

**Desain Perancangan Pabrik Sodium Sulfat Dekahidrat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )  
Menggunakan Proses Mannheim Dengan Kapasitas 120.000 Ton/Tahun**



**SKRIPSI**

**Dibuat Untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Skripsi Dan Seminar  
Skripsi Pada Jurusan S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah Vokasi,  
Universitas Diponegoro**

**Disusun Oleh**

**Laela Maya Ufa**

**NIM. 40040118650058**

**PRODI S-Tr TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI**

**DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI**

**SEKOLAH VOKASI**

**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**2022**

## HALAMAN PENGESAHAN

**DESAIN PERANCANGAN PABRIK SODIUM SULFAT DEKAHIDRAT  
( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) MENGGUNAKAN PROSES MANNHEIM DENGAN KAPASITAS  
120.000 TON/TAHUN**

### SKRIPSI

**Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan  
Teknik**

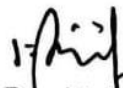
### Disusun Oleh

**LAELA MAYA UFA      NIM. 40040118650058**

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir (Skripsi)

Semarang, 14 Oktober 2022

- Dosen pembimbing,



**Anggun Puspitarini Siswanto, S.T., Ph.D.**

NIP.H.7.198803152018072001

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Laela Maya Ufa

NIM : 40040118650058

Judul Tugas Akhir (Skripsi) : Desain Perancangan Pabrik Sodium Sulfat Dekahidrat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) Menggunakan Proses Mannheim Dengan Kapasitas 120.000 Ton/Tahun

Fakultas/Jurusan : Sekolah Vokasi / STr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa Skripsi ini merupakan hasil karya saya Laela Maya Ufa dan partner saya atas nama Lulu Nafysatul Alwy didampingi Pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Diponegoro sesuai aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Semarang, 14 Oktober 2022



NIM. 40040118650058

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir (skripsi) yang berjudul **“Desain Perancangan Pabrik Sodium Sulfat Dekahidrat Menggunakan Proses Mannheim Dengan Kapasitas 120.000 Ton/Tahun”**. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, maka dengan hati yang tulus ikhlas penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Mohamad Endy Julianto, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Universitas Diponegoro yang telah memberikan kesempatan bagi penulis untuk menyelesaikan laporan tugas akhir.
2. Anggun Puspitarini Siswanto, S.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah membimbing, mengarahkan, mendukung secara material dan moral selama proses pengajuan judul hingga penyusunan laporan tugas akhir sehingga laporan ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Ir. RTD. Wisnu Broto, M.T. selaku dosen wali, yang telah memberikan semangat dan doa kepada penyusun.
4. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
5. Teristimewa Kedua orang tua tercinta Ibu dan Alm Bapak yang di Surga, yang selalu ada setiap saat dari kecil hingga dewasa, yang tiada henti mendoakan dan memotivasi saya untuk senantiasa bersemangat dan tak mengenal kata putus asa. Terima kasih atas segala dukungan dan kasih sayangnya, baik secara material maupun spiritual hingga bisa terselesaikannya laporan ini.
6. Kakak dan adik-adik tersayang yang memberi dukungan mental dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
7. Lulu Nafysatul Alwy sebagai rekan skripsi yang berjuang bersama, memberikan semangat, meluangkan waktu, tenaga dan materi dalam kegiatan ini.
8. Teman – Teman Chelios 2018 yang telah membantu memberi semangat dan telah berproses bersama dengan penyusun dalam kehidupan selama perkuliahan. Penyusun menyadari keterbatasan dan kemampuan dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga dapat bermanfaat bagi penyusun untuk menyempurnakan skripsi ini.

