

**PRARANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI
FORMALDEHID, ASETALDEHID DAN NATRIUM HIDROKSIDA
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-201))**

(Skripsi)

**Oleh :
Erisha Putri
1815041025**



**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2023**

**PRARANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI
FORMALDEHID, ASETALDEHID DAN NATRIUM HIDROKSIDA
KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN
(Tugas Khusus Perancangan Reaktor (RE-201))**

(Skripsi)

**Oleh:
ERISHA PUTRI
(1815041025)**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar SARJANA TEKNIK
pada
Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2023

ABSTRAK

PRARANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL DARI FORMALDEHID, ASETALDEHID DAN NATRIUM HIDROKSIDA KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN (Perancangan Reaktor (RE-201))

Oleh

ERISHA PUTRI

Pabrik pentaeritritol ini berbahan baku formaldehid (CH_2O), asetaldehid ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$), dan natrium hidroksida (NaOH) yang rencananya akan didirikan di Kawasan Industri JIPE Gresik, Jawa Timur. Pabrik ini berdiri dengan mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, sarana transportasi yang memadai, tenaga kerja, perizinan dan kondisi social masyarakat sekitar.

Pabrik ini direncanakan dapat memproduksi krsital pentaeritritol sebanyak 30.000 ton/tahun, dengan waktu operasi selama 24 jam/hari serta 330 hari/tahun. Banyaknya bahan baku yang digunakan adalah formaldehid sebanyak 1672,1572 kg/jam, asetaldehid sebanyak 3189,1332 kg/jam dan natrium hidroksida sebanyak 3189,1332 kg/jam.

Penyediaan kebutuhan utilitas pabrik *pentaerythritol* ini berupa unit penyedia dan pengolahan air, unit penyedia *steam* dan unit penyedia udara instrument.

Jumlah karyawan sebanyak 162 orang dengan bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi jenis line dan *staff*. Dari analisis ekonomi, maka diperoleh hasil sebagai berikut :

<i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	= Rp 301.858.991.892
<i>Working Capital Investment</i> (WCI)	= Rp 53.269.233.863
<i>Total Capital Investment</i> (TCI)	= Rp 355.128.225.756
<i>Break Even Point</i> (BEP)	= 34,89 %
<i>Shut Down Point</i> (SDP)	= 27,73%
<i>Pay Out Time before taxes</i> (POT) _b	= 0,88 tahun
<i>Pay Out Time after taxes</i> (POT) _a	= 1,09 tahun
<i>Return on Investment before taxes</i> (ROI) _b	= 87 %
<i>Return on Investment after taxes</i> (ROI) _a	= 70 %
<i>Discounted cash flow</i> (DCF)	= 29,17 %

Mempertimbangkan rangkuman di atas, sudah selayaknya pendirian pabrik *pentaerythritol* ini dikaji lebih lanjut, karena merupakan pabrik yang menguntungkan dan mempunyai prospek yang baik.

ABSTRACT

PENTAERYTHRITOL FACTORY DESIGN FROM FORMALDEHYDE, ACETALDEHYDE AND SODIUM SODIUM HYDROXIDE CAPACITY 30.000 TONS/YEAR (Design Reactor (RE-201))

By

ERISHA PUTRI

This pentaerythritol factory is made from formaldehyde (CH_2O), acetaldehyde ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$), and sodium hydroxide hydroxide (NaOH) which is planned to be established in the JIPE Gresik Industrial Area, East Java. This factory was established by considering the availability of raw materials, adequate transportation facilities, workforce, permits and the social conditions of the surrounding community.

This factory is planned to be able to produce 30,000 tons of pentaerythritol crystals/year, with an operating time of 24 hours/day and 330 days/year. The amount of raw materials used was formaldehyde as much as 1672.1572 kg/hour kg/hour, acetaldehyde as much as 3189.1332 kg/hour and sodium hydroxide as much as 3189.1332 kg/hour.

Providing utility needs for the pentaerythritol factory is in the form of a water supply and treatment unit, a steam supply unit and an instrument air supply unit.

The number of employees is 162 people and the company form is a Limited Liability Company (PT) with a line and staff type organizational structure. From the economic analysis, the following results are obtained:

Fixed Capital Investment (FCI)	= Rp 301.858.991.892
Working Capital Investment (WCI)	= Rp 53.269.233.863
Total Capital Investment (TCI)	= Rp 355.128.225.756
Break Even Point (BEP)	= 34,89 %
Shut Down Point (SDP)	= 27,73%
Pay Out Time before taxes (POT) _b	= 0,88 tahun
Pay Out Time after taxes (POT) _a	= 1,09 tahun
Return on Investment before taxes (ROI) _b	= 87 %
Return on Investment after taxes (ROI) _a	= 70 %
Discounted cash flow (DCF)	= 29,17 %

Considering the summary above, it is appropriate to study the establishment of this pentaerythritol factory further, because it is a profitable factory and has good prospects.

Judul Skripsi : **PRARANCANGAN PABRIK PENTAERITRITOL
DARI FORMALDEHID, ASETALDEHID DAN
NATRIUM HIDROKSIDA KAPASITAS 30.000
TON/TAHUN
(Perancangan Reaktor (RE-201))**

Nama Mahasiswa : **Erisfa Putri**

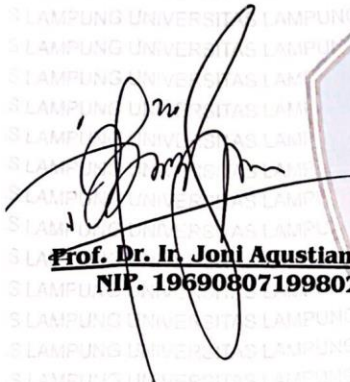
Nomor Pokok Mahasiswa : 1815041025

Program Studi : Teknik Kimia

Fakultas : Teknik


MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Prof. Dr. Ir. Joni Agustian, S.T., M.Sc.
NIP. 196908071998021001


Muhammad Haviz, S.T., M.T.
NIP. 199001282019031015

2. Ketua Jurusan Teknik Kimia

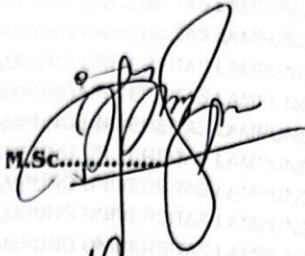

Yuli Darni, S.T., M.T.
NIP. 197407122000032001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

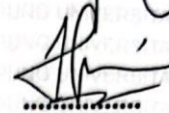
Ketua

: Prof. Dr. Ir. Joni Agustlan, S.T., M.Sc.....



Sekretaris

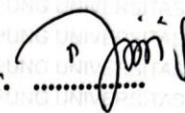
: Muhammad Haviz, S.T., M.T.



Penguji

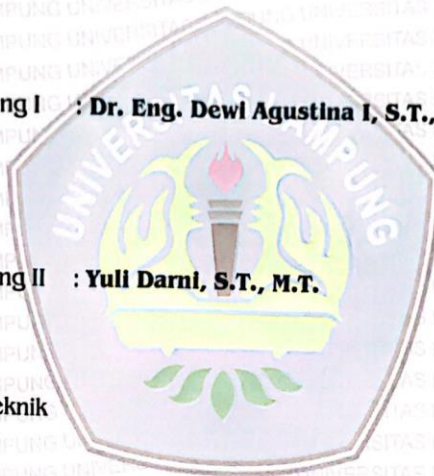
Bukan Pembimbing I

: Dr. Eng. Dewi Agustina I, S.T., M.T.



Bukan Pembimbing II

: Yuli Darni, S.T., M.T.



2. Dekan Fakultas Teknik



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. }
NIP. 197509282001121001**

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 29 November 2023

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atas pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana diterbitkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pada skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Desember 2023



Erisha Putri

NPM. 1815041025

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kotabumi – Lampung Utara, tanggal 9 Maret 2001, sebagai putri pertama dari 2 bersaudara dari Bapak Ali Usman dan Ibu Harniati.

Penulis menyelesaikan pendidikan Dasar di SD Negeri 02 Subik, Lampung Utara pada tahun 2012, Sekolah Menengah Pertama Negeri 02 Abung Tengah pada tahun 2015, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 03 Kotabumi pada tahun 2018.

Pada bulan Juli tahun 2018, penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Pada bulan Agustus tahun 2021, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Subik, Abung Tengah, Lampung Utara dan melakukan Kerja Praktek di PT. Buma Cima Nusantara PTPN VII Unit Bunga Mayang dengan Tugas Khusus yaitu “Evaluasi Kinerja Evaporator *Clear Juice* pada unit Evaporasi”. Pada tahun 2021-2022 penulis juga melakukan penelitian dengan judul “Sintesis ZSM-5 dari Zeolit Alam Lampung (ZAL) dan Sekam Padi dengan Metode *Seeding* Menggunakan Gelombang Mikro” dimana penelitian tersebut akan dipublikasikan di Jurnal Bahan Alam Terbarukan Universitas Negeri Semarang.

Selama menjalani masa perkuliahan, penulis juga aktif dalam organisasi kampus seperti Badan Koordinasi Kerja Mahasiswa Teknik Kimia Indonesia (BKKMTKI) (periode 2019-2020) sebagai staff Hubungan Antar Lembaga, Sekretaris Departemen Hubungan Luar di Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) (periode 2020), staff Departemen Hubungan Luar Himpunan Mahasiswa Teknik Kimia (Himatemia) (periode 2019-2020), staff Dinas Eksternal di Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) (periode 2019). Selain aktif dalam organisasi penulis juga aktif mengikuti beberapa kegiatan lainnya, Pada Agustus hingga Oktober 2021 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Kredensial Mikro Mahasiswa Indonesia (KMMI) dalam program “sertifikasi laboran” serta Februari hingga Juli 2022 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Studi Independen Bersertifikat Kampus Merdeka di *Orbite Future Academy* dengan pelatihan “*Student of Foundations of AI and Life Skills for Gen-Z Program*”.

Penulis juga aktif dalam kegiatan pengabdian masyarakat tentang *eco-enzym* bersama mahasiswa teknik kimia lainnya yang diketuai oleh ibu Simparmin Br. Ginting, ST., M.T. Selain itu penulis juga melakukan kegiatan *volunteer* di luar kampus seperti *Student Ambassador Halolern*, *Campaign Volunteer* di *Vultus of Agrotechnology* dan *tabula.id*

Motto dan Persembahan

“Long story short, i survived”

(Taylor Swift)

“Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)”

(QS. Al-Insyirah:6-7)

“Jika kamu berbuat baik kepada orang lain (berarti) kamu berbuat baik pada dirimu sendiri”

(QS. Al-Isra’: 7)

“Karena kamu anak baik, jadi Allah pasti memberikan jalan yang terbaik, di waktu dan tempat yang terbaik”

(Anonim)

“Seremang apapun, nyalamu tetap nyala.

Bergembiralah atas apa yang telah kamu capai, Selamat.”

(Erisha Putri)

“Saya, anda, dan mereka bukan tertinggal. Kami semua berjuang dan menjalani garis waktu yang dipikirkan Tuhan”

(Erisha Putri)

”The Scary news is you’re on your own now. But cool news is you’re on your own now”

(Taylor Swift)

Dengan mengucapkan syukur kepada Allah SWT,

Kupersembahkan karya kecilku ini kepada:

*Kedua orang tuaku, Bapak dan Mama tercinta (Almh),
Terima kasih yang tak terhingga untuk segala bentuk kasih dan sayang yang
hingga detik ini masih senantiasa tercurah untuk putri tunggalmu ini.*

*Keluarga besarku,
Terima kasih banyak untuk do'a dan dukungan baiknya selama ini.*

*Sahabat-sahabatku tersayang,
Terima kasih selalu ada dan menemani dengan setulus hati.*

*Para pengajar sebagai tanda hormatku,
Terima kasih atas ilmu yang telah diberikan selama ini*

*Serta kupersembahkan kepada Almamaterku tercinta,
semoga dapat berguna dikemudian hari.*

Untuk yang selalu bertanya :

"kapan skripsimu selesai?"

Terlambat lulus atau lulus tidak tepat waktu bukanlah sebuah kejahatan, bukan pula sebuah aib. Alangkah kerdilnya jika mengukur kecerdasan seseorang hanya dari siapa yang paling cepat lulus. Bukankah sebaik-baiknya skripsi adalah skripsi yang selesai? Karena mungkin ada suatu hal dibalik ini semua, dan percayalah alasan saya disini merupakan alasan yang sepenuhnya baik,

SANWACANA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang Mahakuasa dan Maha Penyayang, atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga tugas akhir ini dengan judul “Prarancangan Pabrik Pentaeritritol dari Formaldehid, Asetaldehid dan Natrium Hidroksida dengan kapasitas 30.000/tahun” dapat diselesaikan dengan baik.

