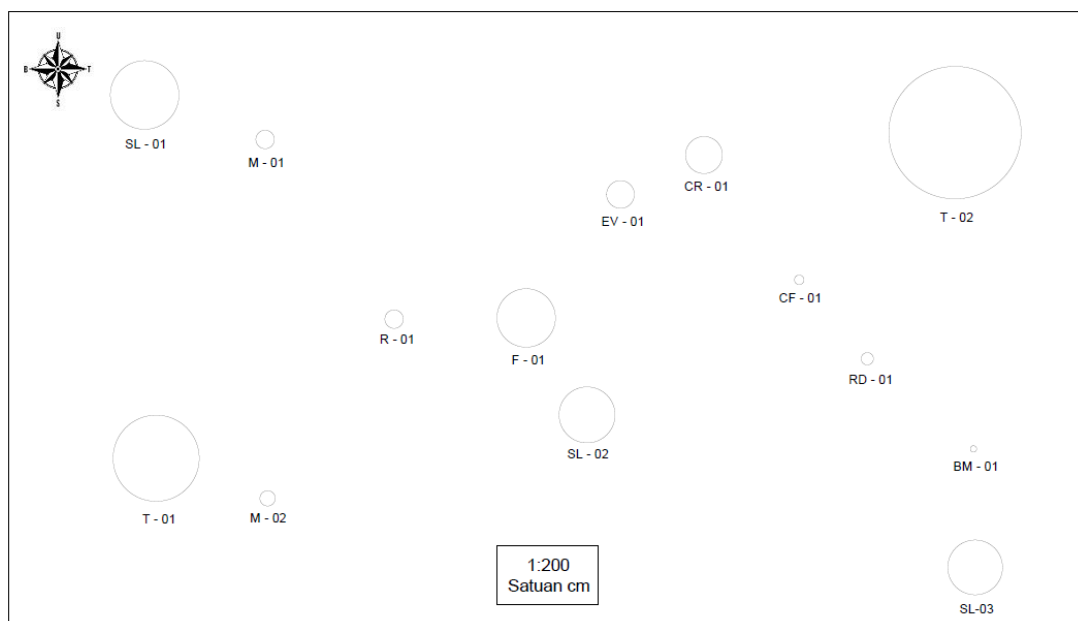
Jalur pergerakan kendaraan operasional dan pekerja harus dirancang dengan baik agar akses menuju unit proses menjadi lebih cepat dan efisien. Selain itu, perlu disediakan jalur evakuasi yang jelas untuk keadaan darurat seperti kebakaran atau bencana lainnya (Peters et al., 2003).

e. Pertimbangan ekonomi

Penempatan alat proses juga mempertimbangkan aspek ekonomi, seperti efisiensi biaya instalasi, operasi, dan pemeliharaan. Tata letak yang tepat dapat membantu meningkatkan efektivitas produksi serta menekan biaya operasional pabrik.

f. Jarak antar alat proses

Jarak antara peralatan harus diatur dengan mempertimbangkan keselamatan dan kemudahan perawatan. Peralatan yang beroperasi pada suhu dan tekanan tinggi umumnya ditempatkan pada jarak tertentu dari alat lainnya untuk mengurangi risiko apabila terjadi gangguan proses (Towler & Sinnott, 2013).



Gambar 4. 3 Tata Letak Alat proses

Tabel 4. 2 Nama-nama Alat

| Kode | Nama Alat                 |
|------|---------------------------|
| SL   | Silo                      |
| T    | Tangki                    |
| M    | Mixer                     |
| R    | Reaktor                   |
| F    | Rotary Drum Vacuum Filter |
| EV   | Evaporator                |
| CR   | Crystallizer              |
| CF   | Centrifuge                |
| RD   | Rotary Dryer              |
| BM   | Ball Mill                 |

#### 4.4 Organisasi Perusahaan

##### 4.4.1 Bentuk Perusahaan

Pabrik Chromium Trioksida ( $\text{CrO}_3$ ) yang direncanakan dengan kapasitas produksi sebesar 1000 ton/tahun dan berlokasi di Gresik dirancang dalam bentuk Perseoran Terbatas (PT). Bentuk perusahaan ini dipilih karena dinilai sesuai untuk industri kimia yang memerlukan investasi cukup besar serta sistem pengelolaan yang professional.

Perseroan Terbatas (PT) merupakan badan usaha yang modalnya terbagi dalam bentuk saham dan dimiliki oleh pemegang saham. Dalam sistem ini, tanggung jawab pemegang saham terbatas pada jumlah modal yang ditanamkan dalam perusahaan.

Adapun alasan pemilihan bentuk perusahaan Perseroan Terbatas (PT) pada pabrik Chromium Trioksida ( $\text{CrO}_3$ ) ini adalah sebagai berikut:

1. Memudahkan dalam pengumpulan modal.
2. Tanggung jawab pemilik terbatas.

3. Manajemen perusahaan lebih terstruktur.
4. Kelangsungan perusahaan lebih terjamin, dimana dapat tetap beroperasi meskipun terjadi perubahan kepemilikan saham.
5. Mendukung pengembangan usaha di masa depan.

#### **4.4.2 Struktur Organisasi Perusahaan**

Struktur organisasi pada pabrik Chromium Trioksida ( $\text{CrO}_3$ ) dengan kapasitas 1000 ton/th ini dirancang menggunakan sistem *line and staff organization*. Sistem organisasi ini merupakan kombinasi antara hubungan komando langsung (*line*) dan bagian pendukung yang bersifat memberikan asaran atau bantuan teknis (*staff*).

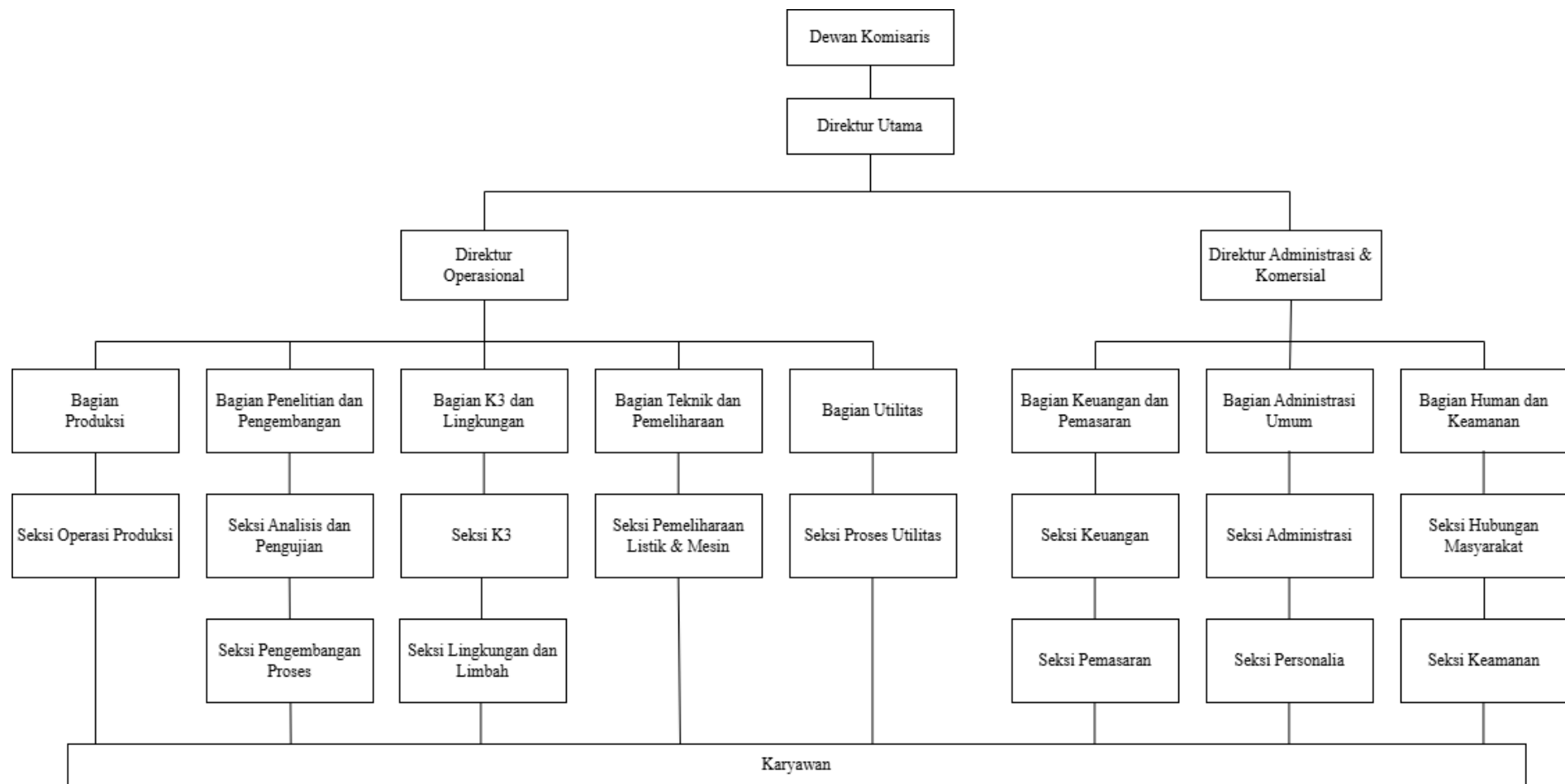
Pada sistem *line*, terdapat hubungan wewenang secara langsung dari pimpinan tertinggi hingga ke tingkat pelaksana di lapangan. Garis komando ini menunjukkan bahwa setiap atasan memiliki kewenangan untuk memberikan perintah kepada bawahan sesuai dengan tanggung jawabnya masing-masing. Dalam hal ini, jalur komando dimulai dari pimpinan perusahaan hingga ke bagian operasional seperti supervisor dan operator yang menjalankan proses produksi di pabrik.

Sedangkan pada bagian *staff*, terdapat tenaga ahli yang berfungsi membantu pimpinan dalam memberikan pertimbangan, analisis, maupun rekomendasi yang berkaitan dengan kegiatan perusahaan. Bagian staff tidak memiliki wewenang langsung untuk memberikan perintah kepada operator di lapangan, namun berperan dalam mendukung kelancaran operasional perusahaan melalui fungsi pengawasan, perencanaan, dan evaluasi.

Penerapan sistem *line and staff organization* pada pabrik ini bertujuan untuk:

1. Memperjelas pembagian tugas dan tanggung jawab dalam perusahaan.
2. Mempermudah koordinasi antar bagian dalam operasional pabrik.
3. Meningkatkan efektivitas pengambilan keputusan oleh manajemen.
4. Mendukung kelancaran proses produksi serta pengawasan kegiatan operasional.

Dalam struktur organisasi perusahaan, pemegang saham memiliki kedudukan tertinggi sebagai pemilik perusahaan yang menentukan kebijakan umum melalui Rapat Umum Pemegang Saham (RUPS). Selanjutnya pengawasan perusahaan dilakukan oleh dewan komisaris, sedangkan kegiatan operasional pabrik dijalankan oleh direktur utama yang dibantu oleh direktur umum serta beberapa bagian yang ada di dalam perusahaan



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi Perusahaan

### **4.4.3 Tugas dan Wewenang**

#### **4.4.3.1 Pemegang Saham**

Pemegang saham merupakan orang yang memberikan modal untuk perusahaan dengan cara membeli saham perusahaan. Sehingga, para pemilik saham juga merupakan pemilik perusahaan. Tugas dan wewenang pemegang saham adalah sebagai berikut:

- a. Mengangkat dan memberhentikan dewan komisaris serta direktur utama.
- b. Menentukan arah dan kebijakan strategis perusahaan melalui RUPS.
- c. Mengesahkan hasil-hasil usaha dan neraca perhitungan untung rugi tahunan perusahaan.
- d. Melakukan pengawasan terhadap kinerja perusahaan melalui rapat pemegang saham.

#### **4.4.3.2 Dewan Komisaris**

Dewan komisaris adalah orang yang bertugas melakukan pengawasan terhadap jalannya perusahaan serta mempertimbangkan kepada direktur utama dalam pengelolaan perusahaan. Tugas dan wewenang dewan komisaris sebagai berikut:

- a. Mengawasi kinerja direktur utama dalam menjalankan perusahaan.
- b. Memberikan arahan dan pertimbangan kepada direktur utama.
- c. Melakukan evaluasi terhadap pelaksanaan kebijakan perusahaan.
- d. Memastikan perusahaan berjalan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.
- e. Menelaah laporan kinerja perusahaan secara berkala.

#### **4.4.3.3 Direktur Utama**

Direktur utama merupakan pimpinan tertinggi dalam operasional perusahaan yang bertanggung jawab terhadap seluruh kegiatan perusahaan. Tugas dan wewenang direktur utama sebagai berikut:

- a. Memimpin dan bertanggung jawab atas seluruh kegiatan perusahaan.
- b. Menetapkan kebijakan operasional perusahaan.
- c. Mengkoordinasikan kegiatan manajemen perusahaan.
- d. Mengambil keputusan penting terkait operasional dan pengembangan perusahaan.
- e. Mengawasi kinerja Direktur dalam menjalankan tugasnya.

#### **4.4.3.4 Direktur Operasional**

Direktur operasional bertanggung jawab mengoordinasikan dan mengawasi seluruh kegiatan operasional pabrik agar berjalan efektif, efisien, serta sesuai dengan kebijakan perusahaan dan target produksi yang telah ditetapkan. Direktur operasional membawahi beberapa Bagian yang berkaitan dengan kegiatan operasi pabrik, yaitu:

- a. Bagian Produksi
- b. Bagian Teknik dan Pemeliharaan
- c. Bagian Utilitas
- d. Bagian Penelitian dan Pengembangan
- e. Bagian Keselamatan, Kesehatan Kerja (K3) dan Lingkungan

#### **4.4.3.5 Direktur Administrasi dan Komersial**

Direktur administrasi dan komersial bertanggung jawab terhadap pengelolaan kegiatan administrasi perusahaan, keuangan, pemasaran, serta sumber daya manusia agar berjalan tertib dan mendukung operasional perusahaan. Direktur administrasi dan komersial membawahi beberapa Bagian, yaitu:

- a. Bagian Keuangan dan Pemasaran
- b. Bagian Administrasi Umum
- c. Bagian Hubungan Masyarakat dan Keamanan

#### **4.4.3.6 Kepala Bagian**

Bagian dalam perusahaan berfungsi mendukung kegiatan operasional dan administrasi pabrik. Setiap Bagian dipimpin oleh kepala Bagian yang bertanggung jawab mengoordinasikan pekerjaan, memberikan instruksi kepada kepala Seksi, serta mengendalikan pelaksanaan tugas di dalam Bagianannya.

- a. Bagian Produksi

Bagian Produksi bertanggung jawab dalam kegiatan produksi dan mengendalikan jalannya proses agar produk yang dihasilkan sesuai dengan target kapasitas serta standar yang ditetapkan.

- b. Bagian Teknik dan Pemeliharaan

Bagian Teknik dan Pemeliharaan bertanggung jawab untuk mengelola kegiatan teknis serta pemeliharaan peralatan dan mesin pabrik.

- c. Bagian Utilitas

Bagian Utilitas bertanggung jawab dalam menyediakan dan mengelola kebutuhan utilitas seperti air, listrik, dan steam untuk menunjang keperluan di pabrik.

d. Bagian Keselamatan, Kesehatan Kerja (K3) dan Lingkungan

Bagian K3 dan Lingkungan bertanggung jawab mengawasi penerapan keselamatan kerja serta pengelolaan lingkungan di area pabrik agar kegiatan operasional berjalan dengan aman dan sesuai peraturan.

e. Bagian Penelitian dan Pengembangan

Bagian Penelitian dan Pengembangan bertanggung jawab terhadap pengembangan proses berkelanjutan serta pengujian mutu bahan baku dan produk.

f. Bagian Keuangan dan Pemasaran

Bagian Keuangan dan Pemasaran bertanggung jawab mengelola keuangan perusahaan serta mendukung kegiatan pemasaran dan penjualan produk.

g. Bagian Administrasi dan Umum

Bagian Administrasi dan Umum bertanggung jawab mengelola administrasi kesekretariatan, fasilitas perusahaan, dan pengembangan sumber daya manusia di perusahaan.

h. Bagian Human dan Keamanan

Bagian Human dan Keamanan bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan masyarakat umum serta keamanan perusahaan.

#### **4.4.3.7 Kepala Seksi**

Kepala Seksi merupakan pimpinan yang bertanggung jawab terhadap pelaksanaan kegiatan operasional pada masing-masing Seksi di dalam suatu Bagian. Kepala Seksi memiliki tugas dan wewenang dalam mengoordinasikan karyawan serta memastikan kegiatan kerja berjalan sesuai dengan arahan kepala Bagian.

a. Seksi Operasi Produksi

Bertanggung jawab melaksanakan kegiatan operasi produksi sehari-hari sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan.

b. Seksi Analisis dan Pengujian

Bertanggung jawab melakukan pengujian bahan baku, bahan antara, dan produk untuk memastikan kualitas sesuai dengan standar.

c. Seksi K3

Bertanggung jawab mengawasi penerapan keselamatan kerja dan penggunaan Alat Pelindung Diri (APD).

d. Seksi Lingkungan dan Limbah

Bertanggung jawab terhadap pengelolaan limbah hasil proses dan memastikan kegiatan operasional perusahaan memenuhi peraturan dan standar lingkungan.

e. Seksi Pengembangan Proses

Bertanggung jawab terhadap pengembangan proses produksi untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas secara berkelanjutan.

f. Seksi Pemeliharaan Listrik dan Mesin

Bertanggung jawab dalam pemeliharaan listrik dan peralatan proses agar dapat beroperasi dengan baik.

g. Seksi Proses Utilitas

Bertanggung jawab menyediakan air, listrik, dan steam untuk mendukung kelancaran operasi pabrik.

h. Seksi Keuangan

Bertanggung jawab mengelola keuangan, penyusunan laporan keuangan, serta pengendalian anggaran perusahaan.

i. Seksi Pemasaran

Bertanggung jawab melakukan kegiatan penjualan, promosi, serta pengembangan pasar untuk produk  $\text{CrO}_3$  yang dihasilkan perusahaan.

j. Seksi Administrasi

Bertanggung jawab mengelola administrasi seperti surat menyurat, pengarsipan dokumen, serta administrasi umum perusahaan.

k. Seksi Personalia

Bertanggung jawab dalam melaksanakan kegiatan yang berhubungan dengan kepegawaian dan pengembangan sumber daya manusia.

l. Seksi Hubungan Masyarakat

Bertanggung jawab dalam menyelenggarakan kegiatan yang berkaitan dengan pemerintah, Masyarakat, dan industri-industri lain.

m. Seksi Keamanan

Bertanggung jawab terhadap kegiatan yang berkaitan dengan pengawasan dan masalah keamanan perusahaan.