Semarang, 14 Oktober 2022

Penyusun

## DAFTAR ISI

|   |     |
|---|-----|
| HALAMAN PENGESAHAN.....                               | ii  |
| HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....                    | iii |
| KATA PENGANTAR.....                                   | iv  |
| DAFTAR ISI.....                                       | v   |
| DAFTAR TABEL.....                                     | vii |
| DAFTAR GAMBAR.....                                    | ix  |
| INTISARI.....   | x   |
| BAB 1.....  | 1   |
| PENDAHULUAN.....                                      | 1   |
| 1.1 Latar Belakang.....                               | 1   |
| 1.2 Kapasitas Rancangan.....                          | 1   |
| 1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik.....                      | 7   |
| 1.4 Tinjauan Proses.....                              | 10  |
| BAB II.....   | 15  |
| DESKRIPSI PROSES.....                                 | 15  |
| 2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....            | 15  |
| 2.2 Sifat Fisika Dan Kimia Bahan Baku Dan Produk..... | 16  |
| 2.3 Konsep Proses.....                                | 20  |
| 2.4 Langkah Proses.....                               | 24  |
| 2.5 Tata Letak Pabrik.....                            | 27  |
| 2.6 Tata Letak Alat Proses.....                       | 32  |
| 2.7 Diagram Alir.....                                 | 35  |
| 2.8 Neraca Massa dan Neraca Panas.....                | 36  |
| BAB III.....  | 47  |
| SPESIFIKASI ALAT.....                                 | 47  |
| 3.1 Unit Penyimpanan.....                             | 47  |
| 3.2 Unit Pemindah.....                                | 48  |
| 3.3 Unit Pemanas.....                                 | 51  |
| 3.4 Unit Reaktor Kimia.....                           | 52  |
| 3.5 Unit Pemisah.....                                 | 55  |