Tugas akhir ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna memperoleh derajat kesarjanaaan (S-1) di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Yuli Darni, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Lampung.
2. Prof. Dr. Ir. Joni Agustian S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing I, yang telah memberikan pengarahan, masukan, bimbingan, kritik dan saran selama penyelesaian tugas akhir. Menjadi salah satu anak bimbinganmu merupakan nikmat yang sampai saat ini selalu saya syukurkan. Terimakasih bapak, semoga jerih payahmu terbayarkan dan selalu dilimpahkan kesehatan.
3. Muhammad Haviz S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II, atas semua ilmu, saran, masukan dan pengertiannya dalam penyelesaian tugas akhir. Semoga ilmu bermanfaat yang diberikan dapat berguna dikemudian hari.
4. Dr. Eng. Dewi Agustina I., S.T., M.T., dan Yuli Darni, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan ilmu, saran dan kritik, juga selaku dosen atas semua ilmu yang telah penulis dapatkan.
5. Seluruh Dosen Teknik Kimia Universitas Lampung, atas semua ilmu dan bekal masa depan yang akan selalu bermanfaat.
6. Bapak-bapak sinder PTPN VII Bunga Mayang (Pak Safta, Pak Aris, Pak Tohar, Pak Farid, dan Pak Didik) yang telah bersedia menjadi tempat mencurahkan pertanyaan-pertanyaan penulis selama kerja praktik.
7. Kepada mama dan papa (Harniati dan Ali Usman), banyak hal yang menyakitkan penulis telah lalui selama menulis karya ini, babak belur dihajar kenyataan yang terkadang tidak sejalan. Rasa ingin menyerah dan iri membuat penulis terjatuh tertampar realita, tapi itu semua tidak mengurangi rasa bangga dan terimakasih atas kehidupan yang kalian berikan. Dengan itu, tulisan ini penulis persembahkan untuk

malaikat pelindungku, “Mama, papa anakmu sudah berhasil menyelesaikan skripsi ini”.

8. Kepada adik semata wayang Yusril Azmi dengan panggilan kesayangan ‘mamoy’. Terimakasih telah membuat *mood* penulis membaik dengan segala tingkah menggemaskan dan kadang mengesalkan.
9. Verna Dwi Lestari Pesema, S.T., partner Tugas Akhir yang telah banyak membantu menyemangati dan mengajak *healing* penulis hingga lupa waktu untuk mengerjakan tugas akhir.
10. Thalya Miranda, S.T., teman yang paling dekat sekaligus sahabat, yang merupakan partner Penelitian, teman Kerja praktik, teman *healing*, teman tempat penulis menceritakan keluh kesahnya tentang perkuliahan, keluarga, percintaan serta kehidupan ini. Terimakasih telah menemani penulis sampai detik akhir dalam menuju siding kompre. Semoga apa yang kamu lakukan dibalas oleh Allah SWT.
11. Ike Putri Santoso Pajuhi, S.T., yang sering kali menjadi penengah ditengah drama pertemanan, terimakasih untuk segala bantuannya selama ini.
12. Ghea Maulidaco Anandati, S.T., selaku *partner* dalam kerja praktik serta teman sekamar penulis. Terimakasih telah menemani penulis untuk tetap *survive* dilingkungan baru walaupun sedikit tidak nyaman namun memiliki banyak cerita untuk dikenang dan ditertawakan serta terimakasih atas cerita *random* setiap malam selama kerja praktik serta tempat penulis berdiskusi terkait kerja praktik sehingga penulis mendapatkan nilai A di mata kuliah kerja praktik.
13. ‘Anak Erdia’ (Nadila Nur Febrianti U., S.H., Dinanti Hasan, S.Pd., Indah Alya Khairunnisa, S.T.) yang telah banyak mengajak membantu menghabiskan uang selama penulis dalam proses penulis menempuh pendidikan S1. Terimakasih telah karena selalu mengajak penulis untuk karaokean dengan *genre* K-Pop nya yang sejujurnya penulis tidak paham. Terimakasih Alya yang telah membantu dalam menyelesaikan draft skripsi serta men-*support* mental penulis walau terkadang terlihat cuek namun mempunyai jiwa yang sangat perhatian sehingga penulis anggap seperti mbak sendiri. Terimakasih mela yang selalu menemani penulis dikala patah hati urusan percintaan dan menyemangati penulis untuk bangkit. Terimakasih ibu guru cantik, anti atas segala tingkah random yang lucu sehingga memberi warna pada pertemanan ini.
14. ‘Anak-anak Pak Hendro dan Bu Muji’ (Giovanni Albertine Hutauruk, S.Sos., Manda Oktariyansah, S.T., dan Al-Khodri, S.Pd) atas kontribusi nilai A di KKN walaupun kita hanya sering main air selama KKN. Giovanni yang rumahnya selalu kami jadikan

tempat berkumpul, Manda Oktariyansah yang selalu disalahkan atas apa yang terjadi serta Al-Khodri yang telah menasehati untuk tetap berada di jalan Allah SWT.

15. Anis Jagan Fatmawati, S.Pd. dan Umi Nurkhalifah, S.Pd. karena telah menjadi *intel* pribadi saya dan terimakasih atas kedetailan informasi yang telah diberikan.
16. Kakak 3 serangkai yang sudah penulis anggap seperti kakak sendiri, Feby Azuwar, S.E., Lian Nando, S.Sos., M.Sos., Yogi Primando, S.A.P. Terimakasih telah menemani penulis dan menghibur penulis dikala patah hati menuju sidang skripsi walaupun banyak *plan* yang hanya wacana saja.
17. Teman-teman seperjuangan 2018 di Teknik Kimia Alifa, Anggi, Azzam, Deliana, Elistya, Jihan, Naufal, Puspito, Rifqiirsa, Salma, Titin, Yoan, Cantika, Billa, Elizan, Fandi, Faza, Maria, Maziatun, Dormian, Ulin, Okta, Pami, Rachel, Tasya, Azizah, Devi, Dimas, Eka, Enda, Eva, Fajar, Ghea, Ike, Alya, Kiwul, Kristin, Mail, Maria, Nitha, Rahma, Rakha, Rifki Amirul, Rimed, Ristiany, Rizkiya, Thalaya, Uli, Valerie, Verna, Yuni, Surya, dan Ardel.
18. Kakak-kakak dan adik-adik Departemen Hubungan luar Himatemia, Dinas Eksternal BEM FT Unila, dan BKKMTKI Daerah I atas pengalaman yang diberikan dalam hal organisasi selama masa perkuliahan.
19. Teman-teman kampus merdeka program KMMI (sertifikasi laboran) dan Studi Independen (*foundations of al and life skills for gen-Z*) atas pengalamannya dalam menambah wawasan serta ilmu diluar kampus.
20. Kakak-kakak tingkat Teknik Kimia sebagai tempat bertanya penulis ketika menghadapi kebingungan dalam menulis tugas akhir.
21. Kepada seseorang yang pernah bersama saya, terimakasih kalian. Terimakasih untuk patah hati yang diberikan saat proses penyusunan skripsi yang sekarang bisa menjadi pengingat untuk saya sehingga dapat membuktikan secara elegan. Terimakasih telah mengisi cerita saya dan terimakasih untuk banyak hal yang menyakitkan dan menjadi proses pendewasaan.
22. Jodoh penulis kelak kamu adalah salah satu alasan penulis menyelesaikan skripsi ini, meskipun saat ini penulis tidak tahu keberadaanmu entah di bumi bagian mana dan menggenggam tangan siapa. Seperti kata Bj. Habibie “Kalau memang dia dilahirkan untuk saya, kamu jungkir balikpun saya yang dapat”.
23. Terimakasih kepada Taylor Swift terkhusus kepada lagu-lagunya “*You’re On Your Own Kid and All Too Well*” yang telah menemani penulis dalam mengerjakan skripsi dan *quotes* penyemangatnya “*Life can be heavy, especially if you try to carry it all at once, part of growing up and moving into new chapters of your life is about catch or*

release. What I mean by that is, knowing what things to keep and what things to release. You can't carry all things, all grudges, all updates on your ex, all enviable promotions your school bully got at the bodge fund his uncle started. Decide what is yours to hold and let the rest go”.

24. Semua pihak yang tak dapat disebutkan satu persatu yang telah banyak membantu memberikan pemikiran demi kelancaran dan keberhasilan penyusunan skripsi ini.
25. Dan yang terakhir, kepada perempuan sederhana namun terkadang sangat sulit dimengerti isi kepalanya, sang penulis sebuah karya tulis ini, diri saya sendiri, Erisha Putri. Seorang perempuan yang berumur 22 tahun saat menciptakan karya tulis ini namun terkadang sifatnya seperti anak kecil pada umumnya serta ego yang tinggi. Terimakasih telah hadir di dunia walaupun mungkin tidak sedikit yang tidak ikut serta merayakan hadirmu di dunia namun selalu bersyukur karena banyak pula manusia yang dengan bahagia merayakan kehadiranmu di dunia. Terimakasih sudah bertahan sejauh ini melewati banyaknya rintangan hidup yang tidak tertebak adanya. Terima kasih telah memilih hidup dan merayakan dirimu sendiri sampai di titik ini, walaupun seringkali merasa putus asa atas apa yang diusahakan dan belum berhasil namun terima kasih tetap menjadi manusia yang selalu mau berusaha dan tidak lelah mencoba. Berbahagialah selalu dimanapun berada, Erisha. Rayakan selalu kehadiranmu di dunia semua hal yang membuatmu hidup. Pastikan jiwamu selalu menjadi bagian dari hal baik di alam semesta, semoga engkau lahir berkali-kali.

Semoga Allah membalas semua kebaikan mereka terhadap penulis dan semoga skripsi ini berguna.

Bandar Lampung, Desember 2023

Penulis,

Erisha Putri

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kegunaan Produk	2
1.3 Ketersediaan Bahan Baku.....	3
1.4 Kapasitas Prarancangan.....	3
1.5 Lokasi Pabrik.....	7
BAB II DESKRIPSI PROSES.....	12
2.1 Macam-macam Proses.....	12
2.2 Berdasarkan Thermodinamika.....	13
2.3 Pemilihan proses.....	23
2.4 Tinjauan Kinetika	25
2.5 Kondisi Operasi	25
2.6 Tahapan Proses.....	25
BAB III SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK	28
3.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	28
3.2 Pengendalian Kualitas	31
BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI.....	34
4.1 Neraca Massa.....	34
4.2 Neraca Panas	39
BAB V SPESIFIKASI ALAT	45
5.1. Spesifikasi Alat Unit Proses	45
BAB VI UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH.....	97
6.1 Unit Penyediaan Air	97

6.2.	Unit Penyediaan <i>Steam</i>	109
6.3.	Unit Pembangkit Tenaga Listrik	110
6.4.	Unit Penyediaan Bahan Bakar.....	110
6.5.	Unit Penyediaan Udara Instrumen.....	110
6.6.	Unit Pengolahan Limbah.....	111
6.7.	Laboratorium	111
6.8.	Instrumentasi dan Pengendalian Proses.....	114
BAB VII TATA LETAK DAN LOKASI PABRIK.....		116
7.1.	Lokasi Pabrik.....	116
7.2.	Tata Letak Pabrik	119
7.3.	Estimasi Area Pabrik	121
BAB VIII MANAJEMEN DAN ORGANISASI PERUSAHAAN.....		126
8.1.	Project Master Schedule	126
8.2.	Bentuk Perusahaan	127
8.3.	Struktur Organisasi.....	129
8.4.	Status Karyawan dan Sistem Penggajian	142
8.5.	Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	144
8.6.	Penggolongan Jabatan dan Jumlah Karyawan	146
8.7.	Kesejahteraan Karyawan	151
8.8.	Bahaya pada Pabrik (<i>Hazard</i>)	153
BAB IX INVESTASI DAN EVALUASI EKONOMI.....		155
9.1.	Investasi.....	155
9.2.	Evaluasi Ekonomi.....	161
9.3.	Angsuran Pinjaman	164
9.4.	Discounted Cash Flow (DCF)	164
BAB X KESIMPULAN DAN SARAN		166
10.1.	Kesimpulan.....	166

10.2. Saran.....	167
DAFTAR PUSTAKA	168

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi pendirian pabrikpentaeritritol	7
Gambar 6.1 Diagr ^m <i>Cooling Water System</i>	103
Gambar 7.1 Peta Kabupaten Gresik	123
Gambar 7.2 Area Kawasan Industri JIPE Gresik	123
Gambar 7.3 Tata Letak Pabrik	124
Gambar 7.4 Tata Letak Unit Proses	125
Gambar 8.1 Struktur Organisasi pada Pabrik Pentaeritritol. Error! Bookmark not defined.	
Gambar 9.1 Grafik Analisa Ekonomi.....	164
Gambar 9.2 Kurva <i>Cummulative Cash Flow</i>	165