#### 4.4.4 Pembagian Jam Kerja Karyawan

Pabrik Kromium Trioksida ( $\text{CrO}_3$ ) ini direncanakan beroperasi 330 hari dalam 1 tahun dan 24 jam per hari. Sisa hari digunakan untuk perbaikan, perawatan dan *shutdown*. Sedangkan pembagian jam kerja karyawan dibagi 2 golongan, yaitu karyawan *shift* dan non *shift*. Pembagian ini dilakukan untuk menjaga kelancaran operasional pabrik yang berjalan secara kontinu.

##### 4.4.4.1 Karyawan *Shift*

Karyawan *shift* merupakan karyawan yang bekerja langsung pada kegiatan operasional pabrik, seperti pada bagian produksi, utilitas, dan pengawasan proses. Sistem kerja yang digunakan adalah sistem tiga *shift* dengan pembagian waktu kerja sebagai berikut:

- a. *Shift* pagi : 07.00 – 15.00 WIB
- b. *Shift* sore : 15.00 – 23.00 WIB
- c. *Shift* malam : 23.00 – 07.00 WIB

Karyawan bekerja selama 8 jam per hari, dengan waktu istirahat selama 1 jam.

Kebijakan tambahan untuk karyawan *shift*:

- a. Sistem rotasi : karyawan *shift* akan berganti jadwal sesuai pembagian untuk menjaga keseimbangan kerja dan istirahat.
- b. Jam lembur : Jika diperlukan lembur, maka dihitung berdasarkan aturan Rp20.000 – Rp50.000 per jam.
- c. Hari libur : Karyawan *shift* tetap mendapatkan 1 hari libur per minggu, yang ditentukan berdasarkan rotasi *shift*.

Dalam merancang sistem kerja shift untuk karyawan yang bertugas secara bergantian di pabrik diperlukan pertimbangan dari bebrbagai aspek, termasuk psikologi kerja, regulasi ketenagakerjaan di Indonesia. Jadwal kerja yang ideal harus mampu menjaga kesinambungan opersional pabrik selama 24 jam tanpa mengabaikan kesejahteraan dan keselamatan tenaga kerja.

**a. Regulasi Ketenagakerjaan di Indonesia**

Penerapan jadwal kerja mengacu pada Undang – Undang Nomor 13 Tahun 2003 dan ketentuan turunan lainnya, Dimana jam kerja maksimum yang diperbolehkan adalah 40 jam perminggu. Pola kerja yang diterapkan juga menjamin setiap karyawan mendapatkan libur minimal satu hari per minggu, serta memenuhi ketentuan mengenai kompensasi tambahan untuk shift malam, sebagai perlindungan terhadap hak tenaga kerja.

**b. Praktik Industri Kimia**

Pola 5 hari kerja 2 hari libur merupakan sistem rotasi yang lazim digunakan di industri kimia karena efisien dan berorientasi pada keselamatan kerja. Sistem ini sangat sesuai diterapkan untuk posisi kritis seperti operator produksi, teknisi pemeliharaan, analisis laboratorium, serta petugas keamanan dan kebersihan. Selain mempertahankan kontinuitas opersional, system ini juga memberikan keseimbangan antara beban kerja dan waktu istirahat.

Tabel 4. 3 Jadwal Pembagian Kelompok *Shift*

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

| Kelompok | Hari |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|----------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|          | 16   | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  |
| A        |      | III | III | III | III | III |     |     | II  | II  | II  | II  | II  |     | I   |
| B        | III  |     |     | II  | II  | II  | II  | II  |     | I   | I   | I   | I   | I   |     |
| C        | II   | II  | II  |     | I   | I   | I   | I   | I   |     |     | III | III | III | III |
| D        | I    | I   | I   | I   |     |     | III | III | III | III | III |     |     | II  | II  |

Keterangan : 1,2,3, dst adalah Hari ke-

A, B, C, D adalah Kelompok kerja *shift*



: Libur

#### 4.4.4.2 Karyawan Non *Shift*

Karyawan non-*shift* merupakan karyawan yang tidak mengisi proses produksi secara langsung seperti direktur, kepala bagian, kepala seksi dan karyawan yang bekerja pada bagian administrasi serta manajemen perusahaan. Jam kerja karyawan non-*shift* dalam 1 minggu umumnya berlangsung selama 8 jam per hari dengan waktu kerja sebagai berikut:

##### 1. Hari Senin – Kamis

Jam kerja : 08.00 – 16.00 WIB

Jam istirahat : 12.00 – 13.00 WIB

##### 2. Hari Jumat

Jam kerja : 08.00 – 16.00 WIB

Jam Istirahat : 11.30 – 13.00 WIB

#### **4.4.5 Status Karyawan**

Pada pabrik Kromium Trioksida ( $\text{CrO}_3$ ) ini sistem upah karyawan berbeda-beda tergantung pada status karyawan, kedudukan, tanggung jawab, dan keahlian. Menurut status karyawan dapat dibagi menjadi tiga golongan sebagai berikut:

1. Karyawan Tetap

Karyawan tetap merupakan karyawan yang bekerja secara penuh dan memiliki hubungan kerja jangka panjang dengan perusahaan. Karyawan tetap diangkat dan diberhentikan melalui Surat Keputusan (SK) Direktur serta menerima gaji bulanan sesuai dengan jabatan, keahlian, dan masa kerja.

2. Karyawan Harian

Karyawan harian adalah karyawan yang dipekerjakan sesuai dengan kebutuhan perusahaan, biasanya untuk pekerjaan tertentu atau sementara. Karyawan harian juga diangkat dan diberhentikan oleh direktur tanpa SK serta menerima upah harian yang dibayarkan secara berkala.

3. Karyawan Kontrak

Karyawan kontrak adalah karyawan yang bekerja dalam waktu tertentu sesuai dengan perjanjian kerja. Karyawan ini menerima upah sesuai dengan pekerjaan atau kontrak kerja yang telah disepakati.

#### **4.4.6 Sistem Gaji Karyawan**

Sistem pembagian gaji atau upah pada perusahaan Kromium Trioksida ( $\text{CrO}_3$ ) ini terbagi menjadi 3 (tiga) jenis, yaitu sebagai berikut:

#### 1. Gaji Bulanan

Gaji bulanan merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan tetap dengan jumlah sesuai peraturan perusahaan dan dibayarkan pada tanggal 27 setiap bulannya.

#### 2. Gaji Harian

Gaji harian merupakan gaji yang diberikan kepada karyawan kontrak dan karyawan harian.

#### 3. Gaji Lembur

Gaji lembur merupakan gaji tambahan yang diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja pokok.

### 4.4.7 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji

Penggolongan jabatan, jumlah karyawan, dan gaji dapat dilihat pada Tabel 4. 4

Tabel 4. 4 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji

| No | Jabatan                             | Jumlah | Pendidikan | Gaji/Bulan   |
|----|-------------------------------------|--------|------------|--------------|
| 1  | Direktur Utama                      | 1      | S1         | Rp35.000.000 |
| 2  | Direktur Operasional                | 1      | S1         | Rp32.000.000 |
| 3  | Direktur Administrasi dan Komersial | 1      | S1         | Rp32.000.000 |
| 4  | Ka. Bag Produksi                    | 1      | S1         | Rp20.000.000 |
| 5  | Ka. Bag Penelitian dan Pengembangan | 1      | S1         | Rp20.000.000 |
| 6  | Ka. Bag K3 dan Lingkungan           | 1      | S1         | Rp20.000.000 |
| 7  | Ka. Bag Teknik dan Pemeliharaan     | 1      | S1         | Rp20.000.000 |
| 8  | Ka. Bag Utilitas                    | 1      | S1         | Rp20.000.000 |
| 9  | Ka. Bag Keuangan dan Pemasaran      | 1      | S1         | Rp18.000.000 |
| 10 | Ka. Bag Administrasi Umum           | 1      | S1         | Rp18.000.000 |

Tabel 4. 5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji (lanjutan)

| No | Jabatan                                     | Jumlah | Pendidikan | Gaji/Bulan   |
|----|---------------------------------------------|--------|------------|--------------|
| 11 | Ka. Bag Human dan Keamanan                  | 1      | S1         | Rp18.000.000 |
| 12 | Ka. Sek Operasi produksi                    | 1      | S1         | Rp15.000.000 |
| 13 | Ka. Sek Analisis dan Pengujian              | 1      | S1         | Rp15.000.000 |
| 14 | Ka. Sek K3                                  | 1      | S1         | Rp15.000.000 |
| 15 | Ka. Sek Lingkungan dan Limbah               | 1      | S1         | Rp15.000.000 |
| 16 | Ka. Sek Pemeliharaan Listrik dan Mesin      | 1      | S1         | Rp15.000.000 |
| 17 | Ka. Sek Proses Utilitas                     | 1      | S1         | Rp15.000.000 |
| 18 | Ka. Sek Keuangan                            | 1      | S1         | Rp13.000.000 |
| 19 | Ka. Sek Pemasaran                           | 1      | S1         | Rp13.000.000 |
| 20 | Ka. Sek Administrasi                        | 1      | S1         | Rp13.000.000 |
| 21 | Ka. Sek Personalia                          | 1      | S1         | Rp13.000.000 |
| 22 | Ka. Sek Hubungan Masyarakat                 | 1      | S1         | Rp13.000.000 |
| 23 | Ka. Sek Keamanan                            | 1      | S1         | Rp13.000.000 |
| 24 | Karyawan Operasi Produksi                   | 9      | S1/D3      | Rp9.000.000  |
| 25 | Karyawan <i>Penelitian dan Pengembangan</i> | 3      | S1/D3      | Rp9.000.000  |
| 26 | Karyawan Analisis dan Pengujian             | 4      | S1/D3      | Rp9.000.000  |
| 27 | Karyawan Pengembangan Proses                | 3      | S1/D3      | Rp9.000.000  |
| 28 | Karyawan K3                                 | 2      | S1/D3      | Rp9.000.000  |
| 29 | Karyawan Lingkungan dan Limbah              | 4      | S1/D4      | Rp9.000.000  |
| 30 | Karyawan Pemeliharaan Listrik dan Mesin     | 4      | S1/D3      | Rp9.000.000  |
| 31 | Karyawan Utilitas                           | 5      | S1/D3      | Rp9.000.000  |
| 32 | Karyawan Keuangan                           | 4      | S1/D3      | Rp8.000.000  |
| 33 | Karyawan Pemasaran                          | 4      | S1/D3      | Rp8.000.000  |
| 34 | Karyawan Administrasi                       | 3      | S1/D3      | Rp8.000.000  |

Tabel 4. 6 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji (lanjutan)

| No    | Jabatan                      | Jumlah | Pendidikan | Gaji/Bulan    |
|-------|------------------------------|--------|------------|---------------|
| 35    | Karyawan Personalia          | 3      | S1/D3      | Rp8.000.000   |
| 36    | Karyawan Hubungan Masyarakat | 4      | S1/D3      | Rp8.000.000   |
| 37    | Operator                     | 15     | SMK/D3/S1  | Rp6.000.000   |
| 38    | Dokter                       | 1      | S2         | Rp10.000.000  |
| 39    | Perawat                      | 2      | D3/D4/S1   | Rp5.000.000   |
| 40    | Satpam                       | 4      | SMA/K      | Rp5.000.000   |
| 41    | Supir                        | 2      | SMA/K      | Rp5.000.000   |
| 42    | <i>Cleaning Service</i>      | 4      | SMA/K      | Rp5.000.000   |
| Total |                              | 103    |            | Rp569.000.000 |

#### 4.4.8 Ketenagakerjaan

Setiap tenaga kerja di perusahaan memperoleh hak-hak ketenagakerjaan sesuai dengan ketentuan yang berlaku dalam peraturan perundang-undangan. Hak tersebut diberikan oleh perusahaan sebagai bentuk penghargaan terhadap karyawan serta untuk mendukung kelancaran operasional pabrik. Beberapa hak yang diberikan kepada karyawan antara lain sebagai berikut:

##### 1. Tunjangan Karyawan

Perusahaan memberikan beberapa jenis tunjangan kepada karyawan yang disesuaikan dengan kedudukan dan sistem kerja masing-masing, antara lain:

##### a. Gaji Pokok

Gaji pokok diberikan sesuai dengan tingkat jabatan dan tanggung jawab pekerjaan karyawan.

##### b. Tunjangan Jabatan

Tunjangan jabatan diberikan kepada karyawan yang menduduki posisi tertentu dalam struktur organisasi perusahaan.

c. Tunjangan Lembur

Tunjangan lembur diberikan kepada karyawan yang bekerja melebihi jam kerja normal sesuai dengan jumlah jam kerja tambahan.

d. Tunjangan Hari Raya (THR)

Tunjangan hari raya diberikan satu kali dalam satu tahun menjelang hari raya keagamaan dengan nilai setara satu bulan gaji.

2. Hari Libur Nasional

Hari libur nasional mengikuti ketentuan yang ditetapkan oleh pemerintah. Bagi karyawan dengan sistem kerja harian (*non-shift*), hari libur nasional dihitung sebagai hari libur kerja. Sedangkan bagi karyawan yang bekerja dengan sistem *shift*, hari tersebut tetap dihitung sebagai hari kerja dan diberikan kompensasi lembur sesuai aturan perusahaan.

3. Hak Cuti

Setiap karyawan memperoleh hak cuti yang dapat digunakan sesuai kebutuhan dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Cuti tahunan diberikan kepada karyawan selama 12 hari kerja dalam satu tahun setelah memenuhi masa kerja yang ditentukan perusahaan.
- b. Cuti sakit diberikan kepada karyawan yang tidak dapat bekerja karena kondisi kesehatan dengan melampirkan keterangan dokter, termasuk cuti bagi karyawan wanita yang menjalani proses persalinan.

4. Fasilitas bagi Karyawan

Perusahaan menyediakan berbagai fasilitas untuk menunjang kesejahteraan serta kenyamanan karyawan dalam bekerja sehingga produktivitas kerja dapat meningkat. Fasilitas tersebut meliputi:

a. Poliklinik

Perusahaan menyediakan fasilitas kesehatan berupa poliklinik yang ditangani oleh tenaga medis seperti dokter dan perawat untuk memberikan pelayanan kesehatan kepada karyawan.

b. Pakaian Kerja dan Alat Pelindung Diri

Setiap karyawan memperoleh pakaian kerja secara berkala setiap tahun. Selain itu perusahaan juga menyediakan alat pelindung diri seperti masker, helm keselamatan, sepatu *safety*, sarung tangan, dan perlengkapan keselamatan lainnya.

c. Kantin

Perusahaan menyediakan fasilitas kantin bagi karyawan untuk memenuhi kebutuhan makan selama jam kerja, sehingga karyawan dapat beristirahat dan memperoleh konsumsi dengan baik tanpa harus keluar dari area pabrik.

d. Koperasi Karyawan

Perusahaan juga menyediakan koperasi karyawan yang menyediakan makanan ringan, minuman, serta kebutuhan sehari-hari bagi karyawan guna mendukung kenyamanan selama bekerja.

e. Tempat Ibadah

Perusahaan menyediakan sarana ibadah berupa masjid atau mushola agar karyawan dapat menjalankan kegiatan keagamaan dengan baik selama berada di lingkungan kerja.

f. Transportasi Karyawan

Untuk mendukung mobilitas tenaga kerja, perusahaan menyediakan fasilitas transportasi berupa kendaraan operasional atau *shuttle bus* yang melayani beberapa titik penjemputan karyawan.

5. Jaminan Sosial Ketenagakerjaan

Perusahaan memberikan perlindungan kepada karyawan melalui program jaminan sosial yang dikelola oleh Badan Penyelenggaraan Jaminan Sosial (BPJS Ketenagakerjaan). Program tersebut meliputi:

a. Jaminan Kecelakaan Kerja

Jaminan ini mencakup biaya transportasi, pemeriksaan, dan perawatan medis, rehabilitas, serta santunan bagi karyawan yang mengalami kecelakaan kerja.

b. Jaminan Kematian

Jaminan ini berupa bantuan biaya pemakaman serta santunan kepada keluarga karyawan yang meninggal dunia.

c. Jaminan Hari Tua

Jaminan ini diberikan kepada karyawan ketika mencapai usia pensiun atau mengalami cacat tetap sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

d. Jaminan Pemeliharaan Kesehatan

Jaminan ini meliputi pelayanan kesehatan seperti rawat jalan, rawat inap, pemeriksaan medis, serta pelayanan kesehatan darurat.