|  |     |
|--|-----|
| BAB IV .....   | 57  |
| UNIT PENDUKUNG PROSES .....                                    | 57  |
| 4.1 Utilitas.....  | 57  |
| 4.2 Laboratorium.....  | 65  |
| BAB V .....  | 72  |
| MANAJEMEN PERUSAHAAN.....                                      | 72  |
| 5.1 Bentuk Perusahaan.....                                     | 72  |
| 5.2 Struktur Organisasi .....                                  | 74  |
| 5.3 Tugas dan Wewenang .....                                   | 77  |
| 5.4 Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan.....              | 82  |
| 5.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan, dan Gaji .....      | 83  |
| 5.6 Kesejahteraan Sosial Karyawan.....                         | 89  |
| 5.7 Corporate Social Responsibility (CSR) .....                | 91  |
| 5.8 Manajemen Perusahaan .....                                 | 92  |
| BAB VI.....  | 95  |
| TROUBLESHOOTING.....   | 95  |
| BA B VII ANALISA EKONOMI .....                                 | 104 |
| 7.1 Perkiraan Harga Peralatan.....                             | 105 |
| 7.2 Penetapan Dasar Perhitungan.....                           | 107 |
| 7.3 Perhitungan Biaya Produksi ( <i>Production Cost</i> )..... | 108 |
| 7.4 Analisis Kelayakan .....                                   | 114 |
| 7.5 Hasil Perhitungan.....                                     | 116 |
| DAFTAR PUSTAKA .....   | 121 |
| LAMPIRAN.....  | 125 |
| LAMPIRAN A.....  | 125 |
| PERHITUNGAN NERACA MASSA .....                                 | 125 |
| LAMPIRAN B .....   | 149 |
| PERHITUNGAN NERACA ENERGI .....                                | 149 |
| LAMPIRAN C .....   | 171 |
| SPESIFIKASI ALAT.....  | 171 |
| LAMPIRAN D.....  | 232 |
| ANALISA EKONOMI .....  | 232 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 1. 1 Data Impor Sodium Sulfat Tahun 2016-2020 (Badan Pusat Statistik, 2021).....                            | 3  |
| Tabel 1. 2 Data Ekspor Sodium Sulfat Tahun 2016-2020 (Badan Pusat Statistik, 2021) .....                          | 3  |
| Tabel 1. 3 Proyeksi Kebutuhan Impor Sodium Sulfat Tahun 2021-2025 (Badan Pusat Statistik, 2021).....              | 4  |
| Tabel 1. 4 Proyeksi Kebutuhan Ekspor Sodium Sulfat Tahun 2021-2025 (Badan Pusat Statistik, 2021).....             | 4  |
| Tabel 1. 5 Kapasitas Produksi Sodium Sulfat di Indonesia (Kementerian Perindustrian RI, 2017) .....               | 5  |
| Tabel 1. 6 Proyeksi Kebutuhan Sodium Sulfat di Indonesia Tahun 2021-2025 (Badan Pusat Statistik, 2021).....       | 5  |
| Tabel 1. 7 Kontribusi Pabrik Terhadap Kebutuhan Sodium Sulfat Tahun 2025-2029 (Badan Pusat Statistik, 2021) ..... | 6  |
| Tabel 1. 8 Produksi Pabrik Asam Sulfat dan Pabrik Garam (Kementerian Perindustrian RI, 2018).....                 | 6  |
| Tabel 1. 9 Kapasitas Pabrik Sodium Sulfat di Dunia (Jon J Mc Ketta, Vol 51).....                                  | 7  |
| Tabel 1. 10 Data Industri Pabrik Pengguna Sodium Sulfat (Kementerian Perindustrian RI, 2018).....                 | 9  |
| Tabel 1. 11 Perbandingan Proses Mannheim dan Proses Hargreaves-Robinson (Faith, W.L et al., 1975). .....          | 13 |
|   |    |
| Tabel 2.1 Luas Bangunan Pabrik .....  | 30 |
| Tabel 2.2 Neraca Massa Furnace .....  | 36 |
| Tabel 2.3 Neraca Massa Reaktor .....  | 37 |
| Tabel 2.4 Neraca Massa Filter Press.....  | 37 |
| Tabel 2.5 Neraca Massa Crystallizer .....   | 38 |
| Tabel 2. 6 Neraca Massa Centrifuge.....   | 38 |
| Tabel 2.7 Neraca Massa Rotary Dryer.....  | 38 |
| Tabel 2.8 Neraca Massa Cyclone.....   | 39 |
| Tabel 2.9 Neraca Massa Vibrating Screen.....  | 39 |
| Tabel 2.10 Neraca Massa Spray Condensate .....  | 39 |
| Tabel 2. 11 Neraca Massa Overall.....   | 41 |
| Tabel 2.12 Neraca Panas Furnace .....   | 42 |
| Tabel 2.13 Neraca Panas Screw Conveyor .....  | 42 |
| Tabel 2.14 Neraca Panas Reaktor .....   | 42 |
| Tabel 2.15 Neraca Panas Crystallizer .....  | 43 |
| Tabel 2.16 Neraca Panas Rotary Dryer.....   | 43 |
| Tabel 2.17 Neraca Panas Heat Exchanger .....  | 43 |
| Tabel 2.18 Neraca Panas Heat Exchanger .....  | 44 |
| Tabel 2.19 Neraca Panas Spray Condensate.....   | 44 |
| Tabel 2. 20 Neraca Panas Overall.....   | 46 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabel 3. 1 Spesifikasi Bin Penyimpanan NaCl (Ulrich, 1984) .....                                       | 47  |
| Tabel 3. 2 Spesifikasi Tangki Penyimpanan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (Brownell & Young, 1959)..... | 48  |
| Tabel 3. 3 Spesifikasi Pompa (Geankoplis, 1993).....   | 48  |
| Tabel 3. 4 Spesifikasi Belt Conveyor (Brownell & Young, 1959).....                                     | 49  |
| Tabel 3. 5 Spesifikasi Screw Conveyor (Perry , 1973).....  | 49  |
| Tabel 3. 6 Spesifikasi Bucket Elevator (Perry, 1973).....  | 50  |
| Tabel 3. 7 Spesifikasi Heat Exchanger (Kern, 1965).....  | 51  |
| Tabel 3. 8 Spesifikasi Furnace (Kern, 1965) .....  | 52  |
| Tabel 3. 9 Spesifikasi Reaktor (Ulrich, 1984) .....  | 53  |
| Tabel 3. 10 Spesifikasi Crystallizer (Huggot E, 1972) .....  | 54  |
| Tabel 3. 11 Spesifikasi Centrifuge (Perry, 1973) .....   | 55  |
| Tabel 3. 12 Spesifikasi Filter Press (Geankoplis, 1993).....   | 55  |
| Tabel 3. 13 Spesifikasi Cyclone (Perry, 1973) .....  | 56  |
| Tabel 3. 14 Spesifikasi Rotary Dryer (Perry, 1973) .....   | 56  |
| <br>   |     |
| Tabel 5. 1 Jadwal Kerja Setiap Regu .....  | 85  |
| Tabel 5. 2 Jabatan dan Pendidikan.....   | 86  |
| Tabel 5. 3 Detail jumlah karyawan proses (Ulrich, 1984).....   | 87  |
| Tabel 5. 4 Jumlah Karyawan .....   | 88  |
| Tabel 5. 5 Rincian Gaji Berdasarkan Jabatan .....  | 89  |
| <br>   |     |
| Tabel 6. 1 <i>Troubleshooting</i> pada Unit Tanki Penyimpanan (Lestari & Nurdiansyah, 2010)..          | 96  |
| Tabel 6. 2 <i>Troubleshooting</i> pada Unit Pemindah (Afrizal & Yuniarto, 2013).....                   | 97  |
| Tabel 6. 3 <i>Troubleshooting</i> pada Unit Pemanas (Ramadhani & Nandita, 2021) .....                  | 99  |
| Tabel 6. 4 <i>Troubleshooting</i> pada Unit Reaktor (Sari, 2014).....                                  | 101 |
| Tabel 6. 5 <i>Troubleshooting</i> pada Unit Pemisah (Nugroho, 2018).....                               | 102 |
| <br>   |     |
| Tabel 7. 1 Indeks <i>Nelson Farrar Refnery Construction Index</i> (Peter & Timmerhaus, 2004).<br>..... | 105 |
| Tabel 7. 2 Tabel <i>Capital Investment</i> .....   | 116 |
| Tabel 7. 3 Tabel <i>Working Capital Investment</i> .....   | 117 |
| Tabel 7. 4 Tabel <i>General Expanses</i> .....   | 117 |
| Tabel 7. 5 Tabel <i>Fixed Cost</i> .....   | 118 |
| Tabel 7. 6 Tabel Analisa Kelayakan .....   | 119 |
| <br>   |     |
| Tabel D. 1 Indeks harga Nelson Farrar Refinery .....   | 234 |
| Tabel D. 2 Tabel Capital Investment .....  | 237 |