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Kegunaan Produk di Industri	2
Tabel 1.2 Data Perkembangan Pentaeritritol di Indonesia.....	3
Tabel 1.3 Data Total Impor Pentaeritritol di Negara ASEAN.....	4
Tabel 1.4 Data Pabrik Pentaeritritol di dunia.....	5
Tabel 2.1 Nilai ΔH°_f dan ΔG°_f komponen.....	15
Tabel 2.2 nilai konstanta C_p	16
Tabel 2.3 nilai konstanta C_p	20
Tabel 2.4 Perbandingan Proses	23
Tabel 4.1 Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> (MT-101).....	34
Tabel 4.10 Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i> (RD-401)	38
Tabel 5.1 Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-101)	45
Tabel 5.2 Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-102).....	46
Tabel 5.3 Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-103).....	46
Tabel 5.4 Spesifikasi <i>Storage Tank</i> (ST-201).....	47
Tabel 5.5 Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (HE-111).....	47
Tabel 5.6 Spesifikasi <i>Heat Exchanger</i> (HE-211).....	48
Tabel 5.7 Spesifikasi <i>Mix Tank</i> (MT-101).....	49
Tabel 5.8 Spesifikasi Reaktor (RE-201)	50
Tabel 5.9 Spesifikasi <i>Netraliser</i> (NE-201).....	51
Tabel 5.10 Spesifikasi Centrifuge (CF-301)	52
Tabel 5.11 Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> (BC-311).....	52
Tabel 5.12 Spesifikasi <i>Solid Storage</i> (SS-301).....	53
Tabel 5.13 Spesifikasi <i>Vaporizer</i> (VP-301).....	53
Tabel 5.14 Spesifikasi <i>Flash Drum</i> (FD-301).....	54
Tabel 5.15 Spesifikasi <i>Condensor</i> (CD-301).....	55
Tabel 5.16 Spesifikasi <i>Crystallizer</i> (CR-401).....	56
Tabel 5.17 Spesifikasi <i>Centrifuge</i> (CF-401)	57
Tabel 5.18 Spesifikasi <i>Rotary Dryer</i> (RD-401)	57
Tabel 5.19 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-411)	58
Tabel 5.20 Spesifikasi Air Heater (AH-411)	58

Tabel 5.21 Spesifikasi <i>Fan</i> (F-411)	59
Tabel 5.22 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-411).....	59
Tabel 5.23 Spesifikasi <i>Solid Storage</i> (SS-501).....	60
Tabel 5.24 Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> (BC-511)	60
Tabel 5.25 Spesifikasi <i>Gudang Produk</i> (W-501).....	61
Tabel 5.26 Spesifikasi <i>Cyclone</i>	61
Tabel 5.27 Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-111).....	62
Tabel 5.28 Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-112).....	62
Tabel 5.29 Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-113).....	63
Tabel 5.30 Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-114).....	63
Tabel 5.31 Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-115).....	64
Tabel 5.32 Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-211).....	64
Tabel 5.33 Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-212).....	65
Tabel 5.34 Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-213).....	65
Tabel 5.35 Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-214).....	66
Tabel 5.36 Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-215).....	67
Tabel 5.37 Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-311).....	67
Tabel 5.38 Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-312).....	68
Tabel 5.39 Spesifikasi <i>Pompa Proses</i> (PP-313).....	68
Tabel 5.40 Spesifikasi <i>Bak Sedimentasi</i> (BS – 401).....	69
Tabel 5.41 Spesifikasi <i>Gudang Bahan kimia</i> (GD-401).....	69
Tabel 5.42 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-401).....	70
Tabel 5.43 Spesifikasi <i>Bucket Elevator</i> (BE-401).....	71
Tabel 5.44 Spesifikasi <i>Dissolving Tank NaOH</i> (DT-402).....	71
Tabel 5.45 Spesifikasi <i>Screw Conveyor</i> (SC-402).....	72
Tabel 5.46 Spesifikasi <i>Bucket elevator</i> (BE-402).....	72
Tabel 5.47 Spesifikasi <i>Clarifier</i> (CL-401)	73
Tabel 5.48 Spesifikasi <i>Sand Filter</i> (SF-401).....	73
Tabel 5.49 Spesifikasi <i>Tangki Air Filter</i> (ST-404)	74
Tabel 5.50 Spesifikasi <i>Domestic Water Tank</i> (DWT-401)	74
Tabel 5.51 Spesifikasi <i>Hydran Water Tank</i> (HWT-401)	75
Tabel 5.52 Spesifikasi <i>Cooling Tower</i> (CT-401)	76

Tabel 5.53 Spesifikasi <i>Cold Basin</i> (CB – 401)	76
Tabel 5.54 Spesifikasi Tangki Asam Sulfat (DT-402).....	77
Tabel 5.55 Spesifikasi Tangki Dispersant (ST-406).....	77
Tabel 5.56 Spesifikasi Tangki Inhibitor (ST-402).....	78
Tabel 5.57 Spesifikasi <i>Cation Exchanger</i> (CE-401).....	78
Tabel 5.58 Spesifikasi <i>Anion Exchanger</i> (AE-401)	79
Tabel 5.59 Spesifikasi Tangki Air Demin (ST-403).....	80
Tabel 5.60 Spesifikasi <i>Deaerator</i> (DA-501).....	80
Tabel 5.61 Spesifikasi Tangki Hidrazin (ST-501)	81
Tabel 5.62 Spesifikasi <i>Boiler</i> (BO-501).....	81
Tabel 5.63 Spesifikasi Tangki Bahan Bakar (ST-502).....	82
Tabel 5.64 Spesifikasi Blower <i>Steam</i> (BS-501).....	82
Tabel 5.65 Spesifikasi <i>Air Dryer</i> (AD – 601).....	83
Tabel 5.66 Spesifikasi <i>Air Compressor</i> (AC-601).....	83
Tabel 5.67 Spesifikasi <i>Cyclone</i> (CYC-601).....	84
Tabel 5.68 Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 1 (BU – 601).....	84
Tabel 5.69 Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 2 (BU – 602).....	84
Tabel 5.70 Spesifikasi <i>Blower</i> Udara 3 (BU – 603).....	85
Tabel 5.71 Spesifikasi Generator Listrik (GS-701)	85
Tabel 5.72 Spesifikasi Tangki Bahan Bakar Generator (ST-701)	85
Tabel 5.73 Spesifikasi Pompa (PU-401).....	86
Tabel 5.74 Spesifikasi Pompa (PU – 402)	86
Tabel 5.75 Spesifikasi Pompa (PU – 403)	87
Tabel 5.76 Spesifikasi Pompa (PU – 404)	87
Tabel 5.77 Spesifikasi Pompa (PU – 405)	88
Tabel 5.78 Spesifikasi Pompa (PU – 406)	88
Tabel 5.79 Spesifikasi Pompa (PU – 407)	89
Tabel 5.80 Spesifikasi Pompa (PU – 408)	89
Tabel 5.81 Spesifikasi Pompa (PU – 409)	90
Tabel 5.82 Spesifikasi Pompa (PU – 410)	90
Tabel 5.83 Spesifikasi Pompa (PU – 411)	91
Tabel 5.84 Spesifikasi Pompa (PU – 412).....	91

Tabel 5.85 Spesifikasi Pompa (PU – 413)	92
Tabel 5.86 Spesifikasi Pompa (PU – 414)	92
Tabel 5.87 Spesifikasi Pompa (PU – 415)	93
Tabel 5.88 Spesifikasi Pompa (PU – 416)	93
Tabel 5.89 Spesifikasi Pompa (PU – 417)	94
Tabel 5.90 Spesifikasi Pompa (PU – 501)	95
Tabel 5.91 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-502)	95
Tabel 5.92 Spesifikasi Pompa Utilitas (PU-503)	96
Tabel 6.1 Kebutuhan Air untuk <i>General Uses</i>	98
Tabel 6.2 Kebutuhan Air untuk Pembangkit <i>Steam</i>	99
Tabel 6.3 Kebutuhan Air Pendingin	101
Tabel 6.4 Kebutuhan Air <i>Hydrant</i>	103
Tabel 6.5 Kebutuhan Air Total	103
Tabel 6.6 Tingkatan Kebutuhan Informasi dan Sistem Pengendalian	114
Tabel 6.7 Pengendalian Variabel Utama Proses	115
Tabel 7.1 Perincian luas area Pabrik <i>Pentaerythritol</i>	121
Tabel 8.1 <i>Project Master Schedule of Pentaerythritol Plant</i>	127
Tabel 8.2 Daftar Gaji Karyawan	143
Tabel 8.3 Jadwal kerja masing - masing regu	145
Tabel 8.4 Perincian Tingkat Pendidikan	146
Tabel 8.5 Jumlah Operator Berdasarkan Jenis Alat	148
Tabel 8.6 Jumlah Karyawan Berdasarkan Jabatan	149
Tabel 9.1 <i>Fixed Capital Investment</i>	155
Tabel 9.2 <i>Manufacturing Cost</i>	157
Tabel 9.3 <i>General Expenses</i>	158
Tabel 9.4 Biaya Administratif	158
Tabel 9.5 <i>Minimum Acceptable Percent Return On Investment</i>	162
Tabel 9.6 <i>Acceptable Pay Out Time</i> untuk Tingkat Resiko Pabrik	162
Tabel 9.7 Hasil Uji Kelayakan Ekonomi	165

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pentaeritritol merupakan senyawa *monosakarida polyhydric alcohol* berbentuk kristal berwarna putih tetragonal yang memiliki 4 gugus hidroksil utama dan memiliki rumus molekul $C(CH_2OH)_4$ dengan berat molekul 136,15 g/mol. Senyawa ini bersifat non higroskopis, tidak berbau, tidak mudah menguap, stabil diudara, cukup larut dalam air dingin dan mudah larut dalam air panas serta hanya memiliki kelarutan terbatas dalam cairan organik (Keyes,1975).

Pentaeritritol mempunyai kegunaan yang penting dan peluang yang besar di masa sekarang dan yang akan datang. Pada tingkatannya, pentaeritritol merupakan senyawa yang menjadi bahan baku suatu pabrik yang akan menjadi bahan baku untuk pabrik yang lain. Pentaeritritol dimanfaatkan dalam bidang industri kimia sebagai bahan baku pembuatan *alkyd resin*. *Alkyd resin* merupakan polyester modifikasi minyak kompleks yang banyak digunakan diberbagai aplikasi industri. Adapun aplikasi *alkyd resin* pada perindustrian di Indonesia sangat luas meliputi Industri pengawetan kayu, Industri cat dan tinta cetak, industri kerajinan ukiran kayu, bidang tekstil untuk menghaluskan serat, bidang pelapis permukaan, dan bahan peledak, serta masih banyak industri lainnya (Maity,2009).

Pabrik pentaeritritol sangat dibutuhkan di Indonesia, Menurut Badan Pusat Statistik Indonesia, kebutuhan impor Pentaeritritol pada tahun 2014-2021 di Indonesia memiliki jumlah impor pentaeritritol yang terus mengalami peningkatan. Hal ini membuat devisa Negara di Indonesia semakin meningkat. Namun, untuk mengurangi importir di Indonesia, sangat dibutuhkan didirikan pabrikpenghasil pentaeritritol. Sehingga diharapkan pada tahun 2027 indonesia tidak lagi menjadi importir tetapi dapat menjadi pengeksport Pentaeritritol keluar negeri. Hal ini disebabkan karena belum adanya pabrik pentaeritritol di Indonesia sehingga untuk

memenuhi kebutuhan pentaeritritol diperoleh dari impor. Dengan adanya pabrik pentaeritritol juga Indonesia telah melakukan pembangunan dalam upaya peningkatan dan pengembangan pada industri - industri hulu yang membantu memproduksi bahan baku mentah untuk industri hilir di dalam negeri serta menunjang Indonesia dalam hal kebutuhan ekspor. Industri produksi Pentaeritritol berpotensi untuk menunjang bahan - bahan baku mentah bagi industri hilir dalam negeri serta meningkatkan nilai ekspor di dalam negeri. Selain itu, Dengan didirikannya pabrik Pentaeritritol dapat menambahkan lapangan kerja bagi para tenaga kerja dan meningkatkan nilai dalam segi sosial ekonomi.

1.2 Kegunaan Produk

Pentaeritritol merupakan bahan kimia setengah jadi yang menjadi bahan baku bagi industri hilir.

