

LAPORAN SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT
DAN ASAM SULFAT
KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN



Disusun Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Setia Budi Surakarta

Oleh :

Umul Lailatul Jannah

21150285D

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SETIA BUDI

SURAKARTA

2020

LEMBAR PERSETUJUAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

PRARANCANGAN PABRIK ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT
DAN ASAM SULFAT
KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN

Oleh :

Umul Lailatul Jannah


21150285D


Telah Disetujui Oleh Pembimbing

Pada Tanggal 29 Januari 2020

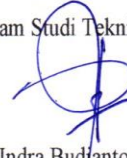
Pembimbing I

Pembimbing II


Ir. Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng.
NIS.01199601032053


Ir. Argoto Mahayana S.T., M.T.
NIS.01199906201069

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Kimia


Gregorius Prima Indra Budjanto, S.T., M.Eng.
NIS.01201407261183

LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM FOSFAT DARI BATUAN FOSFAT
DAN ASAM SULFAT
KAPASITAS 100.000 TON/TAHUN**

Oleh :

Umul Lailatul Jannah

21150285D

Telah Dipertahankan Oleh Tim Penguji

Pada Tanggal 6 Februari 2020

Nama Tanda Tangan

Penguji I : Narimo ST., MM

Penguji II : Ir. Sumardiyono, M.T

Penguji III : Ir. Argoto Mahayana, S.T., M.T.

Penguji IV : Ir. Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng



Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Kepala Program Studi



Dr. Suseno, M.Si.
NIS.01199408011044



Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng.
NIS.01201407261183

Umul Lailatul Jannah

21150285D

♥ MOTTO ♥

- ✚ "Hidup ini hanya sebentar, jangan gunakan hanya untuk memikirkan duniawi dan melakukan hal yang tak berguna"
- ✚ "life for reason and any reason i have is not to make me perfect but to make me my self"

♥ PERSEMBAHAN ♥

- ✚ Sujud syukur ku persembahkan pada ALLAH yang maha kuasa, atas berkat dan rahmatNya detak jantung, denyut nadi, nafas dan putaran roda kehidupan yang telah diberikan-Nya hingga saat ini.
- ✚ Papa dan mama "Ranking-1" ku di Dunia yang telah memberikan segalanya buat putri kecilnya inidan tak pernah lelah membesarkannya dengan penuh kasih sayang, serta memberi dukungan, perjuangan, motivasi dan pengorbanan dalam hidup ini.
- ✚ Adik-adik ku tercinta yang selalu memberikan dukungan, semangat dan selalu mengisi hari-hariku dengan canda tawa dan kasih sayangnya.
- ✚ Dosen-dosen Fakultas Teknik yang telah memberikan banyak pelajaran, ilmu, pengalaman, dan kesediaan waktu untuk membimbing saya hingga lulus.
- ✚ Saudara-saudara dan keluarga besar yang telah memberikan dukungan dan doa sehingga TA ini dapat terselesaikan sesuai dengan keinginan.

- ✚ Delva , iis , dan amalina yang telah mau menjadi temen tidur ku selama hidup disolo.
- ✚ Teman-teman seperjuangan Teknik Kimia 2015 yang selalu memberikan semangat sehingga TA dapat terselesaikan sesuai harapan.
- ✚ Almamaterku.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat hidayah dan petunjuknya-Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir prarancangan pabrik kimia ini dengan baik.

Judul Tugas Akhir ini adalah **Prarancangan Pabrik Asam fosfat dari Batuan Fosfat dan Asam Sulfat kapasitas 100.000 Ton/Tahun**. Tugas Prarancangan Pabrik Kimia merupakan tugas akhir yang harus diselesaikan oleh setiap mahasiswa Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta sebagai prasyarat untuk menyelesaikan jenjang studi sarjana. Dengan tugas ini diharapkan kemampuan penalaran dan penerapan teori-teori yang telah diperoleh selama kuliah dapat berkembang dan dapat dipahami dengan baik.

Penyusunan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan serta dorongan dari berbagai pihak. Melalui laporan ini penyusun ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Djoni Tarigan, MBA., selaku Rektor Universitas Setia Budi Surakarta.
2. Drs. Suseno, M.Si, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta
3. Gregorius Prima Indra Budianto, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik kimia, Fakultas Teknik, Universitas Setia Budi Surakarta.
4. Ir. Dewi Astuti H, ST., M.Eng., selaku pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan dan nasehat hingga selesainya tugas akhir ini.
5. Ir. Argoto Mahayana, S.T.,M.T., selaku pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan dan nasehat hingga selesainya tugas akhir ini.
6. Ir. Sumardiyono, M.T., dan Narimo ,S.T , MM selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk menguji hasil laporan tugas akhir ini.
7. Bapak dan Ibu dosen jurusan teknik kimia atas ilmu dan bimbingannya selama kuliah.
8. Serta semua yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, untuk itu saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat penulis harapkan. Dan semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surakarta, 7 Februari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
INTISARI	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Kapasitas Rancangan Pabrik	2
1.3 Pemilihan Lokasi Pabrik	4
1.4 Macam – macam Proses	8
1.5 Tinjauan Pustaka	12
BAB II SPESIFIKASI BAHAN	
2.1 Spesifikasi Bahan Baku	20
2.2 Spesifikasi Bahan Pembantu	20
2.3 Spesifikasi Produk	21
BAB III DESKRIPSI PROSES	
3.1 Langkah Proses	22
3.2 Diagram Alir Proses	25
BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	
4.1 Neraca Massa	27
4.2 Neraca Panas	33
BAB V SPESIFIKASI ALAT	
5.1 Tangki Penyimpanan Asam Sulfat.....	38