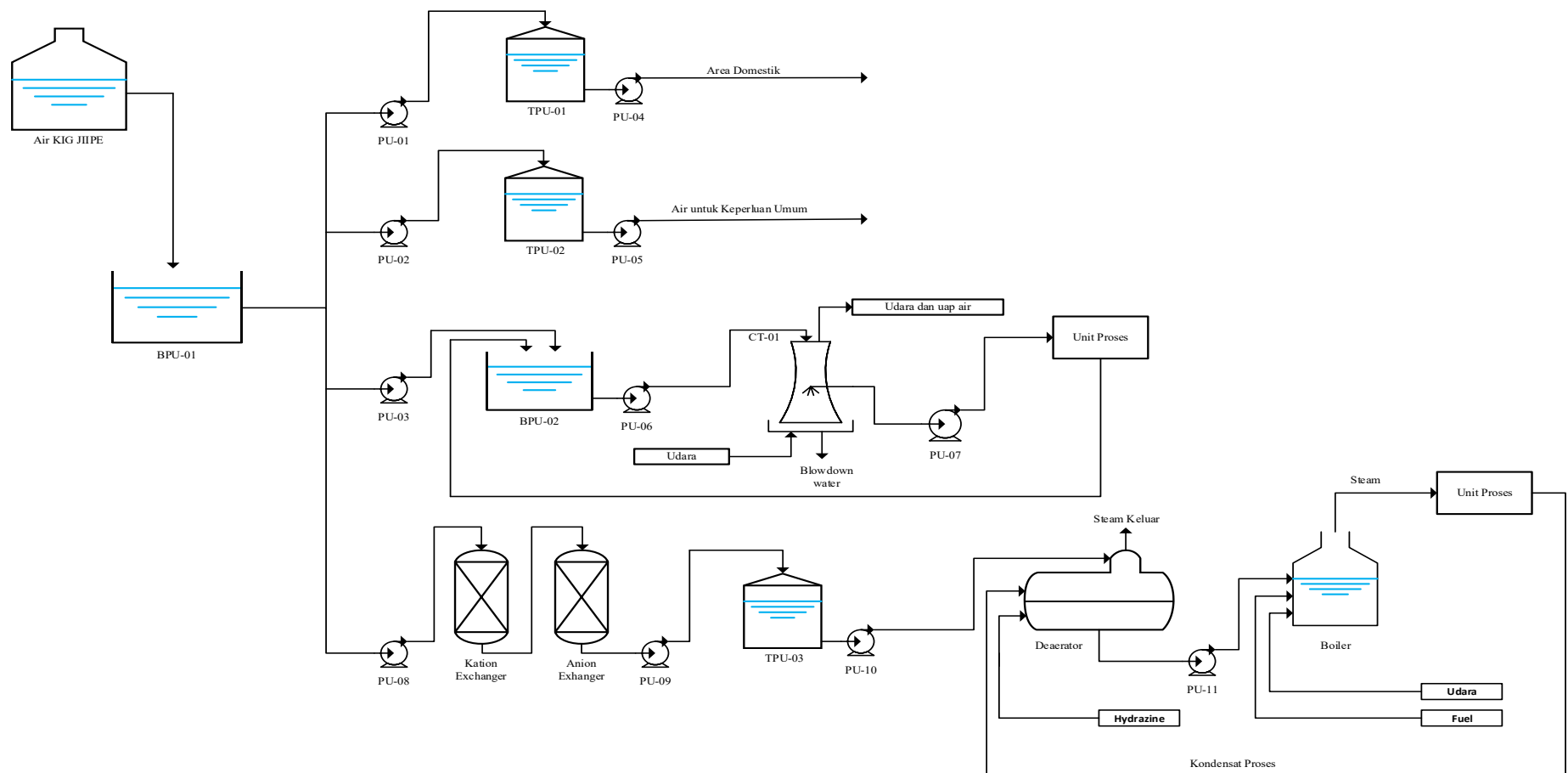
## **BAB V**

### **UTILITAS**

Unit utilitas merupakan sarana penunjang utama dalam operasional pabrik yang berfungsi untuk menjamin kelangsungan proses produksi secara optimal. Ketersediaan utilitas yang memadai akan mempengaruhi efisiensi, keselamatan, serta kestabilan proses dalam pabrik.

Pada pabrik kromium trioksida ( $\text{CrO}_3$ ) dengan kapasitas 1000 ton/tahun, utilitas yang digunakan meliputi:

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 Penyediaan Udara Tekan (*Instrument Air System*)
5. Unit Penyediaan Bahan Bakar
6. Unit Pengolahan Limbah



Gambar 5. 1 Unit Utilitas

Keterangan :

1. BPU-01 : Bak Penampungan air sementara
2. TPU-01 : Tangki Penampungan air domestik
3. TPU-02 : Tangki Penampungan air *service*
4. BPU-02 : Bak Penampungan air dingin
5. TPU-03 : Tangki Penampungan air demin
6. TU-04 : Tangki kation *exchanger*
7. TU-05 : Tangki anion *exchanger*
8. DE-01 : Deaerator
9. BLU-01 : Boiler

## 5.1 Unit Penyediaan dan Pengolahan Air

Unit Penyediaan dan Pengolahan Air bertugas menyediakan dan mengolah air bersih yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan air di pabrik. Dalam perancangan pabrik kromium trioksida ( $\text{CrO}_3$ ) ini. Lokasi pabrik direncanakan berada di kawasan industri KIG-JIPE.

Sumber air yang digunakan berasal dari air industri yang disuplai oleh pengelola kawasan. Pemilihan sumber air ini didasarkan pada beberapa pertimbangan berikut:

1. Ketersediaan utilitas terpusat

Kawasan KIG-JIPE merupakan kawasan industri terintegritas yang telah menyediakan fasilitas utilitas, termasuk penyediaan air industri dalam skala besar. Hal ini mengurangi kebutuhan pembangunan instalasi pengambilan air secara mandiri.

2. Kontinuitas dan Keandalan Pasokan

Air yang disuplai oleh kawasan memiliki kontinuitas yang tinggi karena dikelola secara profesional dan terintegritasi, sehingga risiko kekurangan air dapat diminimalkan.

3. Efisiensi biaya dan lahan

Dengan memanfaatkan fasilitas penyediaan air dari kawasan, pabrik tidak perlu membangun unit pengolahan air baku secara lengkap dari awal, sehingga dapat menghemat biaya investasi dan penggunaan lahan.

4. Kedekatan dengan sumber air laut

Lokasi kawasan yang berada di pesisir memungkinkan pemanfaatan air laut sebagai sumber air baku yang tidak terbatas, yang kemudian diolah melalui sistem desalinasi oleh pengelola kawasan.

### 5.1.1 Air Kebutuhan Umum

#### 5.1.1.1 Air Domestik (*Domestic Water*)

Air domestik adalah air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan karyawan seperti air minum, toilet, *mess* dan sebagainya. Air domestik yang digunakan harus memenuhi syarat berikut ini:

- a. Air jernih
- b. Tidak berbau
- c. Tidak berasa
- d. Tidak mengandung zat organik dan anorganik
- e. Tidak beracun

Tabel 5. 1 Kebutuhan Air Domestik

| Penggunaan   | Jumlah (kg/jam) |
|--------------|-----------------|
| Kantor       | 437,5000        |
| Mess         | 187,5000        |
| <b>Total</b> | <b>625,0000</b> |

#### 5.1.1.2 Air Layanan Umum

Air layanan umum (*service water*) adalah air yang digunakan untuk menunjang fasilitas umum di dalam pabrik, seperti bengkel, laboratorium, poliklinik, kantin, dan tempat ibadah. Kualitas air yang digunakan pada *service water* dasarnya sama dengan air domestik.

Selain itu, terdapat kebutuhan air untuk sistem *hydrant* yang berfungsi sebagai media pemadam kebakaran. Penggunaan air *hydrant* bersifat tidak kontinu, melainkan hanya digunakan pada kondisi darurat saat terjadi kebakaran di area pabrik.

Air untuk keperluan sanitasi harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

a. Syarat fisika:

- Suhu lebih rendah dari suhu lingkungan
- Jernih
- Tidak berasa
- Tidak berbau

b. Syarat Kimia:

- Tidak mengandung zat terlarut yang berbahaya (organik atau anorganik)
- Tidak bersifat toksik
- Bebas dari mikroorganisme *pathogen*

Perkiraan total kebutuhan *service water* untuk fasilitas umum seperti bengkel, laboratorium, dll adalah sebesar 160 kg/jam.

#### **5.1.1.3 Air Pendingin (*Cooling Water*)**

Air pendingin digunakan sebagai media perpindahan panas untuk menyerap energi panas dari peralatan proses selama operasi berlangsung. Pemilihan air sebagai media pendingin didasarkan pada sifatnya yang memiliki kapasitas panas jenis tinggi, ketersediaan yang melimpah, serta kemudahan dalam pengoperasian dan pengolahannya.

Selain itu, air bersifat stabil secara kimia dalam rentang kondisi operasi sehingga tidak mengalami dekomposisi selama proses berlangsung. Hal ini menjadikan air sebagai media pendingin yang ekonomis dan efisien.

Dalam penggunaannya, kualitas air pendingin harus dikontrol untuk mencegah terjadinya *fouling*, *scaling*, dan korosi. Beberapa parameter yang perlu diperhatikan antara lain:

- a. Kandungan besi (Fe) yang dapat mempercepat korosi pada peralatan
- b. Silika ( $\text{SiO}_2$ ) yang berpotensi membentuk kerak pada permukaan perpindahan panas
- c. Oksigen terlarut ( $\text{O}_2$ ) yang dapat meningkatkan laju korosi
- d. Minyak, yang dapat menurunkan efisiensi perpindahan panas serta mengganggu kinerja bahan kimia inhibitor.

Untuk mengantisipasi fluktuasi beban panas dan menjaga keandalan sistem, kebutuhan air pendingin dirancang dengan faktor keamanan (*overdesign*) sebesar 20%. Dengan demikian, diperoleh kebutuhan air pendingin sebesar 2193,9259 kg/jam.

Tabel 5. 2 Kebutuhan Air Pendingin

| No           | Nama Alat                     | Kode   | Kebutuhan Air (kg/jam) |
|--------------|-------------------------------|--------|------------------------|
| 1.           | <i>Reaktor</i>                | R-01   | 609,7835               |
| 2.           | <i>Cooler</i>                 | CL-01  | 605,3816               |
| 3.           | <i>Cooler</i>                 | CL-02  | 187,7415               |
| 4.           | <i>Cooler</i>                 | CL-03  | 145,5187               |
| 5.           | <i>Crystallizer</i>           | CR-01  | 138,5909               |
| 6.           | <i>Cooling Screw Conveyor</i> | CSC-01 | 133,5216               |
| 7.           | <i>Cooling Screw Conveyor</i> | CSC-02 | 173,5218               |
| <b>Total</b> |                               |        | <b>1994,0597</b>       |

#### 5.1.1.4 Air Proses

Air proses adalah air yang digunakan secara langsung dalam kegiatan produksi untuk menunjang keberlangsungan proses di dalam peralatan. Oleh karena itu, kualitas air proses harus memenuhi standar tertentu agar tidak mengganggu jalannya reaksi maupun kualitas produk yang dihasilkan.

Adapun syarat air proses sebagai berikut:

- a. Jernih
- b. Tidak berbau dan tidak berasa
- c. Tidak mengandung zat organik atau anorganik

Pada perancangan pabrik kromium trioksida ( $\text{CrO}_3$ ) ini, kebutuhan air proses digunakan pada beberapa peralatan, yaitu *Mixer*, dan *Rotary Vacuum Filter*.

Tabel 5. 3 Kebutuhan Air Proses

| No           | Nama Alat                        | Kode | Jumlah (kg/jam) |
|--------------|----------------------------------|------|-----------------|
| 1.           | <i>Mixer</i>                     | M-01 | 91,0857         |
| 2.           | <i>Mixer</i>                     | M-02 | 8,8745          |
| 3.           | <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> | F-01 | 60,6932         |
| <b>Total</b> |                                  |      | <b>160,6534</b> |

#### 5.1.1.5 Total Kebutuhan Air

Tabel 5. 4 Total Kebutuhan Air

| No.          | Keperluan             | Jumlah (kg/jam)  |
|--------------|-----------------------|------------------|
| 1.           | <i>Domestic Water</i> | 625,5000         |
| 2.           | <i>Service Water</i>  | 157,50           |
| 3.           | <i>Cooling Water</i>  | 2392,8716        |
| 4.           | <i>Steam Water</i>    | 272,4883         |
| 5.           | <i>Process Water</i>  | 160,6534         |
| <b>Total</b> |                       | <b>3608,5133</b> |

## 5.2 Unit Pembangkit Steam (*Steam Generation System*)

Unit pembangkit steam dirancang untuk memenuhi kebutuhan uap sebagai media pemanas dalam proses produksi. Steam dihasilkan oleh boiler dalam bentuk uap jenuh (*saturated steam*) dengan kondisi operasi pada tekanan 1 atm dan temperatur 160°C yang disesuaikan dengan kebutuhan panas pada peralatan proses.

Tabel 5. 5 Kebutuhan Steam

| No           | Nama Alat                    | Kode   | Kebutuhan steam (kg/jam) |
|--------------|------------------------------|--------|--------------------------|
| 1.           | <i>Heater Screw Conveyor</i> | HSC-01 | 13,0962                  |
| 2.           | <i>Heater</i>                | HE-01  | 10,8981                  |
| 3.           | <i>Heater</i>                | HE-02  | 0,4665                   |
| 4.           | <i>Evaporator</i>            | EV-01  | 202,6128                 |
| <b>Total</b> |                              |        | <b>227,0736</b>          |

## 5.3 Unit Pembangkit Listrik (*Power Plant System*)

Kebutuhan energi listrik pada pabrik ini dipenuhi melalui jaringan listrik yang tersedia di kawasan industri KIG-JIPE, dimana jaringan ini terhubung dengan pasokan dari PLN maupun pembangkit listrik kawasan. Selain itu, pabrik juga dilengkapi dengan generator sebagai sumber listrik cadangan untuk menjaga kontinuitas operasi apabila terjadi gangguan pada pasokan utama.

Penggunaan sistem ini bertujuan untuk menjamin keandalan suplai listrik sehingga proses produksi dapat berlangsung tanpa interupsi. Adapun kebutuhan listrik di pabrik ini meliputi:

- Sistem pendingin ruangan (AC)
- Fasilitas laboratorium dan bengkel
- Peralatan proses dan utilitas
- Penerangan area pabrik

e. Sistem instrumentasi dan kontrol

Keunggulan penggunaan listrik dari kawasan industri adalah keandalan suplai yang lebih terjamin karena didukung oleh sistem distribusi terintegrasi. Namun demikian, potensi gangguan tetap dapat terjadi, sehingga diperlukan cadangan berupa generator untuk meningkatkan keamanan operasional.

Tabel 5. 6 Daya Alat proses

| No           | Alat                             | Kode Alat | Hp           | Watt            |
|--------------|----------------------------------|-----------|--------------|-----------------|
| 1.           | <i>Mixer</i>                     | M - 01    | 2            | 1491,4          |
| 2.           | <i>Mixer</i>                     | M - 02    | 0,75         | 559,275         |
| 3.           | <i>Reaktor</i>                   | R - 01    | 3            | 2237,1          |
| 4.           | <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i> | F - 01    | 0,25         | 186,425         |
| 5.           | <i>Crystallizer</i>              | CR - 01   | 40           | 29828           |
| 6.           | <i>Centrifuge</i>                | CF - 01   | 5            | 3728,5          |
| 7.           | <i>Rotary Dryer</i>              | RD - 01   | 0,75         | 559,275         |
| 8.           | <i>Ball Mill</i>                 | BM - 01   | 0,5          | 372,85          |
| 9.           | <i>Screw Conveyor</i>            | SC - 01   | 0,167        | 124,531         |
| 10.          | <i>Screw Conveyor</i>            | SC - 02   | 0,05         | 37,285          |
| 11.          | <i>Screw Conveyor</i>            | SC - 03   | 0,05         | 37,285          |
| 12.          | <i>Cooling Screw Conveyor</i>    | CSC - 01  | 0,05         | 37,285          |
| 13.          | <i>Cooling Screw Conveyor</i>    | CSC - 02  | 0,05         | 37,285          |
| 14.          | <i>Heater Screw Conveyor</i>     | HSC - 01  | 0,05         | 37,285          |
| 15.          | Pompa Proses                     | P - 01    | 0,05         | 37,285          |
| 16.          | Pompa Proses                     | P - 02    | 0,05         | 37,285          |
| 17.          | Pompa Proses                     | P - 03    | 0,167        | 124,283         |
| 18.          | Pompa Proses                     | P - 04    | 0,167        | 124,283         |
| 19.          | Pompa Proses                     | P - 05    | 0,125        | 93,2125         |
| 20.          | Pompa Proses                     | P - 06    | 0,333        | 248,566         |
| <b>Total</b> |                                  |           | <b>53,61</b> | <b>39975,98</b> |

Tabel 5. 7 Daya Alat Utilitas

| No           | Alat                        | Kode Alat | Hp         | Watt             |
|--------------|-----------------------------|-----------|------------|------------------|
| 1.           | Kompresor Udara Tekan       | KU - 01   | 5          | 3728,5000        |
| 2.           | <i>Blower Cooling Tower</i> | BL - 01   | 0,15       | 111,8550         |
| 3.           | Pompa                       | PU - 01   | 0,125      | 93,2125          |
| 4.           | Pompa                       | PU - 02   | 0,05       | 37,2850          |
| 5.           | Pompa                       | PU - 03   | 0,25       | 186,4250         |
| 6.           | Pompa                       | PU - 04   | 0,125      | 93,2125          |
| 7.           | Pompa                       | PU - 05   | 0,05       | 37,2850          |
| 8.           | Pompa                       | PU - 06   | 0,25       | 186,4250         |
| 9.           | Pompa                       | PU - 07   | 1          | 745,7000         |
| 10.          | Pompa                       | PU - 08   | 0,05       | 37,2850          |
| 11.          | Pompa                       | PU - 09   | 0,05       | 37,2850          |
| 12.          | Pompa                       | PU - 10   | 0,05       | 37,2850          |
| 13.          | Pompa                       | PU - 11   | 0,05       | 37,2850          |
| <b>Total</b> |                             |           | <b>7,2</b> | <b>5369,0400</b> |

Tabel 5. 8 Kebutuhan Listrik Pabrik

| No           | Keperluan             | Kebutuhan (kW) |
|--------------|-----------------------|----------------|
| 1.           | <i>Power Plant</i>    | 39,9760        |
| 2.           | Utilitas              | 5,3690         |
| 3.           | Alat Kontrol          | 11,3363        |
| 4.           | Penerangan            | 6,8018         |
| 5.           | Peralatan Kantor      | 6,8018         |
| 6.           | Bengkel, laboratorium | 6,8018         |
| 7.           | <i>Mess</i>           | 3,7500         |
| <b>Total</b> |                       | <b>80,8365</b> |

#### 5.4 Unit Penyedia Udara Tekan

Unit penyedia udara tekan berfungsi untuk memenuhi kebutuhan udara bertekanan yang digunakan pada sistem instrumentasi dan peralatan kontrol berbasis pneumatik. Udara tekan ini sangat penting untuk menunjang kinerja control valve dan instrument lainnya agar dapat beroperasi secara optimal.

Pada unit ini, udara terlebih dahulu mengalami proses pengkondisian, seperti pemisahan kandungan uap air (kondensat) dan pengotor lainnya sebelum dialirkan ke sistem instrumentasi. Hal ini bertujuan untuk menjaga kualitas udara serta

mencegah gangguan pada peralatan. Kebutuhan udara tekan pada pabrik diperkirakan sebesar 54,2045 m<sup>3</sup>/jam dengan tekanan operasi sekitar 5,92 atm.

### **5.5 Unit Penyedia Bahan Bakar**

Unit penyedia bahan bakar bertugas menyediakan energi yang digunakan terutama untuk operasional boiler. Bahan bakar yang digunakan pada perancangan ini adalah solar (diesel) dengan kebutuhan sebesar 2,7675 kg/jam.

Pemilihan bahan bakar ini mempertimbangkan kemudahan penyimpanan dan ketersediaannya di KIG-JIPE, meskipun dalam praktiknya dapat pula digunakan gas alam sebagai alternatif yang lebih efisien.