Tabel 1.1 Kegunaan Produk di Industri

Jenis Industri	Proses Pemakaian Pentaeritritol
<i>Resin Alkyd</i>	Esterifikasi pembentukan resin dengan asam bervalensi dua Alkoholis dengan asam tidak jenuh
Versin	Esterifikasi membentuk resin ester
<i>Explosive</i>	Reaksi nitrasi membentuk senyawa trinitrat yang memiliki sifat <i>Explosive</i>
Farmasi	Reaksi nitrasi membentuk senyawa trinitrat yang dipersiapkan untuk obat – obatan

Saat ini kegunaan pentaeritritol yang utama adalah untuk kebutuhan *Paints dan Coating. Drying oil* maupun *semi drying oil* atau asam lemak yang secara luas digunakan sebagai campuran *surface coating* yang memiliki keunggulan seperti cepat kering, mengkilap dan mempunyai kekerasan yang baik, awet, dan tahan terhadap air dan alkali. Selain itu pentaeritritol juga digunakan dalam berbagai produksi seperti: pernis, tinta cetak, pelapis lantai, dan kosmetik.

1.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan syarat utama bagi keberlangsungan pabrik, sehingga pengadaan bahan baku sangat penting untuk dipertimbangkan. Bahan baku yang digunakan untuk produksi pentaeritritol adalah formaldehid, asetaldehid, natrium hidroksida dan asam format. Bahan baku formaldehid dapat diperoleh dari PT Arjuna Utama Kimia, Surabaya, Jawa timur. Bahan baku asetaldehid diperoleh dari PT. Indo Acidatama, Karanganyar, Jawa Tengah. Bahan baku natrium hidroksida diperoleh dari PT. Toya Indo Manunggal, Jawa Timur. Serta bahan baku pendukung yaitu asam format diperoleh dari PT Sintas Kurama Perdana, Cikampek, Jawa Barat.

1.4 Kapasitas Prarancangan

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2014-2021 jumlah impor pentaeritritol di Indonesia terus mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena belum adanya pabrik pentaeritritol di Indonesia sehingga untuk memenuhi kebutuhan pentaeritritol diperoleh dari impor. Berikut merupakan data impor pentaeritritol dapat dilihat pada Tabel 1.2

Tabel 1. 2 Data Perkembangan Pentaeritritol di Indonesia

Tahun	Impor (Ton)	Pertumbuhan (%)
2014	5.269	-
2015	5.083	-3,53
2016	5.133	0,98
2017	5.628	9,64
2018	5.952	5,76
2019	5.022	-15,63
2020	5.024	0,04
2021	5.863	16,7
Jumlah	42.974	13,97
Rata-Rata	5.372	1,75

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2022)

Berdasarkan Tabel 1.2 tren pertumbuhan rata-rata impor pentaeritritol di Indonesia dari tahun 2014-2021 menunjukkan kenaikan permintaan rata-rata sebesar 1,75%. Sehingga dari tren tersebut pendirian pabrik pentaeritritol di Indonesia diharapkan mampu mendorong kemandirian Indonesia untuk memproduksi pentaeritritol dengan tujuan untuk mengurangi ketergantungan impor dari negara lain. Selain itu, di beberapa negara ASEAN seperti Malaysia, Singapura, Thailand, Philipina dan Vietnam masih memenuhi kebutuhan pentaeritritol dengan cara impor. Berikut merupakan Tabel 1.3 data total impor pentaeritritol di beberapa negara ASEAN

Tabel 1. 3 Data Total Impor Pentaeritritol di Negara ASEAN

Tahun	Impor (Ton)	Pertumbuhan (%)
2014	11.798	-
2015	13.135	11,33
2016	15.703	19,55
2017	13.158	-16,21
2018	13.191	0,25
2019	15.513	17,6
2020	15.262	-1,62
2021	16.789	10,01
Jumlah	114.549	40,92
Rata-Rata	14.319	5,11

(ComtradeUN, 2022)

Berdasarkan tabel tersebut diperoleh bahwa kebutuhan pentaeritritol di ASEAN menunjukkan kenaikan permintaan rata-rata 5,11%. Hal ini membuka peluang besar bagi Indonesia untuk mendirikan pabrik pentaeritritol guna memenuhi kebutuhan dalam negeri dan luar negeri khususnya di negara ASEAN.

Analisa kapasitas pabrik sejenis sangat berpengaruh dalam penentuan kapasitas pabrik. Hal tersebut didasari dari kebutuhan pentaeritritol yang masih

impor dan kapasitas pabrik ini harus sama dengan atau di atasnya kapasitas pabrik yang sudah beroperasi. Tabel 1.4 menunjukkan kapasitas pabrik pentaeritritol di dunia, dimana kapasitas pabrik berada pada kisaran 5.000 ton/tahun hingga 36.000 ton/tahun.

Tabel 1. 4 Data Pabrik Pentaeritritol di dunia

Pabrik	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
Mitsui Chemical	Jepang	8.000
Kanoria Chemicals & Industries	India	5000
Liyang Ruiyang Chemical	Cina	10.000
Copenor	Brazil	12.000
Hercules	US	22.000
Perstorp	Jerman	36.000
Baoding Guoxiu Chemical Industry	China	20.000
Ecros SA	Spanyol	17.000
U-Jin Chemizal	Korea Selatan	6.000
Celanese Chemical	Texas	34.000

(www.icis.com)

Apabila pabrik pentaeritritol dapat didirikan, maka akan mendukung pabrik-pabrik lain yang membutuhkan pentaeritritol sebagai bahan baku utama atau tambahan dan juga dapat meningkatkan devisa negara. Di sisi lain, berdirinya pabrik pentaeritritol dapat membuka lapangan kerja dan menekan tingkat pengangguran di Indonesia karena padatnya populasi penduduk di Indonesia.

Pabrik ini direncanakan akan berdiri pada tahun 2027 untuk memenuhi

kebutuhan pentaeritritol di Indonesia dan negara ASEAN. Dengan menggunakan data impor pada 8 tahun terakhir, dapat diperkirakan konsumsi pentaeritritol di Indonesia meningkat pada tahun 2027. Adapun metode yang digunakan yaitu dengan persamaan *compound interest* (Timmerhaus dkk, 2003).

$$F = P (1 + i)^n \dots \dots \dots (1.1)$$

Dimana:

F = Jumlah produk pada akhir tahun perhitungan (Ton/tahun)

i = Pertumbuhan rata-rata import per tahun (%)

P = Jumlah data import tahun pertama

n = Selisih tahun yang diperhitungkan

Sehingga untuk kebutuhan pentaeritritol di Indonesia pada tahun 2027:

$$\begin{aligned} F &= 5.863 (1 + 1,75\%)^6 \\ &= 6504,68 \end{aligned}$$

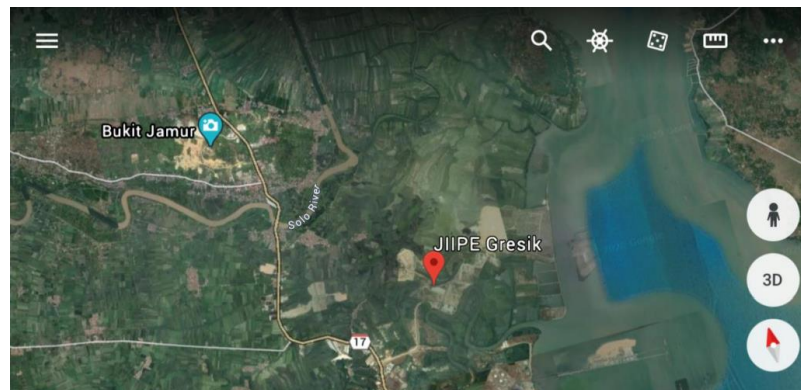
Untuk kebutuhan pentaeritritol di negara ASEAM pada tahun 2027 :

$$\begin{aligned} F &= 16.789 (1 + 5,11\%)^6 \\ &= 22.646,65 \end{aligned}$$

Setelah dilakukan perhitungan diperoleh data estimasi kebutuhan pentaeritritol di Indonesia dan negara ASEAN pada tahun 2027 masing masing sebesar 6.505 dan 22.647 Ton/tahun. Sehingga dapat ditetapkan kapasitas produksi pabrik yang akan didirikan pada tahun 2027 adalah sebesar 30.000 ton/tahun. Sehingga dapat ditetapkan kapasitas produksi pabrik yang akan didirikan pada tahun 2027 adalah sebesar 30.000 ton/tahun yaitu sebanyak 24% akan memenuhi kebutuhan di Indonesia dan 76% akan di ekspor untuk mengisi kekosongan pasar ASEAN. Kapasitas tersebut sudah cukup tepat dengan mempertimbangkan analisa impor dan pabrik sejenis yang ada di dunia.

1.5 Lokasi Pabrik

Penentuan lokasi pabrik yang tepat, ekonomis dan menguntungkan dipengaruhi oleh banyak faktor. Idealnya, lokasi yang dipilih harus dapat memberikan kemungkinan untuk memperluas atau memperbesar pabrik di kemudian hari dan memberikan keuntungan untuk jangka panjang. Pabrik pentaeritritol dari asetaldehid dan formaldehid dengan natrium hidroksida dengan kapasitas 30.000 ton/tahun direncanakan akan berdiri di kawasan industri JIPE Gresik, Jawa Timur dengan pertimbangan sebagai berikut.



Gambar 1.1 Lokasi pendirian pabrik pentaeritritol

(Sumber : <http://maps.google.com>)

1.5.1 Faktor Primer

Faktor primer merupakan faktor yang mempengaruhi tujuan utama dari pabrik tersebut yang meliputi produksi dan distribusi pabrik. Faktor-faktor primer yang mempengaruhi di dalam menentukan pemilihan lokasi pabrik adalah:

a) Bahan Baku

Lokasi bahan baku sangat mempengaruhi kelangsungan hidup suatu pabrik. Lokasi pabrik harus dekat dengan sumber bahan baku yaitu asetaldehid, formaldehid dan natrium hidroksida. Sumber Bahan baku formaldehid dapat diperoleh dari PT Arjuna Utama Kimia, Surabaya, Jawa timur. Bahan baku asetaldehid diperoleh dari PT Indo Acidatama, Jawa Tengah. Bahan baku

natrium hidroksida diperoleh dari PT Toyo Indo Manunggal, Jawa Timur. Serta bahan baku pendukung yaitu asam format diperoleh dari PT Sintas Kurama Perdana, Cikampek, Jawa Barat.

b) Pemasaran

Dengan berdirinya pabrik pentaeritritol di Kawasan Industri JIPE Gresik, Jawa Timur, maka pemasaran produk akan lebih mudah sampai ke konsumen, yaitu pabrik-pabrik yang menggunakan pentaeritritol sebagai bahan baku, baik yang berlokasi di Jawa maupun di luar Jawa dan diharapkan kebutuhan akan pentaeritritol bisa tercukupi, juga membuka kesempatan berdirinya industri-industri lain yang menggunakan pentaeritritol sebagai bahan baku.

Pemilihan pabrik di Gresik sebagai lokasi juga didasarkan pada kedekatannya dengan pasar, diantaranya PT Eternal Buana Chemical, PT Golden Bridge Chemical, PT Avi Avian, PT Gyungdo Indonesia, dll.

Pemasaran produk sebagian besar untuk mencukupi kebutuhan impor dalam negeri dengan prioritas utama pemasaran pentaeritritol antara lain, industri cat, *resin alkyd*, *surface coating*, PVC, dll. Produk yang dihasilkan haruslah sesuai dengan permintaan pasar yang akan membeli produk tersebut, baik dari segi kualitas produk, harga, bentuk dan sebagainya yang semua itu harus terpenuhi.

c) Iklim dan Cuaca

Kondisi iklim dan cuaca di wilayah ini relatif stabil. Dengan setengah bulan pertama kemarau dan setengah bulan kedua hujan. Namun perbedaan suhu yang terjadi tidak terlalu jauh atau relatif kecil, sehingga layak untuk didirikan.

d) Utilitas

Pabrik yang akan didirikan harus dekat dengan sumber air. Di Kawasan Industri JIPE Gresik dapat diperoleh air yang cukup untuk keperluan pabrik, baik untuk utilitas maupun keperluan pabrik lainnya. Ketersediaan air sebagai air bahan baku maupun air proses telah tercukupi dari sumber-sumber air yang ada di sekitar Kawasan Industri JIPE Gresik. Adanya Sungai Bengawan Solo dengan debit $684 \text{ m}^3/\text{s}$ di Gresik membuat kebutuhan air untuk pabrik sangat tercukupi.