5.2 Silo Penyimpanan Batuan Fosfat	38
5.3 Mixer	39
5.4 Reaktor	39
5.5 Filter	40
5.6 Evaporator	41
5.7 Tangki Penyimpanan Asam Fosfat	42
5.8 Rotary Dryer.....	42
5.9 Silo Penyimpanan Gypsum	43
5.10 Heater	43
5.11 Scrubber	44
5.12 Tangki penyimpanan HF.....	44
5.13 Blower	45
5.14 Screening 1	45
5.15 Screening 2.....	46
5.16 Ballmill 1.....	46
5.17 Ballmill 2.....	46
5.18 Screw Conveyor 1	47
5.19 Screw Conveyor 2	47
5.20 Screw Conveyor 3.....	48
5.21 Belt Conveyor 1	48
5.22 Belt Conveyor 2	49
5.23 Belt Conveyor 3	49
5.24 Belt Conveyor 4	50
5.25 Bucket Elevator 1	50
5.26 Bucket Elevator 2	51
5.27 Bucket Elevator 3.....	51
5.28 Pompa 1	52
5.29 Pompa 2	52
5.30 Pompa 3	53

5.31 Pompa 4	54
5.32 Pompa 5	54
5.33 Pompa 6	55
5.34 Pompa 7	55
BAB VI UTILITAS	
6.1 Unit Pendukung Proses	57
6.2 Tahapan-tahapan Pengolahan Air	61
6.3 Unit Pengadaan Listrik.....	63
6.4 Unit Pengadaan Bahan Bakar.....	66
6.5 Unit Penyediaan Udara Tekan	67
6.6 Unit Pengolahan Limbah.....	67
6.7 Laboratorium	67
6.8 Kesehatan dan Keselamatan Kerja	69
6.9 Alat-alat Utilitas	70
BAB VII ORGANISASI DAN TATA LETAK PABRIK	
7.1 Bentuk Perusahaan	81
7.2 Jenjang Kepemimpinan Dalam Perusahaan	83
7.3 Sistem Kepegawaian & Sistem Gaji	89
7.4 Manajemen Produksi.....	92
7.5 Tata Letak Pabrik	96
7.6 Tata Letak Peralatan.....	101
BAB VIII EVALUASI EKONOMI	
8.1 Perhitungan Biaya	105
8.2 <i>Total Fixed Capital Investment</i>	108
8.3 <i>Working Capital</i>	108
8.4 <i>Manufacturing Cost</i>	109
8.5 <i>General Expense</i>	109
8.6 Analisis Ekonomi	110
BAB IX KESIMPULAN	

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Data import Asam Fosfat di Indonesia.....	2
Tabel 2. Daftar pabrik produsen Asam Fosfat di dunia	3
Tabel 3. Data kelebihan & kekurangan setiap proses	10
Tabel 4. Neraca massa screening 1	28
Tabel 5. Neraca massa mixer	29
Tabel 6. Neraca massa reaktor	29
Tabel 7. Neraca massa filter	30
Tabel 8. Neraca massa dryer	31
Tabel 9. Neraca massa screening 2	31
Tabel 10. Neraca massa evaporator	32
Tabel 11. Kapasitas panas cairan	33
Tabel 12. Neraca panas mixer	34
Tabel 13. Neraca panas heater	34
Tabel 14. Neraca panas reaktor	35
Tabel 15. Neraca panas evaporator	36
Tabel 16. Neraca panas dryer	36
Tabel 17. Kebutuhan air proses.....	58
Tabel 18. Kebutuhan air pendingin.....	59
Tabel 19. Kebutuhan air sentrifus	60
Tabel 20. Kebutuhan air untuk steam	60
Tabel 21. Konsumsi listrik untuk keperluan proses.....	63
Tabel 22. Konsumsi listrik untuk utilitas	64
Tabel 23. Daftar gaji karyawan	90
Tabel 24. Pembagian shift karyawan	93
Tabel 25. Luas bangunan pabrik	98
Tabel 26. Cost index capital plant.....	104
Tabel 27. Total fixed capital investment.....	108
Tabel 28. Working capital.....	108

Tabel 29. General expenses.....	109
Tabel 30. Fixed cost	111
Tabel 31. Regulated cost.....	112
Tabel 32. Analisis kelayakan ekonomi	114