### **5.6 Unit Pengolahan Limbah**

Limbah merupakan sisa hasil proses produksi yang sudah tidak dimanfaatkan kembali dan berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengolahan limbah untuk memastikan bahwa buangan pabrik tidak membahayakan lingkungan maupun kesehatan makhluk hidup.

Pada pabrik kromium trioksida ini, limbah yang dihasilkan diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu limbah cair, dan limbah padat. Mengingat lokasi pabrik berada di KIG-JIPE, pengolahan limbah dilakukan melalui tahap pra pengolahan di dalam pabrik sebelum dialirkan ke fasilitas pengolahan limbah terpusat (WWTP) milik kawasan.

#### **5.6.1 Limbah Cair**

Limbah cair merupakan buangan proses dalam bentuk cair yang sudah tidak digunakan kembali. Limbah ini umumnya berasal dari unit proses dan dapat mengandung senyawa yang sulit terurai secara alami.

Pada pabrik ini, limbah cair berasal dari beberapa sumber, antara lain:

- a. Aliran keluaran dari unit evaporator berupa uap air yang kemudian dikondensasikan.
- b. Mother liquor berupa campuran impuritas yang tidak dapat digunakan kembali.
- c. Limbah sanitasi dari aktivitas domestik di lingkungan pabrik

Limbah sanitasi mengandung mikroorganisme dari aktivitas manusia, namun umumnya tidak mengandung bahan kimia berbahaya. Oleh karena itu, pengolahan difokuskan pada pengendalian jumlah debit buangan serta penyesuaian kualitas air sebelum dialirkan ke sistem pengolahan limbah kawasan.

### 5.6.2 Limbah Padat

Limbah padat merupakan buangan proses dalam bentuk padar yang sudah tidak digunakan kembali. Limbah ini berasal dari rotary drum vacuum filter. Untuk menghindari pencemaran dari limbah padat maka dilakukan penanganan terhadap limbah tersebut agar aman jika dibuang.

## 5.7 Spesifikasi Alat Utilitas

### 5.7.1 Perancangan Alat Pengolahan Air

Tabel 5. 9 Spesifikasi Bak penampung sementara

| <b>Spesifikasi Umum</b> |                                       |
|-------------------------|---------------------------------------|
| Nama alat               | Bak penampung sementara               |
| Kode                    | (BPU – 01)                            |
| Fungsi                  | Menampung sementara air dari KIG-JIPE |
| Waktu tinggal           | 1 jam                                 |
| Bentuk                  | Bak persegi                           |
| Bahan                   | Beton bertulang                       |
| Volume                  | 15,370 m <sup>3</sup>                 |
| <i>Over design</i>      | 18,444 m <sup>3</sup>                 |

Tabel 5. 10 Spesifikasi Bak Penampung Sementara (lanjutan)

| <b>Spesifikasi Umum</b> |                            |
|-------------------------|----------------------------|
| <b>Dimensi</b>          |                            |
| Tinggi                  | 1,66 m                     |
| Panjang                 | 3,32 m                     |
| Lebar                   | 3,32 m                     |
| Kapasitas bak penampung | 15,370 m <sup>3</sup> /jam |

### 5.7.2 Pengolahan Air Sanitasi (*Domestic Water*)

Tabel 5. 11 Spesifikasi Tangki Air Bersih

| <b>Spesifikasi Umum</b> |                                    |
|-------------------------|------------------------------------|
| Nama alat               | Tangki air bersih                  |
| Kode                    | (TPU – 01)                         |
| Fungsi                  | Menampung air untuk keperluan umum |
| Waktu tinggal           | 24 jam                             |
| Bentuk                  | Tangki silinder tegak              |
| <i>Over design</i>      | 20%                                |
| <b>Dimensi</b>          |                                    |
| Tinggi                  | 4,0096 m                           |
| Volume                  | 14,993 m <sup>3</sup>              |
| Diameter                | 2,6730 m                           |
| Kapasitas               | 0,520 m <sup>3</sup> /jam          |

### 5.7.3 Pengolahan Air Pendingin

Tabel 5. 12 Spesifikasi Bak Air Pendingin

| <b>Spesifikasi Umum</b> |                                   |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Nama alat               | Bak Penampungan Air Pendingin     |
| Kode                    | (BPU – 02)                        |
| Fungsi                  | Menampung kebutuhan air pendingin |
| Waktu tinggal           | 0,25 jam                          |
| Bentuk                  | Bak persegi                       |
| <i>Over design</i>      | 20%                               |
| <b>Dimensi</b>          |                                   |
| Tinggi                  | 1,026 m                           |
| Panjang                 | 2,0532 m                          |
| Lebar                   | 2,0532                            |
| Volume                  | 4,3280 m <sup>3</sup>             |
| Kapasitas bak           | 14,4268 m <sup>3</sup> /jam       |

Tabel 5. 13 Spesifikasi *Cooling Tower*

| <b>Spesifikasi Umum</b>     |                                              |
|-----------------------------|----------------------------------------------|
| Nama alat                   | <i>Cooling Tower</i>                         |
| Kode                        | (CT – 01)                                    |
| Fungsi                      | Mendinginkan air pendingin setelah digunakan |
| Luas <i>tower</i>           | 1,3600 m <sup>2</sup>                        |
| <i>Mass velocity liquid</i> | 2222,3557 lb/jam.ft <sup>2</sup>             |
| Kebutuhan udara             | 7453,2065 ft <sup>3</sup> /min               |
| <b>Dimensi</b>              |                                              |
| Tinggi                      | 2,6915 m                                     |
| Panjang                     | 1,1662 m                                     |
| Lebar                       | 1,1662 m                                     |
| <b>Difusi unit</b>          |                                              |
| H1                          | 44,1 Btu/lb udara                            |
| H2                          | 62,1 Btu/lb udara                            |
| <b>Tinggi Difusi</b>        |                                              |
| Tinggi unit difusi          | 2,2579 m                                     |
| Jumlah <i>spray</i>         | 10 spray                                     |
| Kecepatan volumetric udara  | 2222,3557 lb/jam.ft <sup>2</sup>             |

Tabel 5. 14 Spesifikasi *Blower Cooling Tower*

| <b>Spesifikasi Khusus</b> |                                              |
|---------------------------|----------------------------------------------|
| Nama alat                 | <i>Blower Cooling Tower</i>                  |
| Kode                      | (BLU – 01)                                   |
| Fungsi                    | Mendinginkan air pendingin setelah digunakan |
| Kebutuhan udara           | 7453,2065 ft <sup>3</sup> /min               |
| Suhu                      | 30° C                                        |
| Tekanan                   | 16,53 psi                                    |

#### 5.7.4 Pengolahan Air Proses

Tabel 5. 15 Spesifikasi Tangki Kation

| <b>Spesifikasi Umum</b> |                                                                        |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat               | Tangki kation                                                          |
| Kode                    | (TU – 04)                                                              |
| Fungsi                  | Menghilangkan mineral (ion positif) yang masih terkandung di dalam air |
| Waktu tinggal           | 7 hari                                                                 |
| Bentuk                  | Tangki silinder tegak                                                  |
| <i>Over design</i>      | 20%                                                                    |

Tabel 5. 16 Spesifikasi Tangki Kation (lanjutan)

| <b>Spesifikasi Khusus</b> |                        |
|---------------------------|------------------------|
| <b>Dimensi</b>            |                        |
| Tinggi                    | 6,67 m                 |
| Panjang                   | 3,70 m                 |
| Lebar                     | 48,0559 m <sup>3</sup> |
| Volume                    | 10,9268 m <sup>3</sup> |
| Kapasitas bak             | 7 hari                 |

Tabel 5. 17 Spesifikasi Tangki Anion

| <b>Spesifikasi Umum</b> |                                                                        |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat               | Tangki Anion                                                           |
| Kode                    | (TU – 05)                                                              |
| Fungsi                  | Menghilangkan mineral (ion negatif) yang masih terkandung di dalam air |
| Waktu tinggal           | 7 hari                                                                 |
| Bentuk                  | Tangki silinder tegak                                                  |
| <i>Over design</i>      | 20%                                                                    |
| <b>Dimensi</b>          |                                                                        |
| Tinggi                  | 6,67 m                                                                 |
| Panjang                 | 3,70 m                                                                 |
| Lebar                   | 48,0559 m <sup>3</sup>                                                 |
| Volume                  | 3,4966 m <sup>3</sup>                                                  |
| Kapasitas bak           | 7 hari                                                                 |

Tabel 5. 18 Spesifikasi Tangki NaCl

| <b>Spesifikasi Umum</b> |                                                                                       |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat               | Tangki NaCl                                                                           |
| Kode                    | (TU – 06)                                                                             |
| Fungsi                  | Menampung larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi kation <i>exchanger</i> |
| Bentuk                  | Tangki silinder tegak                                                                 |
| <i>Over design</i>      | 20%                                                                                   |
| <b>Dimensi</b>          |                                                                                       |
| Tinggi                  | 3,0541 m                                                                              |
| Diameter                | 1,5270 m                                                                              |
| Volume                  | 2,7967 m <sup>3</sup>                                                                 |

Tabel 5. 19 Spesifikasi Tangki NaOH

| <b>Spesifikasi Umum</b> |                                                                                      |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat               | Tangki NaCl                                                                          |
| Kode                    | (TU – 07)                                                                            |
| Fungsi                  | Menampung larutan NaCl yang akan digunakan untuk meregenerasi anion <i>exchanger</i> |
| Bentuk                  | Tangki silinder tegak                                                                |
| <i>Over design</i>      | 20%                                                                                  |
| <b>Dimensi</b>          |                                                                                      |
| Tinggi                  | 2,1521 m                                                                             |
| Diameter                | 1,7934 m                                                                             |
| Volume                  | 1,3424 m <sup>3</sup>                                                                |

Tabel 5. 20 Spesifikasi Tangki Daerator

| <b>Spesifikasi Umum</b> |                                                                                                                                     |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat               | Tangki <i>Daerator</i>                                                                                                              |
| Kode                    | (DE – 01)                                                                                                                           |
| Fungsi                  | Menghilangkan gas CO <sub>2</sub> dan O <sub>2</sub> yang terikat dalam <i>feed water</i> yang menyebabkan kerak pada <i>boiler</i> |
| Bentuk                  | Tangki Horizontal                                                                                                                   |
| <i>Over design</i>      | 20%                                                                                                                                 |
| Waktu tinggal           | 1 jam                                                                                                                               |
| <b>Dimensi</b>          |                                                                                                                                     |
| Tinggi                  | 1,115 m                                                                                                                             |
| Diameter                | 0,7433 m                                                                                                                            |
| Kapasitas               | 0,2687 m <sup>3</sup> /jam                                                                                                          |
| Volume                  | 0,3224 m <sup>3</sup>                                                                                                               |

Tabel 5. 21 Spesifikasi Tangki N<sub>2</sub>H<sub>4</sub>

| <b>Spesifikasi Umum</b> |                                                |
|-------------------------|------------------------------------------------|
| Nama alat               | Tangki N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>           |
| Kode                    | (TU – 08)                                      |
| Fungsi                  | Menyimpan Tangki N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> |
| Bentuk                  | Silinder tegak                                 |
| Waktu tinggal           | 2 bulan                                        |
| <i>Over design</i>      | 20%                                            |
| <b>Dimensi</b>          |                                                |
| Tinggi                  | 1,1296 m                                       |
| Diameter                | 0,7530 m                                       |
| Volume                  | 0,3352 m <sup>3</sup>                          |

Tabel 5. 22 Spesifikasi Tangki Air *Service* (TPU-02)

| <b>Spesifikasi Umum</b> |                                                                            |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat               | Tangki Penampungan Air <i>Service</i>                                      |
| Kode                    | (TPU – 02)                                                                 |
| Fungsi                  | Menampung air bebas mineral sebagai air proses dan air umpan <i>boiler</i> |
| Bentuk                  | Tangki silinder tegak                                                      |
| Waktu tinggal           | 24 jam                                                                     |
| <i>Over design</i>      | 20%                                                                        |
| <b>Dimensi</b>          |                                                                            |
| Tinggi                  | 3,216 m                                                                    |
| Diameter                | 2,1442 m                                                                   |
| Kapasitas               | 0,2687 m <sup>3</sup> /jam                                                 |
| Volume                  | 7,7393 m <sup>3</sup>                                                      |

Tabel 5. 23 Spesifikasi Tangki Air Demin

| <b>Spesifikasi Umum</b> |                                                                            |
|-------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Nama alat               | Tangki Penampungan Air Demin                                               |
| Kode                    | (TPU – 03)                                                                 |
| Fungsi                  | Menampung air bebas mineral sebagai air proses dan air umpan <i>boiler</i> |
| Bentuk                  | Tangki silinder tegak                                                      |
| Waktu tinggal           | 24 jam                                                                     |
| <i>Over design</i>      | 20%                                                                        |
| <b>Dimensi</b>          |                                                                            |
| Tinggi                  | 3,216 m                                                                    |
| Diameter                | 2,1442 m                                                                   |
| Kapasitas               | 0,2687 m <sup>3</sup> /jam                                                 |
| Volume                  | 7,7393 m <sup>3</sup>                                                      |

Tabel 5. 24 Spesifikasi Pompa Utilitas

| <b>Parameter</b> | <b>PU - 01</b>                                                    | <b>PU - 02</b>                                                     | <b>PU - 03</b>                                      |
|------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Fungsi           | Mengalirkan air dari bak penampung sementara ke tangki air bersih | Mengalirkan air dari bak penampung sementara ke tangki air service | Mengalirkan air dari bak penampung ke bak pendingin |
| Jenis            | <i>Centrifugal Pump</i>                                           | <i>Centrifugal Pump</i>                                            | <i>Centrifugal Pump</i>                             |
| Bahan            | <i>Comercial Steel</i>                                            | <i>Comercial Steel</i>                                             | <i>Comercial Steel</i>                              |
| <i>Impeller</i>  | <i>Radial Flow Impeller</i>                                       | <i>Radial Flow Impeller</i>                                        | <i>Radial Flow Impeller</i>                         |
| Kapasitas        | 3,2303 gpm                                                        | 0,8140 gpm                                                         | 10,3673 gpm                                         |

Tabel 5. 25 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

| <b>Parameter</b>    | <b>PU - 01</b>               | <b>PU - 02</b>              | <b>PU - 03</b>               |
|---------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Rate volumetrik     | 21,5914 ft <sup>3</sup> /jam | 6,5292 ft <sup>3</sup> /jam | 69,2955 ft <sup>3</sup> /jam |
| Kecepatan aliran    | 1,9445 ft/s                  | 1,3689 ft/s                 | 2,2249 ft/s                  |
| <b>Dimensi pipa</b> |                              |                             |                              |
| IPS                 | 0,75 in                      | 0,38 in                     | 1,25 in                      |
| Flow Area           | 0,534 in <sup>2</sup>        | 0,192 in <sup>2</sup>       | 1,5 in <sup>2</sup>          |
| OD                  | 1,05 in                      | 0,68 in                     | 1,66 in                      |
| ID                  | 0,824 in                     | 0,493 in                    | 1,380 in                     |
| <b>Head pompa</b>   |                              |                             |                              |
| Efisiensi motor     | 80%                          | 80%                         | 80%                          |
| Power pompa         | 0,0833 hP                    | 0,05 hP                     | 0,25 hP                      |
| Power motor         | 0,125 hP                     | 0,05 hP                     | 0,25 hP                      |

Tabel 5. 26 Spesifikasi Pompa Utilitas

| <b>Parameter</b>    | <b>PU - 04</b>                                            | <b>PU - 05</b>                                                   | <b>PU - 06</b>                                             |
|---------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Fungsi              | Mengalirkan air dari tangki air domestik ke area domestik | Mengalirkan air dari tangki air <i>service</i> ke keperluan umum | Mengalirkan air dari bak pendingin ke <i>cooling tower</i> |
| Jenis               | <i>Centrifugal Pump</i>                                   | <i>Centrifugal Pump</i>                                          | <i>Centrifugal Pump</i>                                    |
| Bahan               | <i>Comercial Steel</i>                                    | <i>Comercial Steel</i>                                           | <i>Comercial Steel</i>                                     |
| <i>Impeller</i>     | <i>Radial Flow Impeller</i>                               | <i>Radial Flow Impeller</i>                                      | <i>Radial Flow Impeller</i>                                |
| Kapasitas           | 2,752 gpm                                                 | 0,8140 gpm                                                       | 76,2702 gpm                                                |
| Rate volumetrik     | 22,0751 ft <sup>3</sup> /jam                              | 6,5292 ft <sup>3</sup> /jam                                      | 611,7525 ft <sup>3</sup> /jam                              |
| Kecepatan aliran    | 1,6567 ft/s                                               | 1,3689 ft/s                                                      | 16,3685 ft/s                                               |
| <b>Dimensi pipa</b> |                                                           |                                                                  |                                                            |
| IPS                 | 0,75 in                                                   | 0,38 in                                                          | 1,25 in                                                    |
| Flow Area           | 0,534 in <sup>2</sup>                                     | 0,192 in <sup>2</sup>                                            | 1,5 in <sup>2</sup>                                        |
| OD                  | 1,05 in                                                   | 0,68 in                                                          | 1,66 in                                                    |
| ID                  | 0,824 in                                                  | 0,493 in                                                         | 1,380 in                                                   |
| <b>Head pompa</b>   |                                                           |                                                                  |                                                            |
| Efisiensi motor     | 80%                                                       | 80%                                                              | 80%                                                        |
| Power pompa         | 0,0833 hP                                                 | 0,05 hP                                                          | 0,25 hP                                                    |
| Power motor         | 0,125 hP                                                  | 0,05 hP                                                          | 0,25 hP                                                    |