Selain itu di JIPE Gresik telah tersedia pembangkit listrik 13 Megawatt sejak November 2017 yang dipastikan bertambah seiring bertambahnya pabrik dikawasan industri tersebut. Kebutuhan bahan bakar dapat diperoleh dari PT Pertamina (Persero).

e) Tenaga Kerja

Dengan akan didirikannya pabrik ini diharapkan akan membuka lapangan pekerjaan baru dan dapat menyerap tenaga kerja khususnya orang-orang disekitar pabrik ini yaitu di kawasan industri JIPE Gresik yang membutuhkan pekerjaan.

Kawasan industri yang dapat menunjang tenaga kerja ahli dan tenaga kerja biasa. Selain faktor di atas, pemilihan Gresik karena memiliki kemudahan dalam perizinan, pajak dan lain-lain yang menyangkut teknis pelaksanaan pendirian suatu pabrik dan tersedianya fasilitas umum, maka lokasi di Gresik dirasa tepat untuk lokasi pendirian pabrik pentaeritritol.

Melihat data statistik yang ada maka kebutuhan akan pentaeritritol dalam industri akan meningkat karena adanya peningkatan dalam data kebutuhan yang ada. Karena itu perlu dilakukan perkembangan untuk memproduksi pentaeritritol untuk mencukupi kebutuhan tersebut dan mengurangi angka impor Indonesia akan pentaeritritol.

f) Transportasi

Transportasi dibutuhkan sebagai penunjang, terutama untuk penyediaan bahan baku, pengangkutan produk, dan pemasaran. Gresik memiliki sarana dan prasarana baik. Sarana transportasi, kedekatan dengan pelabuhan Manyar dalam Kawasan Industri JIPE, dan adanya tol sebagai transportasi darat yang berada di Gresik, serta kawasan ini sekitar 1 jam dari Bandar Udara Internasional Juanda sehingga memudahkan untuk melakukan hubungan ke daerah yang lainnya.

1.5.2 Faktor Sekunder

Dalam hal ini faktor sekunder tidak berperan secara langsung dalam

operasional proses pabrik. Faktor ini akan berpengaruh terhadap kelancaran proses operasional dalam pendirian pabrik. faktor sekunder terdiri dari :

a) Perluasan area pabrik

Perluasan pabrik dan kemungkinan penambahan bangunan di masa yang akan datang. Perluasan pabrik harus diperhitungkan sebelum masalah kebutuhan tempat menjadi masalah besar di masa yang akan datang. Sejumlah area khusus harus dipersiapkan untuk perluasan pabrik jika dimungkinkan pabrik menambah kapasitas produksi atau ingin mengolah bahan baku sendiri, memerlukan adanya penambahan peralatan.

Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Gresik Tahun 2010 – 2013 rencana peruntukan penggunaan lahan untuk kawasan industri Kabupaten Gresik adalah sebesar 12.448,026 hektar serta karena pabrik ini berada di kawasan industri JIPE yang memiliki luas kawasan industri sebesar 1.761 hektar maka pabrik ini sangat memungkinkan untuk perluasan pabrik dan peningkatan kapasitas.

b) Kebijakan Pemerintah

Undang-undang dan peraturan-peraturan perlu diperhatikan dalam pemilihan lokasi pabrik, karena jika dalam pendirian suatu pabrik ada hal yang bertentangan dengan undang-undang dan peraturan-peraturan maka kelangsungan suatu pabrik terancam. Oleh karena itu lokasi yang telah dipilih merupakan di daerah untuk kawasan industri sehingga akan memudahkan perjanjian dalam perijinan pabrik maupun peraturan-peraturan yang akan diberlakukan oleh pihak setempat. Faktor sekunder tidak secara langsung berperan dalam proses industri, akan tetapi sangat berpengaruh dalam kelancaran proses produksi dari pabrik tersebut.

c) Kemasyarakatan

Dengan masyarakat yang akomodatif terhadap perkembangan industri dan tersedianya fasilitas umum untuk hidup bermasyarakat, maka lokasi di Gresik dirasa tepat. Dari pertimbangan faktor-faktor di atas, maka lokasi pendirian pabrik Pentaeritritol di daerah Gresik, Jawa Timur.

d) Sarana dan Prasarana Sosial

Sarana dan Prasarana sosial yang disediakan berupa penyediaan sarana umum seperti tempat ibadah, sekolah, rumah sakit serta adanya penyediaan bengkel industri.

e) Limbah Pabrik

Buangan limbah pabrik harus mendapat perhatian yang cermat, terutama dampaknya terhadap kesehatan masyarakat sekitar lokasi pabrik. Hal-hal yang perlu diperhatikan diantaranya :

- 1). Cara menangani limbah tersebut agar tidak menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan.
- 2). Biaya yang perlu diperhatikan untuk menanganani masalah polusi bagi lingkungan.
- 3) Pengontrolan terhadap bahaya banjir dan kebakaran Hal-hal yang perlu diperhatikan :
 - Jarak lokasi pabrik dengan lokasi perumahan penduduk.
 - Lokasi pabrik diusahakan tidak berada di lokasi rawan banjir.

BAB II

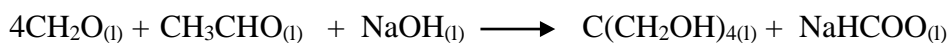
DESKRIPSI PROSES

2.1 Macam-macam Proses

Secara garis besar, pentaeritritol diproduksi dengan mereaksikan formaldehid dan asetaldehid dalam larutan basa alkali. Namun, yang umum digunakan adalah $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan NaOH . Beberapa reaksi samping terjadi saat sintesis pentaeritritol berlangsung dan menghasilkan produk samping. Hal tersebut menyebabkan banyak dilakukan modifikasi proses produksi pentaeritritol dengan tujuan memperbesar yield pentaeritritol. Akibatnya, terdapat banyak cara pembuatan pentaeritritol yang dapat dijumpai. Terdapat dua metode yang umum digunakan dalam pembuatan pentaeritritol berdasarkan media alkalinya yaitu:

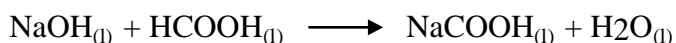
2.1.1 Natrium Hidroksida sebagai Media Alkali

Pentaeritritol dibuat dari CH_2O dan $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$. Larutan CH_2O di tambahkan ke dalam larutan NaOH . Larutan $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ ditambahkan secara perlahan di permukaan larutan alkali CH_2O . Reaksi terjadi secara eksotermis. Kondisi operasi pada suhu 45°C dan waktu 40 menit dengan tekanan 1 atm. Rasio mol formaldehid, asetaldehid dan Natrium hidroksida digunakan adalah 7,7:1:1,06 dengan konversi reaksi 91,5%. Berikut merupakan reaksi pembentukan pentaeritritol yang terjadi.



Selain itu juga terbentuk methanol sebagai reaksi samping.

Kemudian, hasil dari reaktor dimasukkan ke dalam tangki netralisasi untuk menghilangkan sisa natrium hidroksida dengan menggunakan asam format. Berikut reaksi yang terjadi

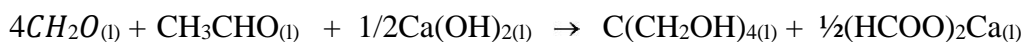


Selanjutnya, larutan tersebut dibuang dari pengotornya kemudian di pekatkan sebelum masuk ke crystallizer untuk dikristalisasi. Produk utama akan di kristalisasi dan dikeringkan menjadi padatan pentaeritritol. Metode ini sama seperti metode pertama hanya saja pada metode ini berdasarkan hasil pendekatan

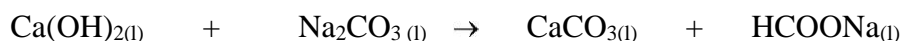
ilmiah diperoleh bahwa NaOH memiliki kereaktifan lebih rendah dibandingkan dengan KOH dan dalam menghasilkan produk pentaeritritol tidak banyak produk samping yang dapat mengkontaminasi kemurnian dari pentaeritritol. Oleh karena itu *yield* yang diperoleh memiliki kemurnian yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode pertama (US Patent 8,293,950 B2; Peter & Cupit, 1959).

2.1.2 Kalsium Hidroksida sebagai Media Alkali

Pada metode ini, pentaeritritol dibuat dengan menggunakan Ca(OH)_2 sebagai media alkalinya. CH_2O dan $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ yang telah direaksikan dengan Ca(OH)_2 dimasukkan ke dalam reaktor. Kondisi operasi pada proses ini dijaga sekitar 50°C dengan tekanan 1 atm. Proses ini membutuhkan waktu selama 2 jam dengan konversi reaksi 80%. Reaksi yang terjadi di dalam reaktor menurut Keyes (1961) yaitu :



Selain itu terjadi reaksi samping. Kemudian, ditambahkan Natrium Karbonat untuk menetralkan kandungan kalsium hidroksida yang berlebih untuk mengendapkan ion kalsium (Ca^{2+}) menjadi kalsium karbonat (CaCO_3). Reaksi penetralan Ca(OH)_2 yang terjadi yaitu :



Pada netralizer dengan Ph sekitar 7,5 - 6,5. Kemudian, di ditambahkan asam sulfat untuk mengendapkan kalsium menjadi kalsium sulfat. Selanjutnya slurry difiltrasi dari kalsium sulfat. Setelah difiltrasi, slurry dipekatkan dan dimasukkan ke dalam kristalisasi. Setelah itu, di sentrifugal dan di keringkan menggunakan rotary dryer. Proses ini menghasilkan produk samping yang dapat mengganggu produk pentaeritritol yang diinginkan. Dikarenakan adanya pengotor tersebut sehingga memerlukan proses pemurnian yang lebih rumit untuk mendapatkan produk pentaeritritol dengan *yield* yang besar. Hal ini menyebabkan meningkatnya biaya kebutuhan alat sehingga proses ini tidak ekonomis. Kristal dalam proses ini warnanya tidak putih, karena produk reaksi samping, sehingga perlu proses pemurnian lebih lanjut. (Maity, 2009).

2.2 Berdasarkan Termodinamika

Pemilihan proses berdasarkan kelayakan termodinamika dapat dilihat dari nilai perubahan entalpi (ΔH) dan perubahan gibbs free energy (ΔG). Pada sebuah proses kimia perlu diketahui bagaimana kondisi panas reaksi untuk sebuah proses berjalan dengan optimal sehingga diketahui apakah proses berjalan membutuhkan panas atau menghasilkan panas sebagai dasar dalam mendesain reaktor (Smith et al., 2001).

Proses dengan sistem tertutup, bertekanan konstan dan reversible secara mekanis, aliran stabil dimana nilai energi potensial dan energi kinetik diabaikan dan kerja sama dengan nol maka panas reaksi sama dengan perubahan entalpi sistem (ΔH). ΔH negatif menunjukkan reaksi eksotermis, konstanta kesetimbangan berkurang dan temperatur meningkat, sebaliknya ΔH positif menunjukkan reaksi endotermis (Smith et al., 2001).

Panas reaksi standar didefinisikan sebagai perubahan entalpi ketika sejumlah reaktan pada keadaan temperatur standarnya bereaksi membentuk produk dalam keadaan temperatur standarnya (Smith et al., 2001).

Nilai perubahan entalpi (ΔH) negatif menunjukkan reaksi berjalan secara eksotermis sedangkan nilai perubahan entalpi positif menunjukkan reaksi endotermis (Coulson et. al., 2002).

Sebuah reaksi kimia pada suhu dan tekanan tertentu berlangsung pada penurunan nilai gibbs free energy. Reaksi kimia berhenti dan berada pada kesetimbangan kimia ketika nilai gibbs free energy mencapai nilai minimum sedangkan reaksi kimia tidak dapat berlangsung ketika nilai gibbs free energy meningkat (Cengel).