## DAFTAR GAMBAR

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 1. 1 Peta Rencana Lokasi Pendirian Pabrik Sodium Sulfat (Google Maps, 2022) ..... | 9   |
| Gambar 2. 1 Kurva Pembentukan Inti Kristal Beberapa Garam .....                          | 26  |
| Gambar 2. 2 Layout Pabrik .....  | 32  |
| Gambar 2. 3 Tata Letak Alat .....  | 33  |
| Gambar 2. 4 Diagram Alir Produksi Sodium Sulfat Dekahidrat .....                         | 35  |
| Gambar 2. 5 Blok Diagram Neraca Massa .....  | 40  |
| Gambar 2. 6 Blok Diagram Alir Neraca Panas .....   | 45  |
| <br>   |     |
| Gambar 5. 1 Bagan Struktur Organisasi .....  | 76  |
| <br>   |     |
| Gambar 7. 1 Indeks Nelson Farrar tahun 1987-2022 (Peter & Timmerhaus, 2004) .....        | 106 |

## INTISARI

Pabrik Sodium sulfat Dekahidrat ini akan direncanakan pada tahun 2025 dengan kapasitas 120.000 ton/tahun dengan menggunakan proses Mannheim. Bahan baku utama dari pabrik ini yaitu yaitu NaCl dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> teknis dengan kemurnian 98%. Pabrik ini akan didirikan di Kawasan Industri Gresik, Jawa Timur. Reaksi sodium sulfat mempunyai  $\Delta H$  reaksi sebesar -333,05 KJ/mol.  $\Delta H$  reaksi negatif berarti reaksi berjalan dengan bersifat eksotermis. Tempat Pembakaran yang merupakan tempat pembentukan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> yang berlangsung pada fasa cair yaitu Mannheim Furnace secara isothermal dengan suhu reaksi 843 °C dan tekanan 1 atm. Reaktor yang digunakan pada pembentukan Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.10 H<sub>2</sub>O ini berlangsung pada fase cair yaitu reaktor berpengaduk secara isothermal dengan suhu reaksi 100°C dan tekanan 1 atm. Kebutuhan energi pada pabrik ini diperoleh dari bahan bakar Metana. NHV furnace didapatkan sebesar 802,3 kJ/mol sehingga didapat massa Metana sebesar 206 kg. Kebutuhan listrik untuk operasional pabrik dipenuhi dari PLN dan generator sebagai cadangan. Pabrik ini juga dilengkapi dengan unit laboratorium.

Bentuk perusahaan yang direncanakan pada Pabrik Sodium Sulfat Dekahidrat ini adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan status perusahaan terbuka yang mendapatkan modal dari penjualan saham, dan tiap pemegang saham mengambil bagian sebanyak satu saham atau lebih dengan jumlah karyawan 88 orang. Dari perhitungan neraca massa dan neraca panas didapatkan efisiensi produk sebesar 80,68% dan efisiensi panas sebesar 92,24%. Pada prarancangan Pabrik Sodium Sulfat Dekahidrat ini dapat dilihat analisa kelayakannya berdasarkan nilai BEP Penjualan sebesar Rp 505.361.483.844,35, BEP Produk 19.733.215,559 kg, B/C 0,736; ROI 2 tahun, HPP yang diperoleh sebesar Rp 17.000,- dan untuk harga jual produk sebesar Rp. 26.000,- , NPV 7,02%; dan IRR 49,95%.