Tabel 5. 27 Spesifikasi Pompa Utilitas

| <b>Parameter</b>    | <b>PU - 07</b>                                           | <b>PU - 08</b>                                                | <b>PU - 09</b>                                               |
|---------------------|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Fungsi              | Mengalirkan air dari <i>cooling tower</i> ke unit proses | Mengalirkan air dari bak sementara ke tangki kation dan anion | Mengalirkan air dari tangki kation anion ke tangki air demin |
| Jenis               | <i>Centrifugal Pump</i>                                  | <i>Centrifugal Pump</i>                                       | <i>Centrifugal Pump</i>                                      |
| Bahan               | <i>Comercial Steel</i>                                   | <i>Comercial Steel</i>                                        | <i>Comercial Steel</i>                                       |
| <i>Impeller</i>     | <i>Radial Flow Impeller</i>                              | <i>Radial Flow Impeller</i>                                   | <i>Radial Flow Impeller</i>                                  |
| Kapasitas           | 77,4372 gpm                                              | 1,4207 gpm                                                    | 1,4207 gpm                                                   |
| Rate volumetrik     | 621,1123 ft <sup>3</sup> /jam                            | 11,3951 ft <sup>3</sup> /jam                                  | 11,3951 ft <sup>3</sup> /jam                                 |
| Kecepatan aliran    | 3,3624 ft/s                                              | 2,3890 ft/s                                                   | 2,3890 ft/s                                                  |
| <b>Dimensi pipa</b> |                                                          |                                                               |                                                              |
| IPS                 | 3 in                                                     | 0,38 in                                                       | 0,38 in                                                      |
| Flow Area           | 7,38 in <sup>2</sup>                                     | 0,192 in <sup>2</sup>                                         | 0,192 in <sup>2</sup>                                        |
| OD                  | 3,50 in                                                  | 0,68 in                                                       | 0,68 in                                                      |
| ID                  | 3,068 in                                                 | 0,493 in                                                      | 0,493 in                                                     |
| <b>Head pompa</b>   |                                                          |                                                               |                                                              |
| Efisiensi motor     | 80%                                                      | 80%                                                           | 80%                                                          |
| <i>Power pompa</i>  | 0,800 hP                                                 | 0,0282 hP                                                     | 0,0282 hP                                                    |
| <i>Power motor</i>  | 1 hP                                                     | 0,05 hP                                                       | 0,05 hP                                                      |

Tabel 5. 28 Spesifikasi Pompa Utilitas

| <b>Parameter</b> | <b>PU - 10</b>                                 | <b>PU - 11</b>                           |
|------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Fungsi           | Mengalirkan air dari tangki demin ke deaerator | Mengalirkan air dari deaerator ke boiler |
| Jenis            | <i>Centrifugal Pump</i>                        | <i>Centrifugal Pump</i>                  |
| Bahan            | <i>Comercial Steel</i>                         | <i>Comercial Steel</i>                   |
| <i>Impeller</i>  | <i>Radial Flow Impeller</i>                    | <i>Radial Flow Impeller</i>              |
| Kapasitas        | 1,4207 gpm                                     | 1,4207 gpm                               |
| Rate volumetrik  | 11,3951 ft <sup>3</sup> /jam                   | 11,3951 ft <sup>3</sup> /jam             |
| Kecepatan aliran | 2,3890 ft/s                                    | 2,3890 ft/s                              |

Tabel 5. 29 Spesifikasi Pompa Utilitas (lanjutan)

| <b>Parameter</b>    | <b>PU - 10</b>        | <b>PU - 11</b>        |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| <b>Dimensi pipa</b> |                       |                       |
| IPS                 | 0,38 in               | 0,38 in               |
| Flow Area           | 0,192 in <sup>2</sup> | 0,192 in <sup>2</sup> |
| OD                  | 0,68 in               | 0,68 in               |
| ID                  | 0,493 in              | 0,493 in              |
| <b>Head pompa</b>   |                       |                       |
| Efisiensi motor     | 80%                   | 80%                   |
| <i>Power</i> pompa  | 0,0282 hP             | 0,0282 hP             |
| <i>Power</i> motor  | 0,05 hP               | 0,05 hP               |

## **BAB VI**

### **EVALUASI EKONOMI**

Dalam perancangan suatu pabrik, analisis ekonomi merupakan aspek yang sangat penting. Evaluasi ini bertujuan untuk memperkirakan besarnya kebutuhan investasi serta nilai kelayakan pendirian pabrik yang dirancang. Melalui analisis ekonomi, dapat ditentukan apakah suatu proyek industri layak untuk direalisasikan dari segi finansial.

Salah satu komponen utama dalam analisis tersebut adalah estimasi biaya peralatan proses yang akan digunakan. Estimasi ini menjadi dasar dalam perhitungan keseluruhan investasi, sehingga sangat berpengaruh terhadap hasil evaluasi kelayakan ekonomi. Dengan demikian, ketepatan dalam menentukan harga peralatan akan mendukung keakuratan analisis dalam pengambilan keputusan investasi pada suatu pabrik.

Parameter yang digunakan dalam evaluasi ekonomi perancangan pabrik meliputi:

1. *Profitability*
2. *Return on Investment* (ROI)
3. *Pay Out Time* (POT)
4. *Break Event Point* (BEP)
5. *Shut Down Point* (SDP)
6. *Discounted Cash Flow* (DCF)

Untuk mengevaluasi parameter-parameter tersebut, diperlukan analisis terhadap beberapa faktor, yaitu:

- a. Estimasi total modal investasi (*Total Capital Investment*), yang terdiri atas:

- Modal tetap (*Fix Capital Investment*)
  - Modal kerja (*Working Capital*)
- b. Perhitungan total biaya produksi (*Production Costs*), yang terdiri atas:
- Biaya manufaktur (*Manufacturing Coasts*)
  - Biaya umum (*General Expenses*)
- c. Total pendapatan yang diperoleh dari hasil penjualan produk kromium trioksida ( $\text{CrO}_3$ )

## 6.1 Harga Alat

Estimasi biaya peralatan dilakukan untuk memperkirakan biaya pengadaan alat utama maupun pendukung proses produksi. Estimasi harga ini didasarkan pada kondisi ekonomi tahun 2030, karena pabrik mulai disiapkan sejak tahun tersebut, walaupun operasional pabriknya direncanakan pada tahun 2033. Oleh karena itu, seluruh harga diasumsikan setara dengan harga pasar tahun 2030.

Data harga peralatan diperoleh melalui situs *Matche Equipment Cost Index* dengan basis tahun 2014, yang kemudian dikonversi ke tahun 2030. Indeks harga pada tahun 2030 dapat diperkirakan menggunakan garis linear. Data indeks pada tahun 1989 hingga tahun 2023 dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Tabel 6. 1 Indeks harga alat pada tahun 1989 – 2023

| No | Tahun (Xi) | Indeks (Yi) |
|----|------------|-------------|
| 1. | 1989       | 355,4       |
| 2. | 1990       | 357,60      |
| 3. | 1991       | 361,30      |
| 4. | 1992       | 358,20      |
| 5. | 1993       | 359,20      |
| 6. | 1994       | 368,10      |
| 7. | 1995       | 381,10      |
| 8. | 1996       | 381,70      |
| 9. | 1997       | 386,50      |

Tabel 6. 2 Indeks harga alat pada tahun 1989 – 2023 (lanjutan)

| No  | Tahun (Xi) | Indeks (Yi) |
|-----|------------|-------------|
| 10. | 1998       | 389,50      |
| 11. | 1999       | 390,60      |
| 12. | 2000       | 394,10      |
| 13. | 2001       | 394,30      |
| 14. | 2002       | 395,60      |
| 15. | 2003       | 402,00      |
| 16. | 2004       | 444,20      |
| 17. | 2005       | 468,20      |
| 18. | 2006       | 499,60      |
| 19. | 2007       | 525,40      |
| 20. | 2008       | 575,40      |
| 21. | 2009       | 521,40      |
| 22. | 2010       | 550,80      |
| 23. | 2011       | 585,70      |
| 24. | 2012       | 584,60      |
| 25. | 2013       | 567,30      |
| 26. | 2014       | 576,10      |
| 27. | 2015       | 556,80      |
| 28. | 2016       | 541,7       |
| 29. | 2017       | 567,5       |
| 30. | 2018       | 614,6       |
| 31. | 2019       | 607,5       |
| 32. | 2020       | 596,2       |
| 33. | 2021       | 708,8       |
| 34. | 2022       | 816         |
| 35. | 2023       | 797,9       |

Berikut rumus penyesuaian harga menggunakan indeks CEPCI:

$$Ex = Ey \times \frac{Nx}{Ny} \quad (\text{Aries \& Newton})$$

Keterangan :

Ex : Harga tahun pembelian

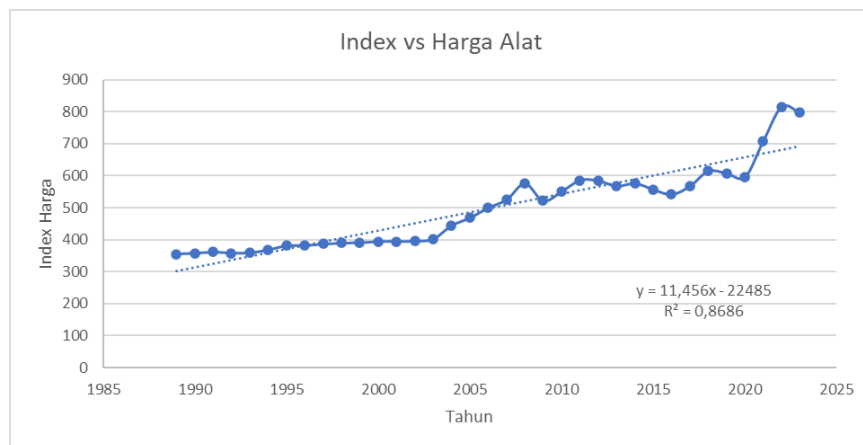
Ey : Harga pembelian alat pada tahun referensi

Nx : Indeks harga pada tahun pembelian

Ny : Indeks harga pada tahun referensi

Dari data diatas, maka persamaan regeresi linear yang didapatkan adalah  $Y = 11,456X - 22485$ .

Pabrik Kromium Trioksida dari Natrium Dikromat Kapasi tas 1.000 ton/tahun akan didirikan pada tahun 2030 dan beroperasi pada tahun 2033. Dari persamaan regresi linear diatas didapatkan indeks sebesar 770,68. Nilai-nilai ini digunakan sebagai dasar untuk menyesuaikan harga alat dari tahun referensi ke tahun evaluasi agar mencerminkan kondisi ekonomi aktual pada saat perencanaan pabrik. Grafik *plotting* data dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 6. 1 Grafik index vs Harga Alat

### 6.1.1 Dasar Perhitungan

Dasar perhitungan yang digunakan dalam analisis ekonomi pabrik Kromium Trioksida dari Natrium Dikromat Dihirat adalah:

1. Kapasitas produksi : 1.000 ton/tahun
2. Hari operasi : 330 hari/tahun
3. Pabrik didirikan tahun : 2030
4. Pabrik beroperasi tahun : 2033
5. Nilai kurs mata uang : \$1 = Rp. 16.598

6. Umur alat : 10 tahun

## 6.2 Perkiraan Harga Alat

Pada perkiraan harga alat dibagi menjadi 2 bagian yaitu harga alat proses dan harga alat utilitas. Berikut harga alat untuk pra rancangan pabrik Kromium Trioksida dari Natrium Dikromat Dihidrat:

Tabel 6. 3 Perkiraan Harga Alat Proses

| No  | Nama Alat                                  | Jumlah | USD (\$)  | Rupiah (Rp)     |
|-----|--------------------------------------------|--------|-----------|-----------------|
| 1.  | Tangki penyimpanan<br>$H_2SO_4$            | 1      | \$24.780  | Rp411.300.516   |
| 2.  | Tangki penyimpanan<br><i>Mother Liquor</i> | 1      | \$16.582  | Rp275.231.805   |
| 3.  | Silo $Na_2Cr_2O_7 \cdot 2H_2O$             | 1      | \$72.691  | Rp1.206.521.226 |
| 4.  | Silo <i>cake</i>                           | 1      | \$60.431  | Rp932.239.159   |
| 5.  | Silo $CrO_3$                               | 1      | \$45.708  | Rp758.662.523   |
| 6.  | <i>Mixer</i>                               | 1      | \$75.851  | Rp1.258.968.989 |
| 7.  | <i>Mixer</i>                               | 1      | \$57.256  | Rp950.332.852   |
| 8.  | <i>Reaktor</i>                             | 1      | \$54.045  | Rp897.043.160   |
| 9.  | <i>Rotary Drum Vacuum Filter</i>           | 1      | \$301.262 | Rp5.000.349.494 |
| 10. | <i>Evaporator</i>                          | 1      | \$61.215  | Rp1.016.053.506 |
| 11. | <i>Crystallizer</i>                        | 1      | \$74.112  | Rp1.230.103.739 |
| 12. | <i>Centrifuge</i>                          | 1      | \$73.352  | Rp1.217.489.112 |
| 13. | <i>Rotary Dryer</i>                        | 1      | \$46.978  | Rp738.717.231   |
| 14. | <i>Ball Mill</i>                           | 1      | \$50.908  | Rp844.976.519   |
| 15. | <i>Hopper</i>                              | 1      | \$284,57  | Rp4.723.266     |
| 16. | <i>Hopper</i>                              | 1      | \$371,25  | Rp6.162.013     |
| 17. | <i>Heater</i>                              | 1      | \$239     | Rp3.959.331     |
| 18. | <i>Heater</i>                              | 1      | \$137     | Rp2.157.463     |
| 19. | <i>Cooler</i>                              | 1      | \$2.007   | Rp33.306.058    |
| 20. | <i>Cooler</i>                              | 1      | \$2.007   | Rp33.306.058    |
| 21. | <i>Cooler</i>                              | 1      | \$2.007   | Rp33.306.058    |
| 22. | <i>Screw Conveyor</i>                      | 1      | \$1.930   | Rp68.612.309    |
| 23. | <i>Screw Conveyor</i>                      | 1      | \$3.478   | Rp57.730.500    |
| 24. | <i>Screw Conveyor</i>                      | 1      | \$3.478   | Rp57.730.500    |
| 25. | <i>Screw Conveyor</i>                      | 1      | \$3.478   | Rp57.730.500    |
| 26. | <i>Cooling Screw Conveyor</i>              | 1      | \$3.478   | Rp57.730.500    |
| 27. | <i>Cooling Screw Conveyor</i>              | 1      | \$3.478   | Rp57.730.500    |

Tabel 6. 4 Perkiraan Harga Alat Proses (lanjutan)

| No           | Nama Alat                    | Jumlah | USD (\$)           | Rupiah (Rp)             |
|--------------|------------------------------|--------|--------------------|-------------------------|
| 28.          | <i>Heater Screw Conveyor</i> | 1      | \$1.889            | Rp31.350.291            |
| 29.          | <i>Pump</i>                  | 2      | \$7.759            | Rp128.783.424           |
| 30.          | <i>Pump</i>                  | 2      | \$7.759            | Rp128.783.424           |
| 31.          | <i>Pump</i>                  | 2      | \$7.759            | Rp128.783.424           |
| 32.          | <i>Pump</i>                  | 2      | \$7.759            | Rp128.783.424           |
| 33.          | <i>Pump</i>                  | 2      | \$7.759            | Rp128.783.424           |
| 34.          | <i>Pump</i>                  | 2      | \$7.759            | Rp128.783.424           |
| 35.          | <i>Kompresor</i>             | 1      | \$811,11           | Rp13.462.825            |
| 36.          | <i>Vibrating Screen</i>      | 1      | \$9.641            | Rp160.021.285           |
| <b>Total</b> |                              |        | <b>\$1.103.270</b> | <b>Rp18.312.069.654</b> |

Tabel 6. 5 Perkiraan Harga Alat Utilitas

| No           | Nama Alat                            | Jumlah | USD (\$)         | Rupiah (Rp)            |
|--------------|--------------------------------------|--------|------------------|------------------------|
| 1.           | Bak Penampungan Air                  | 1      | \$3.751          | Rp62.258.975           |
| 2.           | Tangki Air Domestik                  | 1      | \$2.533          | Rp42.048.672           |
| 3.           | Bak Air Pendingin                    | 1      | \$1.313          | Rp21.789.316           |
| 4.           | <i>Cooling Tower</i>                 | 1      | \$28.483         | Rp472.765.068          |
| 5.           | <i>Blower Cooling Tower</i>          | 1      | \$9.231          | Rp153.207.866          |
| 6.           | Tangki Anion                         | 1      | \$18.589         | Rp308.544.703          |
| 7.           | Tangki Kation                        | 1      | \$23.143         | Rp384.129.868          |
| 8.           | Tangki NaCl                          | 1      | \$1.233          | Rp20.464.720           |
| 9.           | Tangki NaOH                          | 1      | \$794            | Rp13.174.998           |
| 10.          | Tangki Dearator                      | 1      | \$8.912          | Rp147.914.925          |
| 11.          | Tangki N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> | 1      | \$345            | Rp5.731.487            |
| 12.          | Tangki Air Demin                     | 1      | \$2.271          | Rp37.691.510           |
| 13.          | Tangki Air Service                   | 1      | \$3.991          | Rp66.250.250           |
| 14.          | Pompa 1                              | 1      | \$5.886          | Rp97.697.770           |
| 15.          | Pompa 2                              | 1      | \$4.650          | Rp77.173.272           |
| 16.          | Pompa 3                              | 1      | \$5.886          | Rp97.697.770           |
| 17.          | Pompa 4                              | 1      | \$5.886          | Rp97.697.770           |
| 18.          | Pompa 5                              | 1      | \$5.886          | Rp97.697.770           |
| 19.          | Pompa 6                              | 1      | \$5.886          | Rp97.697.770           |
| 20.          | Pompa 7                              | 1      | \$10.434         | Rp173.191.501          |
| 21.          | Pompa 8                              | 1      | \$3.851          | Rp63.913.530           |
| 22.          | Pompa 9                              | 1      | \$3.851          | Rp63.913.530           |
| 23.          | Pompa 10                             | 1      | \$3.851          | Rp63.913.530           |
| 24.          | Pompa 11                             | 1      | \$3.851          | Rp63.913.530           |
| <b>Total</b> |                                      |        | <b>\$254.304</b> | <b>Rp4.220.933.273</b> |

### 6.3 Perhitungan Biaya

#### 6.3.1 *Capital Investment* (Modal)

*Capital investment* atau investasi modal merupakan seluruh biaya yang dikeluarkan sebelum pabrik mulai beroperasi secara penuh. Komponen ini dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu *Fixed Capital Investment* (FCI) dan *Working Capital Investment* (WCI).

##### a. *Fixed Capital Investment* (FCI)

*Fixed Capital Investment* adalah pengeluaran untuk pembangunan fasilitas fisik seperti gedung, pembelian dan instalasi peralatan proses, tangki, pipa, serta konstruksi penunjang lainnya. Biaya ini bersifat jangka panjang dan umumnya hanya dilakukan sekali selama masa awal pembangunan pabrik.