ΔG atau perubahan Gibbs free energy yang mengidentifikasi apakah sebuah proses berjalan secara spontan ($\Delta G < 0$), pada kesetimbangan ($\Delta G = 0$) atau proses tidak dapat dilanjutkan ($\Delta G > 0$) (Lee, 2000). Sehingga perlu diperhatikan nilai ΔG untuk memilih proses mana yang lebih menguntungkan secara termodinamik. Nilai ΔH dan ΔG reaksi dari ketiga proses dapat dihitung sebagai berikut:

Tinjauan secara termodinamika bertujuan untuk mengetahui apakah reaksi bersifat endotermis atau eksotermis. Penentuan panas reaksi yang berjalan secara eksotermis atau endotermis dapat dihitung melalui perhitungan panas pembentukan

standar ΔH_f° pada $P= 1 \text{ atm}$ dan $T = 298 \text{ K}$. Nilai ΔH_f° masing-masing komponen pada suhu 298 K dapat dilihat pada tabel 2.2

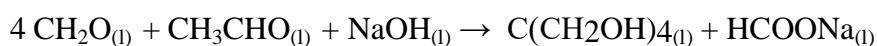
Tabel 2.1 Nilai ΔH_f° dan ΔG_f° komponen

Komponen	ΔH_f° (kJ/mol)	ΔG_f° (kJ/mol)
Formaldehid (CH ₂ O)	115,9	-102,5
Asetaldehid (C ₂ H ₄ O)	-166,3	-133
Natrium Hidroksida (NaOH)	-426,6	-379,5
Pentaeritritol (C ₅ H ₁₂ O ₄)	-922,23	-607,1
Natrium Format (HCOONa)	-666,5	-599,9
Asam Format (CH ₂ O ₂)	-378,6	-351
Metanol (CH ₃ OH)	-284,49	-233,16
Air (H ₂ O)	-285,83	-237,13
Kalsium Format (Ca(HCOO) ₂)	-998,5	-678
Kalsium Hidroksida (CaOH) ₂	-985	-897,5

(Yaws, 1999)

a. Media Alkali Natrium Hidroksida

Reaksi utama pembuatan Pentaeritritol :



- Menghitung nilai entalpi reaksi (ΔH°) pada (ΔH°) pada 25°C atau 298,15 K

$$\Delta H_f^\circ \text{ 298 K} = \Delta H_f^\circ \text{ produk} - \Delta H_f^\circ \text{ reaktan}$$

$$\Delta H_r^\circ \text{ 298 K} = (\Delta H_f^\circ \text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_7(l) + (\Delta H_f^\circ \text{NaHCOO}_{(l)})) - ((4 \times \Delta H_f^\circ \text{HCHO}_{(l)}) + \Delta H_f^\circ \text{CH}_3\text{CHO} + \Delta H_f^\circ \text{NaOH}_{(l)})$$

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ \text{ 298 K} &= ((-922,23) + (-666,5)) - (4 \times 115,9) + (-166,2) + (-426,6) \\ &= -1.459,53 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

- Menghitung nilai entalpi reaksi (ΔH°) pada suhu operasi

Untuk menghitung ΔH° pada suhu tertentu menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta H^\circ = \Delta H_0^\circ + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT$$

Untuk mencari nilai $\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT$ menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = \Delta A(T - T_0) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right)$$

Maka nilai ΔH° adalah:

$$\Delta H^\circ = \Delta H_0^\circ + R \left[\Delta A(T - T_0) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right) \right]$$

(Smith, 2001)

Untuk mencari nilai ΔA , ΔB , ΔC , dan ΔD harus diketahui nilai konstanta C_p masing-masing senyawa yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 nilai konstanta C_p

Komponen	A	B	C	D	$\int \Delta C_p^\circ dT$
CH ₂ O _(l)	44,22	0,399	-1,54x10 ⁻³	3,03x10 ⁻⁶	3936,52
C ₂ H ₄ O _(l)	31,39	0,44853	-1,661x10 ⁻³	2,7x10 ⁻⁶	3235,73
NaOH _(l)	87,64	-4,837x10 ⁻⁴	-4,542x10 ⁻⁶	1,19x10 ⁻⁹	3047,49
C ₅ H ₁₂ O _{4(l)}	-	9,5192	-1,668x10 ⁻³	1,034x10 ⁻⁵	8302,88
	1429,775				
NaHCOO _(l)	-16,1	0,872	-0,00237	0,00000245	3501,49

Dimana:

$$R = 8,314$$

$$T = 60^\circ\text{C} = 333,15 \text{ K}$$

$$T_0 = 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\Delta H^\circ_{298} = \Delta H_0^\circ = -3,753 \text{ kJ/mol}$$

Maka diperoleh nilai:

$$\begin{aligned}\Delta A &= (A \text{ C}_5\text{H}_{12}\text{O}_{7(l)} + (A \text{ NaHCOO}_{(l)})) - ((4x A \text{ HCHO}_{(l)} + A \text{ CH}_3\text{CHO} + A \\ &\text{NaOH}_{(l)}) \\ &= -1630,669\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama untuk menentukan ΔA , didapatkan nilai ΔB , ΔC , dan ΔD sebagai berikut:

$$\Delta B = 7,444$$

$$\Delta C = -0,00885$$

$$\Delta D = -4,47568-06$$

Selanjutnya, substitusikan nilai ΔA , ΔB , ΔC , dan ΔD pada rumus ΔH° , sebagai berikut:

$$\Delta H^\circ = \Delta H_0^\circ + R \left[\Delta A(T - T_0) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right) \right]$$

$$\Delta H^\circ = \Delta H_0^\circ + R \left[\Delta A(T - T_0) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right) \right]$$

$$\begin{aligned}\Delta H^\circ &= -1459,53 + 8,314 \left[-1630,669(335,15 - 298,15) + \frac{7,444}{2}(335,15^2 - \right. \\ &298,15^2) + \frac{-0,0088}{3}(335,15^3 - 298,15^3) \pm 4,47568E - 06 \left(\frac{335,15 - 298,15}{(335,15)(298,15)} \right) \left. \right]\end{aligned}$$

$$\Delta H^\circ = -7198,6223 \text{ kJ/mol}$$

Diperoleh nilai ΔH° pada reaksi sebesar - 7198,6223 kJ/mol

- Menghitung nilai *gibbs free energy* (ΔG°) pada 25°C atau 298,15 K

$$\Delta G^\circ 298 \text{ K} = \Sigma(n\Delta G_f^\circ) \text{ produk} - \Sigma(n\Delta G_f^\circ) \text{ reaktan}$$

$$\begin{aligned}\Delta G_r^\circ 298 \text{ K} &= (\Delta G_f^\circ \text{ C}_5\text{H}_{12}\text{O}_{7(l)} + (\Delta G_f^\circ \text{ NaHCOO}_{(l)})) - ((4x\Delta G_f^\circ \text{ HCHO}_{(l)} \\ &+ \Delta G_f^\circ \text{ CH}_3\text{CHO} + \Delta G_f^\circ \text{ NaOH}_{(l)})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ 298 \text{ K} &= ((-607,1)+(-599,9)) - (4 \times 102,5) + (-379,5) + (-133)) \\ &= -284,5 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

- Menghitung nilai *gibbs free energy* (ΔG°) pada suhu operasi

Untuk menghitung ΔG° pada suhu tertentu menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta G^\circ = \Delta H_0^\circ - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0^\circ - \Delta G_0^\circ) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T}$$

Untuk mencari nilai $\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT$ menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = \Delta A(T - T_0) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right)$$

Untuk mencari nilai $\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T}$ menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T} = \Delta A \ln \frac{T}{T_0} + \left[\Delta B + \left(\Delta C + \frac{\Delta D}{T_0^2 \times T^2} \right) \left(\frac{T + T_0}{2} \right) \right] (T - T_0)$$

Maka nilai ΔG° adalah:

$$\Delta G^\circ = \Delta H_0^\circ - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0^\circ - \Delta G_0^\circ) + R \left[\Delta A(T - T_0) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right) \right] - RT \left[\Delta A \ln \frac{T}{T_0} + \left[\Delta B + \left(\Delta C + \frac{\Delta D}{T_0^2 \times T^2} \right) \left(\frac{T + T_0}{2} \right) \right] (T - T_0) \right]$$

(Smith, 2001)

Untuk mencari nilai ΔA , ΔB , ΔC , dan ΔD harus diketahui nilai konstanta C_p masing-masing senyawa yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.



Dimana:

$$R = 8,314$$

$$T = 60^\circ\text{C} = 333,15 \text{ K}$$

$$T_0 = 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\Delta H^\circ_{298} = \Delta H_0^\circ = -1459,53 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ_{298} = \Delta G_0^\circ = -106,53 \text{ kJ/mol}$$

Maka diperoleh nilai:

$$\begin{aligned}\Delta A &= (A \text{ C}_5\text{H}_{12}\text{O}_7(l) + (A \text{ NaHCOO}(l))) - ((4x A \text{ HCHO}(l) + A \text{ CH}_3\text{CHO} + A \\ &\text{NaOH}(l)) \\ &= -1630,669\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama untuk menentukan ΔA , didapatkan nilai ΔB , ΔC , dan ΔD sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\Delta B &= 7,444 \\ \Delta C &= -0,00885 \\ \Delta D &= -4,47568-06\end{aligned}$$

Selanjutnya, substitusikan nilai ΔA , ΔB , ΔC , dan ΔD pada rumus ΔG° , sebagai berikut:

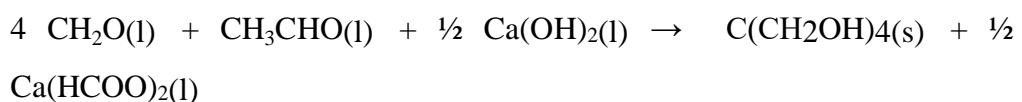
$$\Delta G^\circ = \Delta H_0^\circ - \frac{T}{T_0}(\Delta H_0^\circ - \Delta G_0^\circ) + R \left[\Delta A(T - T_0) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right) \right] - RT \left[\Delta A \ln \frac{T}{T_0} + \left[\Delta B + \left(\Delta C + \frac{\Delta D}{T_0^2 \times T^2} \right) \left(\frac{T + T_0}{2} \right) \right] (T - T_0) \right]$$

$$\Delta G^\circ = -71636686,9 \text{ kJ/mol}$$

Diperoleh nilai ΔG° pada reaksi ini sebesar -71636686,9 kJ/mol

b. Media Alkali Kalsium Hidroksida

Reaksi utama pembuatan Pentaeritritol :



- Menghitung nilai entalpi reaksi (ΔH°) pada (ΔH°) pada 25°C atau 298,15 K
 $\Delta H^\circ_{f, 298 \text{ K}} = \Delta H^\circ_{f, \text{produk}} - \Delta H^\circ_{f, \text{reaktan}}$
 $\Delta H^\circ_{r, 298 \text{ K}} = (\Delta H^\circ_{f, \text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_7(l)} + (\Delta H^\circ_{f, 1/2 \text{ Ca}(\text{HCOO})_2(l)})) - ((4x \Delta H^\circ_{f, \text{HCHO}(l)} + \Delta H^\circ_{f, \text{CH}_3\text{CHO}} + \Delta H^\circ_{f, 1/2 \text{ Ca}(\text{OH})_2(l)})$
 $= -1.296,28 \text{ kJ/mol}$

- Menghitung nilai entalpi reaksi (ΔH°) pada suhu operasi

Untuk menghitung ΔH° pada suhu tertentu menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta H^\circ = \Delta H_0^\circ + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT$$

Untuk mencari nilai $\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT$ menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = \Delta A(T - T_0) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right)$$

Maka nilai ΔH° adalah:

$$\Delta H^\circ = \Delta H_0^\circ + R \left[\Delta A(T - T_0) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right) \right]$$

(Smith, 2001)

Untuk mencari nilai ΔA , ΔB , ΔC , dan ΔD harus diketahui nilai konstanta C_p masing-masing senyawa yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 nilai konstanta C_p

Komponen	A	B	C	D	$\int \Delta C_p^\circ dT$
$\text{CH}_2\text{O}_{(l)}$	44,22	0,399	$-1,54 \times 10^{-3}$	$3,03 \times 10^{-6}$	3936,52
$\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_{(l)}$	31,39	0,44853	$-1,66 \times 10^{-3}$	$2,7 \times 10^{-6}$	3235,73
$\text{Ca}(\text{OH})_{2(l)}$	19,7	0,0108	0	0	3047,49
$\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_{4(l)}$	-	9,5192	$-1,67 \times 10^{-2}$	$1,034 \times 10^{-5}$	8302,88
	1429,775				
$\text{Ca}(\text{HCOO})_{2(l)}$	-16,1	0,872	-0,00237	0,00000245	3501,49

Dimana:

$$R = 8,314$$

$$T = 50^\circ\text{C} = 323,15 \text{ K}$$

$$T_0 = 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\Delta H^\circ_{298} = \Delta H^\circ_0 = -3,753 \text{ kJ/mol}$$