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

| No           | Jenis                              | Biaya (Rp)              | Biaya (\$)         |
|--------------|------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| 1            | <i>Purchased Equipment Cost</i>    | Rp22.756.104.202        | \$1.371.015        |
| 2            | <i>Delivered Equipment Cost</i>    | Rp5.689.026.050         | \$342.754          |
| 3            | <i>Instalasi cost</i>              | Rp9.785.124.807         | \$589.536          |
| 4            | Pemipaan                           | Rp8.192.197.513         | \$493.565          |
| 5            | Instrumentasi                      | Rp3.413.415.630         | \$205.652          |
| 6            | Insulasi                           | Rp1.820.488.336         | \$109.681          |
| 7            | Listrik                            | Rp3.413.415.630         | \$205.652          |
| 8            | Bangunan                           | Rp6.990.000.000         | \$421.135          |
| 9            | <i>Land &amp; Yard Improvement</i> | Rp12.722.367.000        | \$766.500          |
| <b>Total</b> |                                    | <b>Rp74.782.139.169</b> | <b>\$4.505.491</b> |

Tabel 6. 7 *Direct Plant Cost* (DPC)

| <i>Type of Capital Invesment</i> | Biaya (Rp)               | Biaya (\$)         |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------|
| <i>Engineering Constrution</i>   | Rp18.695.534.792         | \$1.126.373        |
| DPC                              | Rp93.477.673.961         | \$5.631.864        |
|                                  | <b>Rp112.173.208.753</b> | <b>\$6.758.236</b> |

Tabel 6. 8 *Fixed Capital Investment* (FCI)

| No            | <i>Fixed Capital</i>     | Biaya (Rp)               | Biaya (\$)         |
|---------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|
| 1             | <i>Direct Plant Cost</i> | Rp112.173.208.753        | \$6.758.236        |
| 2             | <i>Contractor's fee</i>  | Rp4.486.928.350          | \$270.329          |
| 3             | <i>Contingency</i>       | Rp5.608.660.438          | \$337.912          |
| <b>Jumlah</b> |                          | <b>Rp122.268.797.541</b> | <b>\$7.366.478</b> |

**b. *Working Capital Investment* (WCI)**

*Working Capital Investment* adalah modal kerja yang dibutuhkan untuk menunjang aktivitas operasional pada tahap awal, termasuk pembelian bahan baku awal, gaji tenaga kerja sebelum pabrik menghasilkan pendapatan, dan biaya operasional awal lainnya. Perbandingan *working capital* terhadap total *capital investment* bervariasi tergantung pada jenis dan skala perusahaan, namun secara umum sebagian besar pabrik kimia menetapkan *working capital* awal sebesar 10%–20% dari total *capital investment*.

Tabel 6. 9 *Working Capital Investment* (WCI)

| No                                 | <i>Type of Expenses</i>       | Biaya (Rp)              | Biaya (\$)         |
|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------|
| 1                                  | <i>Raw Material Inventory</i> | Rp2.282.935.888         | \$137.543          |
| 2                                  | <i>Inproses Onventory</i>     | Rp1.591.288.912         | \$95.872           |
| 3                                  | <i>Product Inventory</i>      | Rp13.639.619.242        | \$821.763          |
| 4                                  | <i>Extended Credit</i>        | Rp7.777.881.912         | \$468.604          |
| 5                                  | <i>Available Cash</i>         | Rp15.003.581.166        | \$903.939          |
| <b><i>Working Capital</i> (WC)</b> |                               | <b>Rp40.295.307.120</b> | <b>\$2.427.721</b> |

**6.3.2 *Manufacturing Cost* (MC)**

*Manufacturing Cost* adalah 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*.

**a. Direct Manufacturing Cost (DMC)**

*Direct Manufacturing Cost* adalah biaya langsung yang terkait dengan proses produksi, serta upah tenaga kerja langsung yang terlibat dalam pengoperasian unit proses.

Tabel 6. 10 *Direct Manufacturing Cost (DMC)*

| No                                     | Type of Expenses    | Biaya (Rp)               | Biaya (\$)         |
|----------------------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------|
| 1.                                     | Raw Material        | Rp107.624.120.440        | \$6.484.162        |
| 2.                                     | Labor               | Rp12.048.000.000         | \$725.871          |
| 3.                                     | Supervision         | Rp1.204.800.000          | \$72.587           |
| 4.                                     | Maintenance         | Rp7.336.127.852          | \$441.989          |
| 5.                                     | Plant Supplies      | Rp1.100.419.178          | \$66.298           |
| 6.                                     | Royalti and Patents | Rp855.567.010            | \$51.546           |
| 7.                                     | Utilities           | Rp5.221.558.626          | \$314.590          |
| <b>Direct Manufacturing Cost (DMC)</b> |                     | <b>Rp135.390.593.106</b> | <b>\$8.157.043</b> |

**b. Indirect Manufacturing Cost (IMC)**

*Indirect Manufacturing Cost* adalah biaya-biaya tidak berkaitan langsung dalam produksi, seperti biaya perawatan dan perbaikan alat, biaya kebersihan, serta overhead pabrik.

Tabel 6. 11 *Indirect Manufacturing Cost (IMC)*

| No                                       | Type of Expenses       | Biaya (Rp)              | Biaya (\$)       |
|------------------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|
| 1.                                       | Payroll Overhead       | Rp1.807.200.000         | \$108.881        |
| 2.                                       | Laboratory             | Rp1.204.800.000         | \$72.587         |
| 3.                                       | Plant Overhead         | Rp6.024.000.000         | \$362.935        |
| 4.                                       | Packaging and Shipping | Rp4.277.835.052         | \$257.732        |
| <b>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</b> |                        | <b>Rp13.313.835.052</b> | <b>\$802.135</b> |

**c. Fixed Manufacturing Cost (FMC)**

*Fixed Manufacturing Cost (FMC)* adalah biaya yang dikeluarkan pabrik saat kondisi operasi maupun tidak. Seperti biaya penyusutan peralatan, pajak properti pabrik, dan premi asuransi.

Tabel 6. 12 *Fixed Manufacturing Cost*

| No                                           | Type of Expenses      | Biaya (Rp)             | Biaya (\$)         |
|----------------------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|
| 1.                                           | <i>Depreciation</i>   | Rp1.065.106.804        | \$64.170,79        |
| 2.                                           | <i>Property taxes</i> | Rp133.138.351          | \$8.021,35         |
| 3.                                           | <i>Insurance</i>      | Rp133.138.351          | \$8.021,35         |
| <b><i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i></b> |                       | <b>Rp1.331.383.505</b> | <b>\$80.213,49</b> |

Tabel 6. 13 *Total Manufacturing Cost*

| No                                    | Type of Expenses                         | Biaya (Rp)               | Biaya (\$)         |
|---------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|--------------------|
| 1                                     | <i>Direct Manufacturing Cost (DMC)</i>   | Rp135.390.593.106        | \$8.157.043        |
| 2                                     | <i>Indirect Manufacturing Cost (IMC)</i> | Rp13.313.835.052         | \$802.135          |
| 3                                     | <i>Fixed Manufacturing Cost (FMC)</i>    | Rp1.331.383.505          | \$80.213           |
| <b><i>Manufacturing Cost (MC)</i></b> |                                          | <b>Rp150.035.811.663</b> | <b>\$9.039.391</b> |

### 6.3.3 General Expenses (GE)

*General Expense* adalah pengeluaran pengeluaran yang bersangkutan dengan fungsi perusahaan yang tidak termasuk oleh *manufacturing cost*. Biaya ini mencakup biaya administrasi, manajemen, pemasaran, serta penelitian dan pengembangan (*research and development*).

1. Biaya administrasi dan manajemen meliputi pengeluaran untuk gaji pegawai kantor, layanan administratif, serta penyediaan dan pemeliharaan fasilitas perkantoran.
2. Biaya pemasaran dialokasikan untuk kegiatan promosi produk, distribusi, serta pengembangan jaringan pasar.
3. Biaya penelitian dan pengembangan memiliki peran penting dalam mempertahankan daya saing produk, sekaligus mendorong inovasi proses yang lebih efisien dan berkelanjutan di masa mendatang.

Tabel 6. 14 *General Expense (GE)*

| No                          | Type of Expenses | Biaya (Rp)              | Biaya (\$)         |
|-----------------------------|------------------|-------------------------|--------------------|
| 1.                          | Administration   | Rp4.501.074.350         | \$271.182          |
| 2.                          | Sales Expense    | Rp7.501.790.583         | \$451.970          |
| 3.                          | Research         | Rp4.201.002.727         | \$253.103          |
| 4.                          | Finance          | Rp3.251.282.093         | \$195.884          |
| <b>General Expenses(GE)</b> |                  | <b>Rp19.455.149.753</b> | <b>\$1.172.138</b> |

Tabel 6. 15 Total *Production Cost (TPC)*

| No                                 | Type of Expenses        | Biaya (Rp)               | Biaya (\$)          |
|------------------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|
| 1.                                 | Manufacturing Cost (MC) | Rp150.035.811.663        | \$9.039.391         |
| 2.                                 | General Expenses(GE)    | Rp19.455.149.753         | \$1.172.138         |
| <b>Total Production Cost (TPC)</b> |                         | <b>Rp169.490.961.415</b> | <b>\$10.211.529</b> |

#### 6.3.4 Analisa Keuntungan

Analisis keuntungan dari perancangan pabrik ini ditinjau berdasarkan perbandingan antara total penjualan dengan total biaya produksi yang dikeluarkan selama satu tahun operasi.

##### a. Keuntungan Sebelum Pajak

Total penjualan : Rp.85.556.701.031

Total biaya produksi : Rp.169.490.961.415

Total keuntungan : - Rp.83.934.260.384

##### b. Keuntungan Sesudah Pajak

Pajak 20% : - Rp.16.786.852.077

Keuntungan : - Rp.67.147.408.307

#### 6.3.5 Analisa Kelayakan

Analisa kelayakan ekonomi pabrik umumnya ditinjau berdasarkan parameter *Return on Investment (ROI)*, *Pay Out Time (POT)*, *Shut Down Point (SDP)*, *Break*

*Event Point* (BEP) dan *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR). Namun, pada perancangan pabrik ini parameter-parameter tersebut tidak dapat ditentukan karena pabrik mengalami kerugian.

Hal ini ditunjukkan oleh nilai keuntungan sebelum dan sesudah pajak yang bernilai negatif akibat total biaya produksi lebih besar dibandingkan dengan total penjualan. Oleh karena itu, perancangan pabrik ini tidak layak untuk didirikan secara ekonomi.

## **BAB VII**

### **PENUTUPAN**

#### **7.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil perancangan pabrik kromium trioksida dari natrium dikromat dengan kapasitas 1.000 ton/tahun, baik ditinjau dari segi teknis maupun ekonomi, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Pendirian pabrik kromium trioksida dari natrium dikromat bertujuan untuk mendukung kemandirian industri kimia dan didasarkan untuk mengurangi ketergantungan impor dari luar negeri, serta menciptakan lapangan kerja dan meningkatkan nilai tambah natrium dikromat domestik melalui konversi menjadi produk turunan yang bernilai tinggi.
- b. Pabrik kromium trioksida dari natrium dikromat ini berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dan direncanakan akan didirikan di daerah Gresik, Jawa Timur, dengan pertimbangan ketersediaan bahan baku, utilitas yang memadai (air, listrik, uap), akses terhadap pelabuhan dan jalan utama, serta kedekatan dengan kawasan industri kimia lainnya. Total luas tanah dan bangunan sebesar 7.790 m<sup>2</sup>.
- c. Proses utama dalam pabrik ini menggunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB), yang dioperasikan pada suhu 75°C dan tekanan 1 atm. Berdasarkan kondisi operasi, bahan baku dan produk yang dihasilkan tidak mudah terbakar pabrik kromium trioksida dari natrium dikromat termasuk resiko rendah.
- d. Pendirian pabrik kromium trioksida dari natrium dikromat dengan kapasitas 1.000 ton/tahun ini tidak layak untuk dikaji lebih lanjut, baik dari aspek

teknis, ekonomi, maupun lingkungan. Dikarenakan faktor kegagalan paling kritis dalam prarancangan ini terletak pada kelayakan ekonomi. Pembelian bahan baku utama melalui distributor domestik serta asam sulfat yang jauh melampaui harga jual maksimum produk kromium trioksida dipasar global saat ini. Kapasitas pabrik yang terlalu kecil menghilangkan daya tawar untuk mendapatkan harga bahan baku berskala industri besar, sementara harga jual produk sudah pada batas atas pasar.

## **7.2 Saran**

- a. Perancangan pabrik kimia tidak lepas dari produksi limbah, sehingga diharapkan berkembangnya pabrik – pabrik kimia yang lebih ramah lingkungan.
- b. Produk kromium trioksida dapat direalisasikan sebagai sarana untuk memenuhi kebutuhan dimasa mendatang yang jumlahnya semakin meningkat.
- c. Pemanfaatan perangkat lunak simulasi proses seperti Aspen Plus, Aspen HYSYS, atau sejenisnya sangat disarankan untuk agar hasil perhitungannya dapat dibandingkan dan diambil data dengan pendekatan terbaik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S., & Newton, R. D. (1955). *Chemical engineering cost estimation*. McGraw-Hill.
- Badger, W. L., & Banchero, J. T. (1955). *Introduction to chemical engineering*. McGraw-Hill.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistik perdagangan luar negeri Indonesia: Ekspor dan impor, 2019-2023*. Sub Direktorat Publikasi dan Kompilasi Statistik.
- Brown, G. G., Katz, D., Foust, A. S., & Schneidewind, R. (1978). *Unit operation* (Modern Asia ed.). John Wiley and Sons.
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). *Process equipment design* (2nd ed.). John Wiley and Sons.
- Coulson, J. M., & Richardson, J. F. (1983). *Chemical engineering* (International Student ed.). McGraw-Hill.
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency). (2005). *Chromium trioxide, sodium dichromate, ammonium dichromate and potassium dichromate* (RISKLINE Report).
- Faith, W. L., Keyes, D. B., & Clark, R. L. (1957). *Industrial chemicals* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Harga Alat. (n.d.). *Matches: Equipment cost*. Diambil pada 15 April 2026 dari <https://www.matche.com>
- Harga Bahan. (n.d.). *Indonetwork: Insoclay Tangerang*. Diambil pada 14 April 2026 dari <https://insoclay-tangerang.indonetwork.co.id/>

Harga Bahan. (n.d). *PT. Laban Raya Samodra*. Diambil pada 14 April 2026 dari

<https://labanrayasamodra.web.indotrading.com/>

Harga Produk. (n.d). Chrome Chemicals. Diambil pada tanggal 14 April 2026 dari

<https://chromechemicals.en.made-in-china.com/>

Indeks Harga. (n.d.). *Towering Skills*. Diambil pada 12 April 2026

<https://toweringskills.com>

Kern, D. Q. (1965). *Process heat transfer*. McGraw-Hill.

Kirk-Othmer. (2019). *Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology*:

*Chromium and chromium compounds*. Wiley.

McCabe, W. L., Smith, J. C., & Harriott, P. (1976). *Unit operations of chemical engineering* (3rd ed.). McGraw-Hill.

Mizuhara, S., Urabe, T., & Yamaguchi, A. (2010). Fundamental study on the formation mechanism of hexavalent chromium compounds from refractories including chromium trioxide for waste melting furnace.

*Journal of the Japan Society of Material Cycles and Waste Management*, 21(5), 170–177. <https://doi.org/10.3985/jjsmcwm.21.170>

NJ Department of Health. (2016). *Hazardous substance fact sheet: Chromic acid and chromium trioxide*.

Perrin, T. S. (1953). *Production of chromium trioxide* (U.S. Patent No. 2,642,334). U.S. Patent and Trademark Office.

Perry, R. H., & Green, D. W. (Eds.). (2019). *Perry's chemical engineers' handbook* (9th ed.). McGraw-Hill Education.

Perry, R. H., & Green, D. W. (1984). *Perry's chemical engineers' handbook* (7th

ed.). McGraw-Hill.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Perancangan reaktor

#### REAKTOR :

Fungsi : Mereaksikan natrium dikromat dihidrat dengan asam sulfat

Jenis reaktor : RATB (Reaktor Alir Tangki Berpengaduk)

Kondisi operasi : Tekanan (P) = 1 atm

Suhu (T) = 75°C

Konversi = 90%

Sifat reaksi : Eksotermis

Bahan material : stainless steel SA 167 grade 11 type 316

Asumsi :

1. Isotermal
2. Pengadukan sempurna
3. Laju alir volumetrik tetap
4. Steady state

Bentuk : Silinder tegak dengan *flanged and dish head (torispherical)*

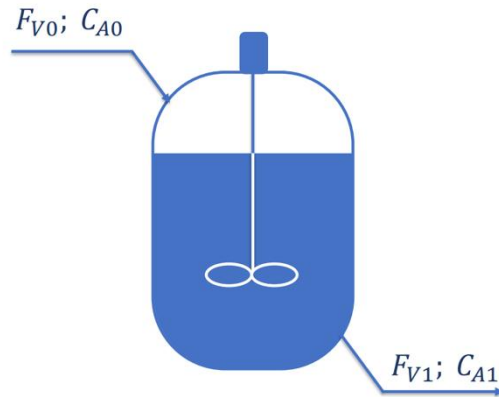
#### Dasar pemilihan reaktor :

1. Konstruksi sederhana sehingga lebih ekonomis
2. Sesuai untuk reaksi fase cair
3. Tangki dilengkapi dengan pengaduk yang penting untuk menghomogenkan bahan baku

#### Dasar pemilihan bahan konstruksi :

1. Harga relatif murah jika dibandingkan dengan *stainless steel* tipe lain

2. Tahan terhadap korosi



Gambar 1. Skema Reaktor Tangki Berpengaduk (RATB)

**A. Densitas komponen reaktor**

| Komponen                                                          | Laju alir massa (kg) | Fraksi massa (x) | $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ) | $\rho$ Campuran (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| CrO3                                                              | 0,0000               | 0,0000           | 2793,325                    | 0,0000                               |
| Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .2H <sub>2</sub> O | 273,2571             | 0,5024           | 2347,976                    | 1179,7181                            |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                    | 161,7644             | 0,2974           | 421,6900                    | 125,4265                             |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                   | 1,1153               | 0,0021           | 2690,155                    | 5,5169                               |
| NaCl                                                              | 0,5577               | 0,0010           | 2147,165                    | 2,2017                               |
| H <sub>2</sub> O                                                  | 107,1652             | 0,1970           | 980,3747                    | 193,1786                             |
| <b>Total</b>                                                      | <b>543,860</b>       | <b>1,0000</b>    |                             | <b>1506,0418</b>                     |

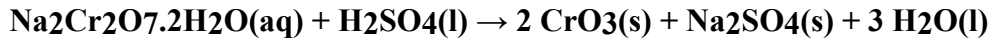
**B. Perhitungan konsentrasi ( $C_{A0}$ ,  $C_{B0}$ )**

$$C_{A0} = \frac{F_{A0}}{F_{V0}} = 2,539 \text{ kmol/m}^3$$

$$C_{B0} = \frac{F_{B0}}{F_{V0}} = 4,5710 \text{ kmol/m}^3$$

**C. Kinetika reaksi**

Reaksi yang terjadi di reaktor :