Maka diperoleh nilai:

$$\begin{aligned} \Delta A &= (\Delta A_{\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_7(l)} + (\Delta A_{1/2\text{Ca}(\text{HCOO})_2(l)})) - ((4 \times \Delta A_{\text{HCHO}(l)} + \Delta A_{\text{CH}_3\text{CHO}} + \Delta A_{1/2\text{Ca}(\text{OH})_2(l)}) \\ &= -1634,1 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama untuk menentukan ΔA , didapatkan nilai ΔB , ΔC , dan ΔD sebagai berikut:

$$\Delta B = 7,44127$$

$$\Delta C = -0,00886$$

$$\Delta D = -4,477\text{E-}06$$

Selanjutnya, substitusikan nilai ΔA , ΔB , ΔC , dan ΔD pada rumus ΔH° , sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta H^\circ &= \Delta H^\circ_0 + R \left[\Delta A(T - T_0) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right) \right] \\ \Delta H^\circ &= -1302,93 + 8,314 \left[-1630,15(323,15 - 298,15) + \frac{7,4079}{2}(323,15^2 - 298,15^2) + \frac{-0,00886}{3}(323,15^3 - 298,15^3) + -8,1838\text{E} - 07 \left(\frac{323,15 - 298,15}{(323,15)(298,15)} \right) \right] \\ \Delta H^\circ &= -7201,2547 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Diperoleh nilai ΔH° pada reaksi sebesar $-7201,2547 \text{ kJ/mol}$

- Menghitung nilai *gibbs free energy* (ΔG°) pada 25°C atau $298,15 \text{ K}$

$$\Delta G^\circ_{298 \text{ K}} = \Sigma(n\Delta G^\circ_f)_{\text{produk}} - \Sigma(n\Delta G^\circ_f)_{\text{reaktan}}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_{r,298 \text{ K}} &= (\Delta G^\circ_f \text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_7(l) + (\Delta G^\circ_f 1/2\text{Ca}(\text{HCOO})_2(l))) - ((4 \times \Delta G^\circ_f \text{HCHO}(l) \\ &+ \Delta G^\circ_f \text{CH}_3\text{CHO} + \Delta G^\circ_f 1/2 \text{Ca}(\text{OH})_2(l)) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta G^\circ_{298 \text{ K}} &= ((-607,1) + (-1/2 \times 678)) - (4 \times 410) + (-133) + (-1/2 \times 897,5)) \\ &= 45,65 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

- Menghitung nilai *gibbs free energy* (ΔG°) pada suhu operasi

Untuk menghitung ΔG° pada suhu tertentu menggunakan persamaan sebagai

berikut:

$$\Delta G^\circ = \Delta H_0^\circ - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0^\circ - \Delta G_0^\circ) + R \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT - RT \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T}$$

Untuk mencari nilai $\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT$ menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} dT = \Delta A(T - T_0) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right)$$

Untuk mencari nilai $\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T}$ menggunakan persamaan sebagai berikut:

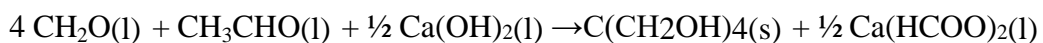
$$\int_{T_0}^T \frac{\Delta C_p^\circ}{R} \frac{dT}{T} = \Delta A \ln \frac{T}{T_0} + \left[\Delta B + \left(\Delta C + \frac{\Delta D}{T_0^2 \times T^2} \right) \left(\frac{T + T_0}{2} \right) \right] (T - T_0)$$

Maka nilai ΔG° adalah:

$$\Delta G^\circ = \Delta H_0^\circ - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0^\circ - \Delta G_0^\circ) + R \left[\Delta A(T - T_0) + \frac{\Delta B}{2}(T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3}(T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{TT_0} \right) \right] - RT \left[\Delta A \ln \frac{T}{T_0} + \left[\Delta B + \left(\Delta C + \frac{\Delta D}{T_0^2 \times T^2} \right) \left(\frac{T + T_0}{2} \right) \right] (T - T_0) \right]$$

(Smith, 2001)

Untuk mencari nilai ΔA , ΔB , ΔC , dan ΔD harus diketahui nilai konstanta Cp masing-masing senyawa yang dapat dilihat pada Tabel 2.3.



Dimana:

$$R = 8,314$$

$$T = 50^\circ\text{C} = 323,15 \text{ K}$$

$$T_0 = 25^\circ\text{C} = 298,15 \text{ K}$$

$$\Delta H^\circ_{298} = \Delta H_0^\circ = -1296,28 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ_{298} = \Delta G_0^\circ = 45,65 \text{ kJ/mol}$$

Maka diperoleh nilai:

$$\Delta A = (A \text{ C}_5\text{H}_{12}\text{O}_7(l) + (A \frac{1}{2}\text{Ca}(\text{HCOO})_2(l))) - ((4x A \text{HCHO}(l) + A \text{CH}_3\text{CHO} +$$

$$\begin{aligned} A \text{ 1/2 Ca(OH)}_{2(l)} \\ = 1634,1 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama untuk menentukan ΔA , didapatkan nilai ΔB , ΔC , dan ΔD sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Delta B &= 7,441 \\ \Delta C &= -0,00885 \\ \Delta D &= -4,477E-06 \end{aligned}$$

Selanjutnya, substitusikan nilai ΔA , ΔB , ΔC , dan ΔD pada rumus ΔG° , sebagai berikut:

$$\Delta G^\circ = \Delta H_0^\circ - \frac{T}{T_0} (\Delta H_0^\circ - \Delta G_0^\circ) + R \left[\Delta A (T - T_0) + \frac{\Delta B}{2} (T^2 - T_0^2) + \frac{\Delta C}{3} (T^3 - T_0^3) + \Delta D \left(\frac{T - T_0}{T T_0} \right) \right] - RT \left[\Delta A \ln \frac{T}{T_0} + \left[\Delta B + \left(\Delta C + \frac{\Delta D}{T_0^2 \times T^2} \right) \left(\frac{T + T_0}{2} \right) \right] (T - T_0) \right]$$

$$\Delta G^\circ = -73614124,57 \text{ kJ/mol}$$

Diperoleh nilai ΔG° pada reaksi ini sebesar $-73614124,57 \text{ kJ/mol}$

2.3 Pemilihan proses

Berikut merupakan perbandingan proses pembuatan Pentaeritritol, dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Perbandingan Proses

Parameter	Proses	
	Menggunakan Kalsium Hidroksida	Menggunakan Natrium Hidroksida
Kondisi Operasi	T = 50 °C P = 1 atm t = 2 jam	T = 60 °C P = 1 atm t = 40 menit
Reaktor	CSTR	CSTR

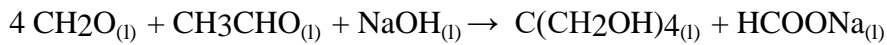
Bahan baku	Formaldehid (lokal), Asetaldehid (lokal), Kalsium Hidroksida (lokal), Kalsium Karbonat (lokal)	Formaldehid (lokal), Asetaldehid (lokal), Natrium Hidroksida (lokal), Asam Format (lokal)
Produk Samping	- Kalsium Format - Kalsium Karbonat - Natrium Format - Methanol	- Natrium Format - Methanol
Konversi	80%	91,5%
ΔH°	7201,2547 kJ/mol	7198,6223 kJ/mol
ΔG°	73614124,57 kJ/mol	71636686,89 kJ/mol

Oleh karena itu, berdasarkan perbandingan kami memilih metode kedua dengan media alkali natrium Hidroksida dengan alasan;

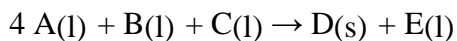
1. Komersial dalam arti telah banyak digunakan
2. Dapat mencapai konversi lebih besar yaitu 91,5%
3. Proses beroperasi pada waktu yang lebih sebentar, hal ini dimaksudkan untuk mengurangi biaya yang tinggi.
4. Membutuhkan lebih sedikit energi untuk menjalankan reaksi
5. Tidak banyak peralatan karena akan memperbesar biaya investasi
6. Produk samping berupa sodium format dapat memiliki banyak manfaat, diantaranya sebagai bahan pemutih, pelumas, pengatur viskositas, pembuatan deterjen cair, serta dapat juga digunakan sebagai bahan pembuat asam format.

2.4 Tinjauan Kinetika

Reaksi antara CH_2O , $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$, dengan NaOH dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:



Dengan A *formaldehyde*, B *acetaldehyde*, C natrium hidroksida, D *pentaerythritol*, dan E sodium format, maka secara kinetika persamaan reaksi di atas dapat dituliskan sebagai berikut :



Reaksi pembuatan pentaerythritol merupakan reaksi terhadap acetaldehyde dengan nilai konstanta kecepatan reaksi sebagai berikut :

$$k_1 = 1,82 \times 10^{17} \exp\left(-\frac{22800}{RT}\right) \quad \text{mol/jam}$$

(Peters and Cupit, 1959).

Untuk reaksi samping antara CH_2O sisa dengan NaOH sisa dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:



Dengan nilai k

$$k_2 = 4,85 \times 10^{15} \exp\left(-\frac{23645}{RT}\right) \quad \text{mol/jam}$$

(Peters and Cupit, 1959).

2.5 Kondisi Operasi

Pada prarancangan ini dipilih kondisi operasi pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm.

Pada reaksi ini digunakan perbandingan ratio molar formaldehid : asetaldehid : natrium hidroksida = 7,7:1:1,06 dengan konversi terhadap asetaldehid 91,5% (US Patent 8,293,950 B2).

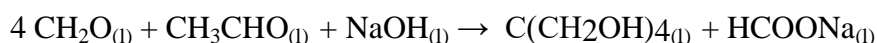
2.6 Tahapan Proses

Proses pembuatan pentaeritritol dapat dibagi dalam empat tahap, yaitu :

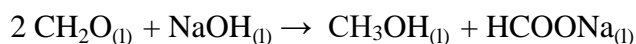
1. Tahap penyiapan bahan baku
2. Tahap reaksi atau pembentukan *pentaerythritol*
3. Tahap pemisahan dan pemurnian
4. Tahap pengeringan

Didalam reaktor (RE-201) terjadi reaksi samping pembentukan pentaeritritol dan produk sampingnya, yaitu methanol.

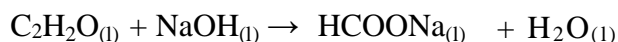
- a. Reaksi Utama



- b. Reaksi samping



- c. Serta terdapat reaksi penetralan di Netraliser

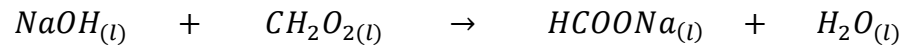


2.6.1 Tahap Persiapan

Proses produksi diawali dengan proses persiapan bahan baku. Larutan berupa CH_2O dan larutan basa (NaOH) diaduk di *Mix Tank* (MT-101) dengan suhu 45°C dengan tekanan 1 atm selama 2 menit. kemudian dicampur di *Mix point* dengan larutan asetaldehid diumpan menuju reaktor dan dipanaskan terlebih dahulu menggunakan *heater* hingga suhu 60°C untuk menyesuaikan kondisi operasi pada reaktor (RE-201).

2.6.2 Tahap Reaksi atau Pembentukan Pentaeritritol

Selanjutnya CH_2O , $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$, dan larutan basa (NaOH) dialirkan menuju reaktor (RE-201) dengan perbandingan mol 7,7 : 1 : 1,06 selama 40 menit dengan tekanan 1 atm dan suhu akhir dijaga 60°C menggunakan air pendingin. Keluaran dari reaktor yaitu $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_4$ dan HCOONa , produk samping berupa NaOH dan CH_2O yang kemudian dialirkan ke netralizer (NE-201) untuk menetralkan NaOH yang tersisa menggunakan CH_2O_2 (asam format) serta CH_3OH serta sisa bahan baku berupa $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ berupa gas yang direcycle ke reaktor. Untuk reaksi penetralan sebagai berikut:



2.6.3 Tahap Pemisahan dan Pemurnian

HCOONa yang telah terbentuk harus dihilangkan dengan cara di sentrifugasi di *Centrifuge* (CF-301). Kemudian dilanjutkan ke Evaporator (EV-301) untuk dipekatkan. Produk atas berupa CH₂O, H₂O, dan CH₃OH berfase uap dikondansasi untuk merubah ke fasa cair sebelum dibuang. Sedangkan produk bawah adalah C₅H₁₂O₄ dan sebagian H₂O dalam fase larutan. Produk kemudian dimasukkan ke *crystallizer* (CR-401) untuk proses pengkristalan. Hasil dari *crystallizer* (CR-301) adalah C₅H₁₂O₄ padat yang nantinya akan diumpankan ke *centrifuge* (CF-402) untuk proses pemisahan pentaeritritol dengan mother liquor. Mother liquor dari *centrifuge* (CF-402) dialirkan ke unit pengolahan limbah.

2.6.4 Tahap Pengeringan

Cake yang mengandung kristal *pentaerythritol* basah diumpankan menuju rotary dryer dengan menggunakan udara bebas dengan suhu 100°C yang Kemurnian produk pentaerythritol yang dihasilkan ±98%.

BAB III

SPESIFIKASI BAHAN BAKU DAN PRODUK

3.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk

3.1.1 Spesifikasi Bahan Baku

a. *Formaldehyde* (CH₂O)

- Berat Molekul : 30,03 g/mol
- Fasa : cair
- Warna : tidak berwarna
- Titik didih : 93 °C
- Titik leleh : -15 °C
- Titik nyala : 62 °C
- Titik kritis : 135 °C
- Tekanan kritis : 65 atm
- Densitas : 0,815 gr/cm³
- Kelarutan (air dingin) : Mudah larut
- Kelarutan (air panas) : Mudah larut
- Kelarutan (pelarut lain) : larut dalam dietileteter, alkohol, aseton
- Kemurnian : 37%
- Impurities : - Methanol 10%
: - Air 53%

(Perry,1997)

b. *Acetaldehyde* (C₂H₄O)

- Berat molekul : 44,05 g/mol
- Fasa : Cair
- Warna : Tidak berwarna
- Kemurnian : 95% wt
- Titik didih : 20 °C
- Densitas : 0,788 gr/cm³
- Titik leleh : -123,5 °C
- Kelarutan : *Infinitely* pada air, alkohol eter

(Perry, 1997)

c. Natrium Hidroksida (NaOH)

- Berat molekul : 40 g/mol
- Fasa : Cair
- Densitas : 1,53 g/cm³
- Warna : tidak berwarna
- Titik didih : 1390 °C
- Titik leleh : 318,4 °C
- Densitas : 2,1 gr/cm³
- Kelarutan (air) : 109g/100 gr (20 °C)
- Kelarutan (pelarut lain) : larut dalam etanol, metanol, dan gliserol
- Kemurnian : 48%

(Perry, 1997)

3.1.2 Spesifikasi Bahan Pembantua. Asam Format (CH₂O₂)

- Berat molekul : 46,03 g/mol

- Fasa : cair
- Warna : Tidak berwarna
- Warna : bening
- Titik didih : 100,8 °C
- Titik leleh : 8,6 °C
- Kelarutan : *Infinitely* pada air dan alcohol
- Kemurnian : 90% wt

(Perry, 1997)

3.1.3 Spesifikasi Produk

b. *Pentaerythritol* (C₅H₁₂O₄)

- Berat molekul : 136,15 g/mol
- Fasa : Kristal
- Titik didih : 276 °C (1 atm)
- Titik leleh : 262 °C (1 atm)
- Densitas : 1,396 gr/cm³
- Kelarutan (air) : 6,2 gram/100 gram
- Kelarutan (alkohol) : Sangat sedikit larut
- Kelarutan (ether) : Tidak dapat larut
- Kemurnian : ±98-99% wt

(Perry, 1997)

b. Methanol (CH₃OH)

- Berat Molekul : 32 g/mol
- Fasa : cair
- Warna : tidak berwarna

- Titik didih : 65 °C
- Titik leleh : -97 °C
- Titik kritis : 239,43 °C
- Tekanan kritis : 79,8 atm
- Densitas : 0,786 gr/cm³
- Viskositas : 0,5945 cp
- Kelarutan : Mudah larut dalam air
- Kemurnian :-

(Yaws, 1999)

c. Natrium Format (HCOONa)

- Berat molekul : 68,01 g/mol
- Fasa : Kristalin, powder
- Titik didih : *decomposes*
- Titik leleh : 259-262 °C
- Titik nyala : 152 °C
- Densitas : 1,919 gr/cm³
- Kelarutan (air dingin) : 44 gram/100 gram
- Kelarutan (air panas) : 160 gram/100gram
- Kemurnian :-

(MSDS PT. SmartLab Indonesia)

3.2 Pengendalian Kualitas

3.2.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Bahan baku sangat berpengaruh terhadap kualitas produk yang akan dihasilkan. Oleh karena itu pemilihan bahan baku harus diperhatikan

kualitasnya. Sebelum masuk ke proses produksi, bahan baku harus melalui tahap pengujian kualitas, dengan tujuan agar bahanbaku yang digunakan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

3.2.2 Pengendalian Kualitas Produk

Saat perencanaan produksi dijalankan, perlu adanya pengawasan dan pengendalian agar proses produksi tetap berjalan dengan baik. Ketika terjadi masalah atau perubahan kualitas produksi, penyesuaian dan koreksi harus segera dilakukan agar tidak menimbulkan kerusakan yang semakin besar. Selain itu pengawasan terhadap tingkat kualitas dari hasil atau produk yang dihasilkan untuk memperoleh mutu standar juga harus dilakukan. Dalam kegiatan proses produksi diharapkan dapat menghasilkan produk yang mutunya sesuai dengan standart dan jumlah produksi yang sesuai dengan rencana serta waktu yang tepat sesuai jadwal. Produk yang telah jadi harus dianalisa kualitasnya sebelum produk tersebut dipasarkan.

3.2.3 Pengendalian Proses Produksi

Selain bahan baku dan dan kualitas produk, proses produksi juga harus dilakukam pengawasan dan pengendalian agar sesuai dengan prosedur dan sesuai standart yang di pakai guna menghasilkan produk yang sesuai spesifikasi. Pengendalian proses produksi pabrik ini meliputi aliran dan sistem control.

a. Flow Control

Merupakan alat yang diletakkan/dipasang pada aliran bahan baku, aliran masuk, dan keluar alat proses. Flow control ini diset pada harga tertentu. Bila flow control mengalami penyimpangan dari harga yang diset, maka akan diberikan isyarat yang merupakan perintah untuk mengembalikan ke set semula.

b. *Temperatur Control*

Merupakan alat yang dipasang di dalam setiap alat proses. Apabila ada penyimpangan pada suhu dengan set yang telah ditetapkan, maka akan timbul isyarat yang dapat berupa suara, nyala lampu, dan lain-lain.

c. *Level Control*

Merupakan alat yang dipasang pada bagian atas tangki. Jika belum sesuai dengan kondisi yang ditetapkan, maka akan timbul tanda/isyarat berupa suara ataupun nyala lampu.

3.2.4 Pengendalian Kualitas Produk

Untuk memperoleh mutu produk standar maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan, serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara sistem control sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan. Untuk mengetahui produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ada maka dilakukan uji densitas, viskositas, volatilitas, kemurnian produk, dan komposisi komponen produk.

BAB X

KESIMPULAN DAN SARAN

10.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap Prarancangan Pabrik *Pentaerythritol* dari Formaldehid, Asetaldehid dan Natrium Hidroksida dengan kapasitas 30.000 ton/tahun dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Ditinjau dari segi pengadaan bahan baku, transportasi, pemasaran, dan lingkungan, maka pabrik *Pentaerythritol* direncanakan berdiri di Kawasan Industri JIPE Gresik, Kecamatan Manyar, Kabupate Gresik, Jawa Timur.
2. Berdasarkan hasil analisis teknis dan ekonomi, maka pabrik *Pentaerythritol* ini layak untuk didirikan dengan hasil perhitungan analisis ekonomi sebagai berikut :
 - a. *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak yaitu 87% dan setelah pajak yaitu 70%
 - b. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak yaitu 0,888 tahun dan 1,09 tahun setelah pajak.
 - c. *Break Even Point* (BEP) sebesar 34,89%, dimana rentang BEP standar antara 31 – 60%. Nilai *Shut Down Point* (SDP) sebesar 27,73%, yaitu dengan batasan kapasitas produksi tersebut pabrik harus berhenti berproduksi karena jika beroperasi dibawah nilai SDP maka pabrik akan mengalami kerugian
 - d. *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCF) sebesar 29,17%, lebih besar dari suku bunga bank sekarang sehingga investor akan lebih memilih untuk berinvestasi ke pabrik ini daripada ke bank.

10.2. Saran

Pabrik *Pentaerythritol* dari Formaldehid, Asetaldehid dan Natrium Hidroksida dengan kapasitas 30.000 ton/tahun sebaiknya dikaji lebih lanjut, baik dari segi proses maupun dari segi ekonominya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba, 2022. *Harga Bahan Kimia*. Diakses melalui www.Alibaba.com pada 20 April 2023.
- Badan Pusat Statistik, 2022. *Statistic Indonesia*. Diakses melalui www.bps.go.id. pada 17 September 2022.
- Bausbacher, Ed., and Roger Hunt.. 1993. Process Plant Layout and Piping Design.* Prentice Hall PTR, New Jersey
- Broughton. 1994. *Process Utility Systems: Introduction to Design, Operation and Maintenance.* Institution of Chemical Engineers, Rugby, Warwickshire, UK.
- Brownell, L. E., and Young, E. H. 1959. *Process Equipment Design.* University of Michigan. John Wiley and Sons Inc, New York.
- Coulson, J. M., and J. F. Richardson. 2005. *Chemical Engineering 4th edition.* Butterworth-Heinemann, Washington.
- Eek,Luis. 1998. *Process for the Preparation of Pentaerythritol.* US Patent No 5,741,956
- Evans, F.L. 1979. *Equipment Design Handbook for Refineris and Chemical Plants.* Gulf Publishing Company, Book Divison, Houston.
- Fogler, H. Scott. 2006. *Elements of Chemical Reaction Engineering 4th edition.*

Prentice Hall International Inc, United States of America.

Geankoplis, Christie. J. 1993. *Transport Processes and Unit Operation 3rd edition*. Allyn & Bacon Inc, New Jersey.

Google Maps, 2022. *Kawasan Industri JIPE Gresik, Jawa Timur*. Diakses melalui www.google.com/maps pada 18 September 2022.

Himmelblau, David. 1996. *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering 6th edition*. Prentice Hall Inc, New Jersey.

Icis, 2022. *Data Pabrik Pentaeritritol di Dunia*. Diakses melalui www.icis.com pada 20 September 2022.

Jiang et al. 2012. *Method of Preparing Pentaerythritol*. US Patent No. 8,293,950 B2.

Kern, Donald Q. 1965. *Process Heat Trans*. McGraw-Hill Co, New York.

Kirk, R.E. and Othmer, D.F. 2004. “*Encyclopedia of Chemical Technology*”, 4th edition, vol.17. John Wiley and Sons Inc, New York.

Ludwig, E. Ernest. 1999. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants 3rd edition*. Houston, Gulf Publishing Company.

Maity, Siddharth. 2009. *Manufacturing of Pentaeritritol*. Kentucky (US) : University of Louisville.

Matche, 2014. *Equipment Cost Estimates*. Diakses melalui www.matche.com pada 15 Agustus 2023.

McCabe, W., Smith, J.C., and Harriot, P., 1993, “Unit Operation of Chemical

Engineering”, McGraw Hill Book, Co., United States of America

Metcalf and Eddy. 1991. *Wastwater Engineering: Traetment, Disposal, and Reuse*. McGraw-Hill Inc, Singapore.

Mullin, J.W. 2001. *Crystallization* 4th edition. Reed Education and Professional Publishing Ltd. Oxford:London.

Perry, Robert H., and Don W. Green. 1999. *Perry’s Chemical Engineers’ Handbook* 7th edition. McGraw Hill, New York.

Peter, M. S., Timmerhaus, K. D. 1991. *Plabt Design and Economics for Chemical Engineers* 4th edition. McGraw Hill, New York.

Peters and Cupit. 1958. *Kinetics of pentaerythritol-production reactions*. University of Illinois.

Powell, S. 1954. *Water Conditioning for Industry*. Mc-Graw Hill Book Company., New York.

PersolKelly. 2022. *Indonesia Salary Guide 2022*.

Qasim, S. R., Holt, Rinehart, Winston. 1985. *Waste Water Treatment Plant*. CBS College Publishing. New York.

Rase, 1977. *Chemical Reactor Design for Process Plants*. John Wiley and Sons, New York.

Sinnot, R.K. 2005. *Coulson & Richardson’s Chemical Engineering Design Volume 6 Fourth Edition*. E.SEMER, Amsterdam.

Smith, J. M., h.c. Van Ness, and M. M. Abbott. 2001. *Chemical Engineering Thermodynamics* 6th edition. McGraw Hill, New York.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 1991. *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3th edition*. McGraww-Hill Book Company:New York.

Timmerhaus, Klaus D., Max S. Peters, and Ronald E. West. 2003. *Plant Design an Economic for Chemical Engineering 3th edition*. McGraww-Hill Book Company:New York.

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

UNdata, 2022. *Data Impor Pentaeritritol di Negara ASEAN*. Diakses melalui www.data.un.org pada 17 September 2022.

Vilbrandt and Charles. 1959. *Chemical Engineering Plant Design*. McGraw-Hill Book Co, Japan.

Wallas, Stanley M. 1990. *Chemical Process Equipment*. Butterworth-Heinemann, Washington.

Winkle, M. V. 1967. *Distillation*. McGraw-Hill Book, New York.

Yaws, C. L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. Mc Graw Hill Book Co, New York.