Dengan, konstanta laju reaksi (k) = 8,9225 m<sup>3</sup> /kmol.jam

Menghitung nilai (-r<sub>A</sub>) reaksi orde 2

$$(-r_A) = k \cdot C_{A1} \cdot C_{B1}$$

Persamaan neraca massa :

Input – output + yang bereaksi = akumulasi

$$F_{A0} \cdot X = F_{A0} - F_A$$

$$F_{A0} - F_{A1} - (-r_A)V = 0$$

$$V = \frac{F_{A0} - F_{A1}}{(-r_A)}$$

$$F_{A0} = F_{V0} \cdot C_{A0} \text{ dan } F_{A1} = F_{V1} \cdot C_{A1}$$

$$V = \frac{F_{V0} - (C_{A0} - C_{A1})}{(-r_A)}$$

$$(-r_A) = k \cdot C_{A1} \cdot C_{B1}$$

$$V = \frac{F_{V0} - (C_{A0} - C_{A1})}{k \cdot C_{A1} \cdot C_{B1}}$$

$$C_{A1} = C_{A0} - C_{A0} \cdot X_A ;$$

$$C_{A0} \cdot X_A = C_{A0} - C_{A1} ;$$

$$C_{A1} = C_{A0} (1 - X_A) ;$$

$$C_{B1} = C_{B0} - C_{A0} \cdot X_A$$

$$V = \frac{F_{V0} \cdot C_{A0} \cdot X_A}{k \cdot (C_{A0} (1 - X_A)) \cdot (C_{B0} - C_{A0} \cdot X_A)}$$

$$V = \frac{F_{V0} \cdot C_{A0} \cdot X_A}{k \cdot (C_{A0} (1 - X_A)) \cdot C_{A0} ((C_{B0} / C_{A0}) - X_A)}$$

$$V = \frac{F_{V0} \cdot X_A}{k \cdot (C_{A0} (1 - X_A)) \cdot (M - X_A)}$$

Dapat disimpulkan bahwa untuk menghitung volume reaktor dengan jumlah tertentu dapat menggunakan rumus berikut :

$$V = \frac{F_{V0} \cdot x_A}{k \cdot (C_{A0} (1 - x_A)) \cdot (M - x_A)}$$

### Menentukan Optimasi Jumlah Reaktor

Persamaan umum :

$$V = \frac{F_{A0} \cdot (x_A - x_{An-1})}{k \cdot C_{A0}^2 (1 - x_{An}) \cdot (M - x_{An})}$$

Dengan  $V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$

#### 1. Jumlah reaktor 1

$$X_1 = 0,90$$

$$k = 8,9225 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

$$F_v = 0,6100 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$C_{A0} = 2,539 \text{ kmol/ m}^3$$

$$M = 1,8001$$

$$V_1 = 0,27 \text{ m}^3$$

$$X_0 = 0$$

$$X_1 = 0,90$$

#### 2. Jumlah reaktor 2

$$V_1 = 0,100 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0,033 \text{ m}^3$$

$$X_1 = 0,789$$

$$X_2 = 0,90$$

### **3. Jumlah reaktor 3**

$$V_1 = 0,047 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0,018 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 0,030 \text{ m}^3$$

$$X_1 = 0,664$$

$$X_2 = 0,800$$

$$X_3 = 0,90$$

### **4. Jumlah reaktor 4**

$$V_1 = 0,0295 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0,0303 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 0,00497 \text{ m}^3$$

$$V_4 = 0,02093 \text{ m}^3$$

$$X_1 = 0,5737$$

$$X_2 = 0,7995$$

$$X_3 = 0,830$$

$$X_4 = 0,90$$

### **5. Jumlah reaktor 5**

$$V_1 = 0,02136 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0,00726 \text{ m}^3$$

$$V_3 = 0,7352 \text{ m}^3$$

$$V_4 = 0,02219 \text{ m}^3$$

$$V_5 = 0,01454 \text{ m}^3$$

$$X_1 = 0,5065$$

$$X_2 = 0,6252$$

$$X_3 = 0,7352$$

$$X_4 = 0,8514$$

$$X_5 = 0,90$$

### **Menghitung Jumlah Reaktor Yang Optimal**

Menurut Aries dan Newton, 1995 perhitungan harga total reaktor menyatakan bahwa :

$$E_b = E_a \left( \frac{C_b}{C_a} \right)^{0,6}$$

Dengan :

$C_a$  = kapasitas alat a

$C_b$  = kapasitas alat b

$E_a$  = harga pembelian alat a

$E_b$  = harga pembelian alat b

Kondisi operasi :

$$1 \text{ atm} = 14,7 \text{ lb/in}^2$$

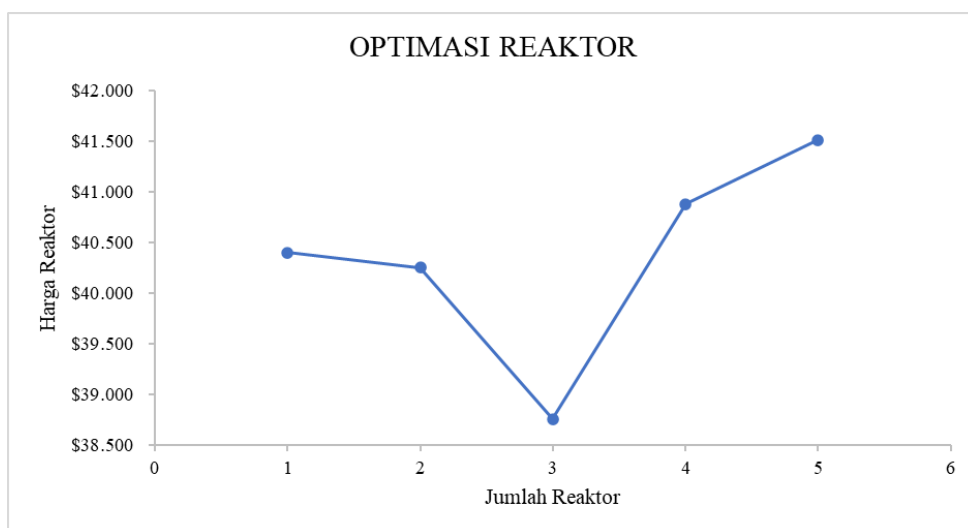
Bahan : *Stainless Steel*

Basis : Volume 30 gallons = \$ 24.900,00 (matches)

### **Perhitungan Harga Reaktor**

$$E_b = E_a \left( \frac{C_b}{C_a} \right)^{0,6}$$

|    | Volume   | Z        | Cost/unit   | Cost      |
|----|----------|----------|-------------|-----------|
| No | (gallon) | (gallon) | \$          |           |
| 1  | 71,12    | 71,12    | \$ 40.400   | \$ 40.400 |
| 2  | 21,04    | 21,04    | \$ 20.126   | \$ 40.252 |
| 3  | 10,05    | 10,05    | \$ 12.919   | \$ 38.757 |
| 4  | 6,80     | 6,80     | \$ 10.220   | \$ 40.878 |
| 5  | 4,81     | 4,81     | \$ 8.302,59 | \$ 41.513 |



#### D. Perancangan Dimensi Reaktor

##### 1. Neraca Massa Komponen

| Komponen                                                          | Input (kg/jam) | Output (kg/jam) |
|-------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|
| CrO <sub>3</sub>                                                  | 0,0000         | 165,0492        |
| Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .2H <sub>2</sub> O | 273,2571       | 27,3257         |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                    | 161,7644       | 80,8822         |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                   | 1,1153         | 118,3120        |
| NaCl                                                              | 0,5577         | 0,5577          |
| H <sub>2</sub> O                                                  | 107,1652       | 151,7329        |
| <b>Total</b>                                                      | <b>543,860</b> | <b>543,860</b>  |

Diketahui :

Volume cairan = 269,1915 liter

$$= 0,2692 \text{ m}^3$$

$$= 9,5064 \text{ ft}^3$$

$$F_v = 361,1186 \text{ L/jam}$$

Berdasarkan peters & timmerhaus (1991), volume over design yang direkomendasikan untuk RATB 20%

$$V_R = (1 + 20\%) \times \text{volume cairan}$$

$$V_R = 323,0298 \text{ L}$$

$$V_R = 0,3230 \text{ m}^3$$

$$V_R = 11,4077 \text{ ft}^3$$

## 2. Menghitung waktu tinggal

$$\tau = \frac{V}{F_v}$$

$$= 0,44 \text{ jam}$$

## 3. Menghitung dimensi reaktor

Digunakan rasio : 1,5D

Dengan menggunakan rumus volume reaktor yaitu :

$$V_{\text{reaktor}} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H}{4} + 2V_H$$

Dimana = Diameter reaktor (in)

H = tinggi reaktor (in)

$V_H$  = Volume head (ft)

Berdasarkan Brownell & Young (1959), rumus perhitungan untuk volume *head* dengan bentuk *torispherical* yaitu :

$$V_H = 0,000049 ID^3$$

$$V_{\text{reaktor}} = \frac{1}{4} \pi D^2 \cdot 1,5D + (2 \cdot (0,000049 \cdot D^3))$$

Berdasarkan rumus tersebut, didapatkan nilai *inside diameter* (ID) dan tinggi *shell* (Hs) perhitungan sebesar :

$$\text{Diameter reaktor} = 25,5808 \text{ in}$$

$$= 2,1317 \text{ ft}$$

$$= 25,5808 \text{ in}$$

$$= 0,6498 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi reaktor} = 1,5D$$

$$= 38,3713 \text{ in}$$

$$= 3,1976 \text{ ft}$$

$$= 0,9746 \text{ m}$$

### Menghitung tebal shell (ts)

Menghitung ts berdasarkan Brownell & Young (1959) dapat menggunakan rumus :

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

Digunakan bahan Stainless Steel Type 316 dengan spesifikasi :

$$\text{Allowable stress (f)} = 18750 \text{ psi}$$

Sambungan yang dipilih = *Double Welded Butt Joint*

$$\text{Efisiensi sambungan (C)} = 80\%$$

$$\text{Jari-jari reaktor (ri)} = 12,7904 \text{ in}$$

$$\text{Tekanan (P)} = 17,6372 \text{ psi}$$

Menghitung tinggi cairan di dalam tangki

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot ID^2 \cdot H_{cairan}$$

Maka :

$$H_{cairan} = \frac{V}{\frac{\pi}{4} \cdot ID^2}$$

$$H_{cairan} = 2,6649 \text{ ft} = 0,8123 \text{ m}$$

Menghitung tekanan total pada tangki

$$P_{operasi} = 1 \text{ atm} = 14,6959 \text{ psi} = 14,6959 \text{ lb/in}^2$$

Tekanan hidrostatik ( $\rho h$ )

$$P_h = \frac{\rho \cdot H_{cairan}}{144}$$

$$P_h = 0,0017 \text{ lb/in}^2$$

$$P_h = 0,0017 \text{ psi}$$

Tekanan total

$$\begin{aligned} P_{total} &= P_{operasi} + P_{hidrostatik} \\ &= 14,6959 \text{ lb/in}^2 + 0,0017 \text{ lb/in}^2 \\ &= 14,6976 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$P_{total \text{ over design}} = 1,2 \times P$$

$$= 1,2 \times 14,6976 \text{ psi}$$

$$= 17,6372 \text{ psi}$$

Sehingga tebal shell yaitu :

$$t_s = 0,1400 \text{ in}$$

$$t_s = 0,1875 \text{ in}$$

Ketebalan standar  $t_s$  yang dipilih berdasarkan Brownell & Young (1959)

yaitu  $t_s = \text{in}$ . Sehingga nilai ID dan OD terkoreksi berdasarkan Brownell

& Young (1959) tabel 5.7 halaman 90, digunakan nilai ID dan Hs standarisasi adalah :

$$OD = 26 \text{ in}$$

$$ID = OD - 2t_s$$

$$= 23,63 \text{ in}$$

$$= 0,600075 \text{ m}$$

$$= 1,9687 \text{ ft}$$

$$r_c = 24 \text{ in}$$

$$i_{cr} = 1,63 \text{ in}$$

$$H_s = 1,5D$$

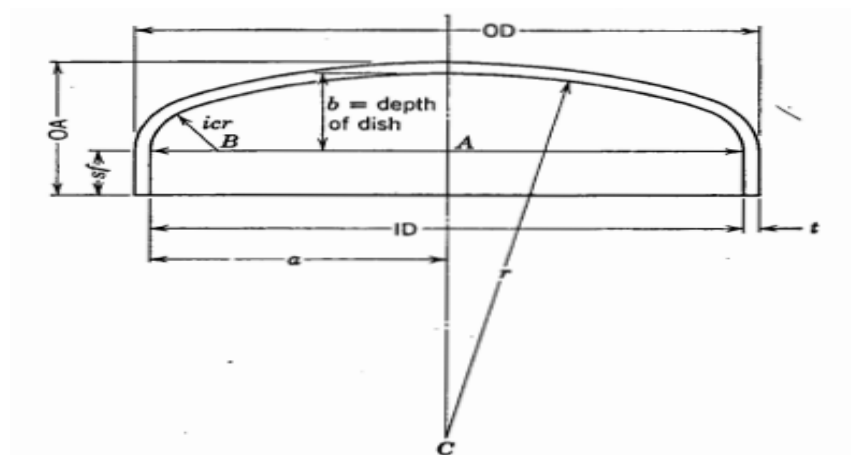
$$= 35,4375 \text{ in}$$

$$= 0,90 \text{ m}$$

$$= 2,95 \text{ ft}$$

### Perancangan dimensi *head*

Dimensi perancangan *head* pada reaktor menurut Brownell & Young (1959) adalah sebagai berikut :



Keterangan :

ID = diameter dalam *head*

OD = diameter luar *head*

a = jari – jari dalam *head*

t = tebal *head*

r = jari – jari *head*

icr = jari – jari sudut dalam *head*

b = tinggi *head*

sf = *straight flanged*

OA = tinggi *head* total

W = *stress intensification factor for torispherical dished heads*

Jenis *head* : *Flanged and Dished Head Torispherical*

### **Menghitung tebal head (th)**

Menurut Brownell & Young (1959), tebal *head* dapat dihitung

menggunakan persamaan:

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

Mencari nilai W

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

$$W = 1,7107$$

Sehingga th adalah :

$$th = 0,0037 \text{ m}$$

$$th = 0,1491 \text{ in}$$

Berdasarkan standarisasi Brownell & Young (1959), maka dipilih tebal

*head* standar in dan nilai  $sf = 2$  in

### **Dimensi *head***

Menghitung nilai  $a$

$$a = \frac{ID}{2}$$

$$a = 11,8125 \text{ in}$$

Menghitung nilai  $AB$

$$AB = \frac{ID}{2} - icr = a - icr$$

$$AB = 10,1875 \text{ in}$$

Menghitung  $BC$

$$BC = r - icr$$

$$BC = 22,3750 \text{ in}$$

Menghitung nilai  $AC$

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

$$AC = 19,9212 \text{ in}$$

Menghitung  $b$

$$b = r - AC$$

$$b = 4,0788 \text{ in}$$

Menghitung  $OA$  (tinggi *head*)

$$OA = t \text{ head} + b + sf$$

$$OA = 6,2663 \text{ in} = 0,1592 \text{ m}$$

Menghitung tinggi reaktor

$$\text{Tinggi reaktor} = H_s + 2OA$$

$$= 35,4375 + 2 \times (6,2663)$$

$$= 47,9700 \text{ in}$$

$$= 1,2184 \text{ m}$$

Volume *straight flaged (sf)*

$$V_{sf} = \frac{\pi}{4} ID^2 \cdot sf$$

$$V_{sf} = 0,0144 \text{ m}^3$$

Volume *Head* Total

$$V_{head} = 0,000049.ID^3$$

$$V_{head} = 0,0183 \text{ m}^3$$

Volume *head* total

$$V_{head \text{ total}} = V_H + V_{sf}$$

$$V_{head \text{ total}} = 0,0327 \text{ m}^3$$

Volume *Shell*

$$V_{shell} = \frac{\pi}{4} ID^2 \cdot Hs$$

$$V_{shell} = 8,9853 \text{ ft}^3 = 0,2544 \text{ m}^3$$

Tinggi cairan di dalam *shell*

$Vls$  = volume cairan – volume *head*

$$= 8,8603 \text{ ft}^3$$

$$= 0,2508 \text{ m}^3$$

$$H_{cairan} = \frac{Vls}{\frac{\pi}{4} ID^2}$$

$$H_{cairan} = 2,9120 \text{ ft} = 0,8876 \text{ m}$$

Volume reaktor

$$V_R = \text{Volume } shell + \text{volume } head \text{ total}$$

$$V_R = 0,2871 \text{ m}^3$$

#### 4. Perancangan dimensi pengaduk

Menurut Geankoplis (1993), jika dilihat dari nilai viskositas cairan maka pengaduk reaktor dapat dipilih jenis *blade turbine* dengan spesifikasi pengaduk “*flat six blade turbine with disk*” karena turbin ini dapat digunakan pada kecepatan tinggi pada cairan yang mempunyai viskositas sedang dan tidak terlalu kental.

##### Menentukan Jumlah Pengaduk

$$\text{Jumlah pengaduk} = \frac{H_{\text{cairan}} \cdot SpGr}{ID}$$

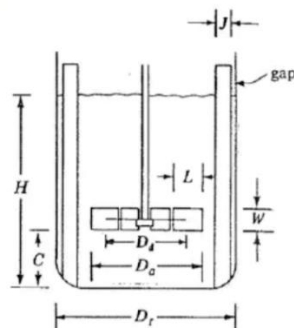
Jumlah pengaduk/impeller yang digunakan adalah 1 dilihat dari nilai  $h/D_t$  dan nilai viskositas campuran  $< 25 \text{ Cp}$  (Wallas, P 288)

Jumlah pengaduk = 1 buah

Jadi jumlah pengaduk di dalam tangki adalah 1 buah

##### Menghitung Dimensi Pengaduk

Dimensi perancangan pengaduk pada reaktor menurut Geankoplis (1993), yaitu:



Dimana :

$D_t$  = diameter dalam tangki

$D_a$  = Diameter pengaduk

$Z_i$  = jarak pengaduk dari dasar tangki

$w$  = lebar blade

$L_b$  = panjang blade

$J$  = lebar baffle

Diameter pengaduk ( $D_a$ )

$$D_a = \frac{ID}{3}$$

$$D_a = 7,875 \text{ in} = 0,200025 \text{ m}$$

Lebar sudut pengaduk ( $w_i$ )

$$w_i = \frac{d}{5}$$

$$w_i = 1,575 \text{ in} = 0,040005 \text{ m}$$

Lebar baffle ( $w_b$ )

$$w_b = \frac{ID}{12}$$

$$w_b = 1,96875 \text{ in} = 0,05000625 \text{ m}$$

Jarak pengaduk dari dasar tangki ( $Z_i$ )

$$Z_i = 0,75 \times d$$

$$Z_i = 5,90625 \text{ in} = 0,15001875 \text{ m}$$

Tinggi Pengaduk

$$= 0,7800975 \text{ m}$$

**Menentukan Kecepatan Putar Pengaduk**

Untuk menentukan kecepatan putar pengaduk digunakan persamaan dari Rase (1977), yaitu :

$$N = \frac{600}{Da} \frac{\sqrt{WELH}}{2.Da}$$

Dimana:

WELH : *Water Equivalen Liquid High*

Da : diameter pengaduk (ft)

N : kecepatan putar pengaduk (rpm)

$$WELH = \frac{SpGr}{Hliquid}$$

$$WELH = 1,3635 \text{ m}$$

$$N = 8,9592 \text{ rps}$$

Menghitung bilangan Reynold (Re)

$$Re = \frac{N.Da^2.\rho}{\mu}$$

$$Re = Re = 1125093,586$$

Bilangan  $Re > 21000$  maka aliran di dalam reaktor termasuk aliran turbulen.

Menghitung *Power* Pengaduk (P)

$$Np = \frac{P. gc}{N^3 . Da^5.\rho}$$

Berdasarkan Brown (1950) fig. 477 didapatkan nilai  $Np = 5$ , sehingga:

$$Np = \frac{N^3 . Da^5.\rho}{gc}$$

$$P = 2,3256 \text{ hP}$$

$$= 1,7342 \text{ kW Efisiensi motor penggerak (80\%)}$$

Berdasarkan Peters & Timmerhaus (1991) pada grafik 14.38, didapatkan efisiensi motor penggerak yaitu 80%.

$$= 2,9070 \text{ hP}$$

$$= 3 \text{ hP}$$

Maka, digunakan motor Power pengaduk sebesar Hp yang diambil berdasarkan standar NEMA.

## 5. Neraca energi reaktor

**Tabel Entalpi pembentukan standar (T =298K)**

| Senyawa                                                                | $\Delta H^\circ f \text{ (kJ/mol)}$ |
|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| CrO <sub>3</sub>                                                       | -589,5                              |
| Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .2H <sub>2</sub> O (aq) | -1970.7                             |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (l)                                     | -814                                |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                        | -1387,1                             |
| H <sub>2</sub> O                                                       | -285,83                             |

**Tabel Neraca Energi total reaktor**

| Komponen                                                               | Masuk $\Delta H \text{ in}$<br>(kJ/jam) | Masuk $\Delta H \text{ out}$<br>(kJ/jam) |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|
| CrO <sub>3</sub>                                                       | 0,00                                    | 6833,20                                  |
| Na <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> .2H <sub>2</sub> O (aq) | 3952,41                                 | 395,24                                   |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (l)                                     | 11837,27                                | 5918,64                                  |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                                        | 91,6886                                 | 9726,10                                  |
| NaCl                                                                   | 41,8756                                 | 41,8756                                  |
| H <sub>2</sub> O                                                       | 43224,01                                | 61199,97                                 |
| <b>Total</b>                                                           | <b>59147,25</b>                         | <b>84115,01</b>                          |

## 6. Perancangan Jaket Pendingin Reaktor

Alasan Pemilihan :

- a. Karena reaksi berlangsung secara eksoterm
- b. Digunakan media pendingin berupa air pendingin

Kondisi operasi :

- a. Suhu fluida panas masuk reaktor =  $75^{\circ}\text{C} = 348,15 \text{ K}$
- b. Suhu fluida panas keluar reaktor =  $75^{\circ}\text{C} = 348,15 \text{ K}$
- c. Suhu media pendingin masuk =  $30^{\circ}\text{C} = 303,15 \text{ K}$
- d. Suhu media pendingin keluar =  $40^{\circ}\text{C} = 313,15 \text{ K}$

### 1) Jumlah Pemanas Yang Dibutuhkan

$$m = \frac{Q}{\Delta H}$$

$$m = 609,7835 \text{ kg/jam}$$

$$= 1344,3288 \text{ lb/jam}$$

### 2) Kecepatan Volumetrik Air

$$Q_v = \frac{m}{\text{densitas air}}$$

$$Q_v = 0,6110 \text{ m}^3/\text{jam}$$

### 3) Luas Perpindahan Panas

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_2 - T_1) - (T_1 - T_2)}{\ln \frac{(T_2 - T_1)}{(T_1 - T_2)}}$$

$$\Delta T_{LMTD} = 71,6234 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

$$A = \frac{Q}{U_d \cdot \Delta T_{LMTD}}$$

$$UD = 250 \text{ Btu/ft}^2 \cdot ^{\circ}\text{F} \cdot \text{Jam}$$

$$Q = 25495,0502 \text{ kJ/jam}$$

$$A = 1,3498 \text{ ft}^2$$

$$= 0,1254 \text{ m}^2$$

#### 4) Menghitung Luas Selubung

$$A = \pi \cdot D \cdot H$$

$$A = 25,4191 \text{ ft}^2 = 2,3615 \text{ m}^2$$

Luas transfer selubung reaktor > luas perpindahan panas, maka perancangan menggunakan jaket pendingin

#### 5) Menghitung ukuran jaket pendingin

$$ID = OD \text{ tangki} + 2 \cdot jw$$

$$= 30 \text{ in} = 2,5 \text{ ft}$$

#### 6) Menghitung tebal dinding jaket

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

$$ts = 0,1875 \text{ in}$$

$$OD = 30,3750 \text{ in}$$

$$ID = 30 \text{ in}$$

#### 7) Menghitung Uc dan Ud

$$Uc = \frac{hi0 \cdot h0}{hi0 + h0}$$

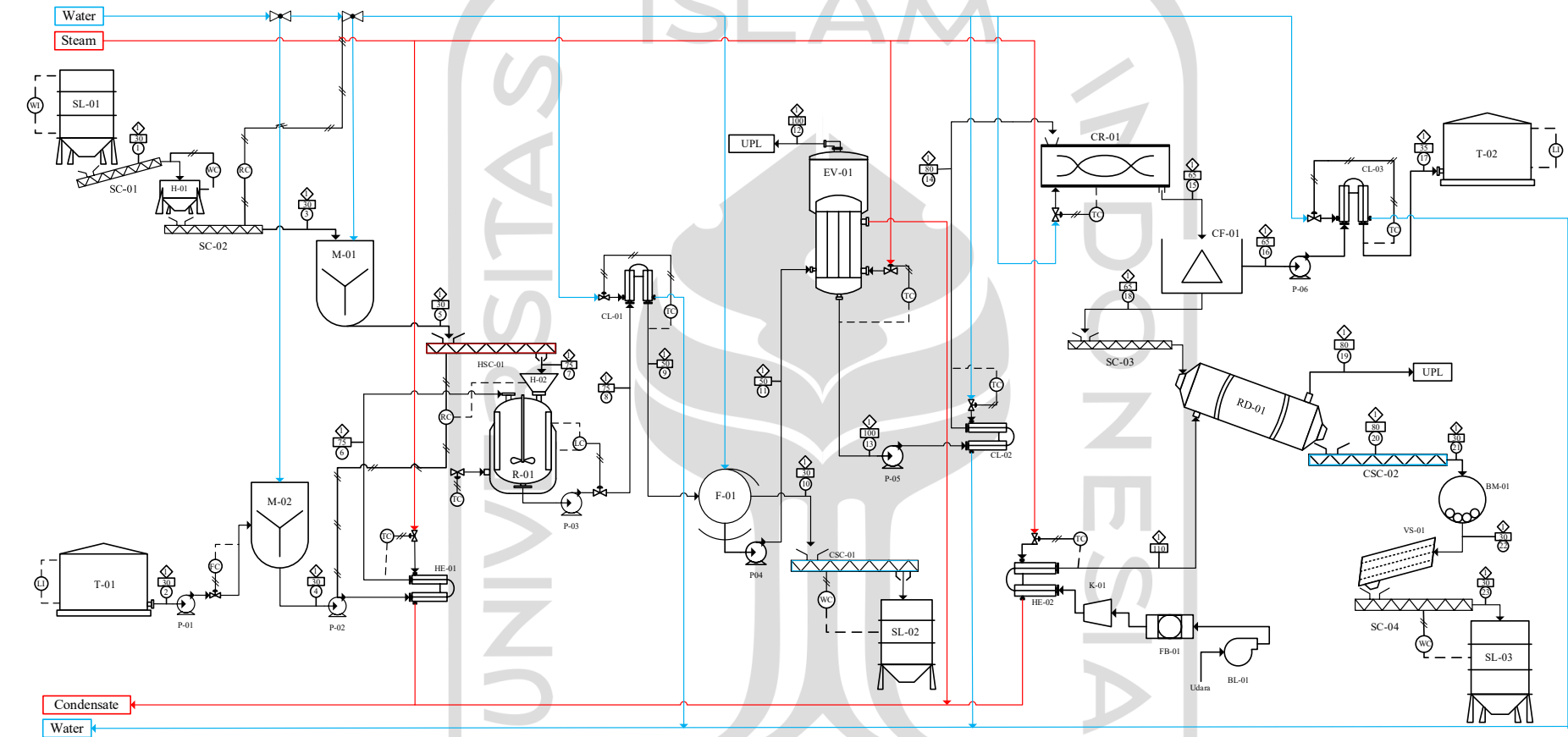
$$Ud = \frac{Uc \cdot hD}{Uc + hD}$$

$$Uc = 1,2215 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot \text{F}$$

$$Ud = 1,2201 \text{ Btu/jam.ft}^2 \cdot \text{F}$$

Lampiran 2. Process Engineering Flow Diagram

PROCESS ENGINEERING FLOW DIAGRAM  
PRA RANCANGAN PABRIK KROMIUM TRIOKSIDA DARI NATRIUM DIKROMAT  
KAPASITAS 1.000 TON/TAHUN



| Keterangan Arus  | Nomor Arus          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                  | 1                   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12  | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   |
| T (°C)           | 30                  | 30   | 30   | 30   | 30   | 75   | 75   | 75   | 50   | 30   | 50   | 100 | 100  | 80   | 65   | 65   | 35   | 65   | 80   | 80   | 30   | 30   | 30   |
| P (atm)          | 1                   | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1   | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    | 1    |
| Keterangan Arus  | Nomor Arus (Kg/Jam) |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|                  | 1                   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12  | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   |
| CrO3(aq)         |                     |      |      |      |      |      |      |      | 165  | 165  |      | 165 |      | 165  | 165  | 16,5 | 16,5 |      |      |      |      |      |      |
| CrO3(s)          |                     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |      | 149  |      |      | 149  |      | 149  | 149  | 149  | 149  |
| Na2Cr2O7.2H2O(s) | 250                 |      | 250  |      | 250  |      | 250  | 4,23 | 4,23 |      | 4,23 |     | 4,23 | 4,23 | 4,23 | 4,23 |      |      |      |      |      |      |      |
| Na2SO4(aq)       |                     |      |      | 1,02 |      |      | 1,02 | 118  | 118  |      | 40,4 |     | 40,4 | 40,4 | 35,8 | 35,8 | 35,8 |      |      |      |      |      |      |
| Na2SO4(s)        | 1,02                |      | 1,02 |      |      |      |      |      |      | 77,8 |      |     |      |      | 4,54 |      |      |      |      | 4,54 | 4,54 | 4,54 | 4,54 |
| NaCl(l)          | 0,51                |      | 0,51 |      | 0,51 |      | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,00 | 0,51 |     | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 | 0,51 |      |      |      |      |      |      |
| H2SO4(l)         |                     | 162  |      | 162  |      |      | 162  | 80,9 | 80,9 |      | 80,9 |     | 80,9 | 80,9 | 80,9 | 80,9 | 80,9 |      |      |      |      |      |      |
| H2O(l)           | 3,57                | 3,30 | 3,57 |      | 12,2 | 87,0 | 12,2 | 87,0 | 144  | 51,7 | 207  | 124 | 82,8 | 82,8 | 82,8 | 75,0 | 75,0 | 7,82 | 7,77 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| H2O(proses)      |                     | 8,87 | 83,4 |      |      |      |      |      | 115  |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Total            | 255                 | 174  | 339  | 174  | 339  | 174  | 339  | 513  | 628  | 130  | 498  | 124 | 374  | 374  | 374  | 213  | 213  | 161  | 7,77 | 153  | 153  | 153  | 153  |

| Keterangan Instrumen |                        | Keterangan Alat |                           |
|----------------------|------------------------|-----------------|---------------------------|
| FC                   | Flow Controller        | SL              | Silo                      |
| LC                   | Level Controller       | T               | Tangki                    |
| LI                   | Level Indicator        |                 |                           |
| RC                   | Ratio Controller       | H               | Hopper                    |
| TC                   | Temperature Controller | M               | Mixer                     |
| WC                   | Weight Controller      | HSC             | Heater Screw Conveyor     |
| WI                   | Weight Indicator       | CSC             | Cooling Screw Conveyor    |
| T                    | Temperature Dalam Arus | HE              | Heat Exchanger            |
| P                    | Pressure Dalam Arus    | CL              | Cooler                    |
|                      |                        | R               | Reaktor                   |
|                      |                        | F               | Rotary Drum Vacuum Filter |
|                      |                        | EV              | Evaporator                |
|                      |                        | CR              | Crystallizer              |
|                      |                        | CF              | Centrifuge                |
|                      |                        | RD              | Rotary Dryer              |
|                      |                        | VS              | Vibrating Screen          |
|                      |                        | SC              | Screw Conveyor            |
|                      |                        | P               | Pompa                     |
|                      |                        | BL              | Blower                    |
|                      |                        | K               | Kompresor                 |
|                      |                        | FB              | Filter Bag                |
|                      |                        | BM              | Ball Mill                 |

| Keterangan Instrumen |                        | Keterangan Alat |                           |
|----------------------|------------------------|-----------------|---------------------------|
| FC                   | Flow Controller        | SL              | Silo                      |
| LC                   | Level Controller       | T               | Tangki                    |
| LI                   | Level Indicator        |                 |                           |
| RC                   | Ratio Controller       | H               | Hopper                    |
| TC                   | Temperature Controller | M               | Mixer                     |
| WC                   | Weight Controller      | HSC             | Heater Screw Conveyor     |
| WI                   | Weight Indicator       | CSC             | Cooling Screw Conveyor    |
| T                    | Temperature Dalam Arus | HE              | Heat Exchanger            |
| P                    | Pressure Dalam Arus    | CL              | Cooler                    |
|                      |                        | R               | Reaktor                   |
|                      |                        | F               | Rotary Drum Vacuum Filter |
|                      |                        | EV              | Evaporator                |
|                      |                        | CR              | Crystallizer              |
|                      |                        | CF              | Centrifuge                |
|                      |                        | RD              | Rotary Dryer              |
|                      |                        | VS              | Vibrating Screen          |
|                      |                        | SC              | Screw Conveyor            |
|                      |                        | P               | Pompa                     |
|                      |                        | BL              | Blower                    |
|                      |                        | K               | Kompresor                 |
|                      |                        | FB              | Filter Bag                |
|                      |                        | BM              | Ball Mill                 |

|  |  |                                                                                               |  |
|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | JURUSAN TEKNIK KIMIA                                                                          |  |
|  |  | FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI                                                                   |  |
|  |  | UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA                                                                   |  |
|  |  | 2026                                                                                          |  |
|  |  | PRA RANCANGAN PABRIK KROMIUM TRIOKSIDA DARI NATRIUM DIKROMAT DENGAN KAPASITAS 1.000 TON/TAHUN |  |
|  |  | DISUSUN OLEH:                                                                                 |  |
|  |  | Jinan Salsabila (22521078)                                                                    |  |
|  |  | Alisha Putri Kasiantoro (22521026)                                                            |  |
|  |  | DOSEN PEMBIMBING:                                                                             |  |
|  |  | Alinda Fitrotun Nisya, S.T., M.Eng.                                                           |  |

### Lampiran 3. Kartu Konsultasi Bimbingan Perancangan Pabrik

#### KARTU KONSULTASI BIMBINGAN PRA RANCANGAN PABRIK

Nama Mahasiswa 1 : Alisha Putri Kasfiantoro  
 No. Mahasiswa 1 : 22521025  
 Nama Mahasiswa 2 : Jinan Salsabila  
 No. Mahasiswa 2 : 22521078  
 Judul Pra rancangan Pabrik : Pra Rancangan Pabrik Kromium Trioksida dan Natrium  
 Dikromat Kapasitas 1.000 ton / tahun  
 Mulai Masa Bimbingan : 16 September 2025  
 Selesai Masa Bimbingan :

| No | Tanggal         | Materi Bimbingan                              | Paraf Dosen |
|----|-----------------|-----------------------------------------------|-------------|
| 1  | 19 September 25 | Pengenalan dan diskusi tahap rancangan pabrik |             |
| 2  | 6 November 25   | Penentuan kapasitas hingga perancangan produk |             |
| 3  | 17 Desember 25  | Tinjauan kinetika dan diagram alir            |             |
| 4  | 20 Desember 25  | Neraca massa                                  |             |
| 5  | 7 Januari 26    | Neraca massa                                  |             |
| 6  | 20 Januari 26   | Neraca massa + reaktor                        |             |
| 7  | 30 Januari 26   | diagram alir, neraca massa + panas, reaktor   |             |
| 8  | 4 Februari 26   | reaktor dan alat pemisah                      |             |
| 9  | 8 April 26      | perhitungan alat pemisah, Penyimpan bahan     |             |
| 10 | 9 April 26      | Penyimpan bahan, transportasi, Penukar panas  |             |
| 11 | 13 April 26     | neraca panas, Perhitungan alat kecil          |             |
| 12 | 17 April 26     | Utilitas, lokasi, tata letak, dan struktur    |             |
| 13 | 24 April 26     | utilitas, evaluasi ekonomi                    |             |
| 14 | 27 April 26     | Evaluasi ekonomi dan revisi alat cooler       |             |
|    |                 |                                               |             |
|    |                 |                                               |             |
|    |                 |                                               |             |
|    |                 |                                               |             |

Disetujui Draft Penulisan :  
 Yogyakarta, 27 April 2026.  
 Pembimbing,

  
 (Alinda Fitrotun Nisya)

#### Catatan:

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