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Grafik hubungan jumlah import	3
Gambar 2. Peta lokasi	5
Gambar 3. Diagram alir kualitatif	25
Gambar 4. Diagram alir kuantitatif	26
Gambar 5. Pengolahan air & utilitas	80
Gambar 6. Struktur organisasi.....	95
Gambar 7. Tata letak pabrik.....	100
Gambar 8. Tata letak alat pabrik.....	102
Gambar 9. Grafik hubungan th dengan cost index	104
Gambar 10. Grafik BEP dan SDP	113



LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai mahasiswa Universitas Setia Budi, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : UMUL LAILATUL JANNAH
NIM : 21150285D
Fakultas/Jurusan : SI TEKNIK KIMIA
E-mail address : Umullailatul12@gmail.com

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan Universitas Setia Budi, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah :

KTI Skripsi Tesis PKPA PKL/KKL

yang berjudul *) :

Prarancangan Pabrik asam Fosfat dan batuan Fosfat dan asam Sulfat kapasitas 100.000 ton/tahun

berserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan Universitas Setia Budi berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain *) :

secara *fulltext*

hanya sebatas cantuman bibliografi dan abstrak, karena Agar dapat dibaca di perpus (USB)

untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Setia Budi, segala bentuk tuntutan yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Ruang Fakultas Teknik (UNIVERSITAS SETIA BUDI)
Pada tanggal : 10 Februari 2020

Pembimbing I



(Ir. Dewi Astub Herawati, S.T., M.Eng)
nama terang dan tanda tangan

Penulis



(Umul Lailatul Jannah)
nama terang dan tanda tangan

Dibuat rangkap 2, untuk penulis dan perpustakaan

Umul Lailatul Jannah

21150285D

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Indonesia merupakan negara dengan pertumbuhan penduduk yang semakin pesat. Meningkatnya jumlah penduduk dapat mengakibatkan kebutuhan produksi pangan juga mengalami peningkatan. Untuk memenuhi kebutuhan pangan tersebut maka hasil pertanian harus ditingkatkan. Sistem pertanian yang ada di Indonesia harus diperhatikan terutama pada kondisi tanah yang menjadi faktor utama. Pemberian pupuk dapat dijadikan solusi untuk melengkapi kandungan nutrient pada tanah sehingga kondisi tanah memiliki kandungan yang lebih baik.

Peningkatan kebutuhan pupuk tersebut akan meningkatkan kebutuhan asam fosfat yang menjadi salah satu bahan baku pembuatan pupuk. Unsur P dalam asam fosfat sangat berguna bagi tumbuhan karena berfungsi untuk merangsang pertumbuhan akar terutama pada awal-awal pertumbuhan, mempercepat pembungaan, pemasakan biji dan buah. Apabila pada tanaman kekurangan unsur ini, maka gejala yang tampak pada tanaman adalah daun berubah tua agak kemerahan, pada cabang, batang, dan tepi daun berwarna merah ungu yang lambat laun berubah menjadi kuning, pada buah tampak kecil dan cepat matang.

Batuan fosfat yang dihaluskan dapat langsung digunakan sebagai pupuk, akan tetapi karena kelarutan $\text{CaF}_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ sangat kecil, maka harus ditambahkan 70% asam sulfat untuk menghasilkan pupuk “superfosfat”. Selain itu, Asam fosfat juga dapat digunakan sebagai pembersih untuk menghilangkan kandungan mineral, noda semen, dan noda air keras. Hal ini juga digunakan sebagai chelant di beberapa pembersih rumah tangga bertujuan tugas pembersih semacam itu (Weingarten, 2009).

Kebutuhan asam fosfat di Indonesia dicukupi dengan produksi dalam negeri dan impor dari luar negeri. Produksi asam fosfat dalam negeri masih belum mencukupi untuk memenuhi kebutuhan asam fosfat di Indonesia, oleh karena itu masih diperlukan impor dari luar negeri. Asam fosfat dapat digunakan sebagai *rust remover* atau bahan kimia penghilang karat pada permukaan logam, dalam dunia kecantikan dapat digunakan sebagai pengatur tingkat keasaman atau pH untuk produk-produk kosmetik dan perawatan kulit lainnya dan 90% total konsumsi asam fosfat dunia digunakan untuk pembuatan pupuk *triple superphosphate* (TSP), *diamonium hydrogenphosphate* (DAP) dan *monoammonium dihydrogenphosphate* (MAP).

1.2 Kapasitas Rancangan

Penentuan kapasitas produksi pabrik asam fosfat berdasarkan pada beberapa pertimbangan, antara lain :

1. Data impor produk
2. Kapasitas pabrik yang sudah ada

1.1.1 Data Impor Produk

Penentuan kapasitas perancangan pabrik asam fosfat berdasarkan kebutuhan di Indonesia dari tahun ke tahun diperoleh dari data Badan Pusat Statistik. Dari tabel dibawah ini dapat diketahui data impor asam fosfat di Indonesia.

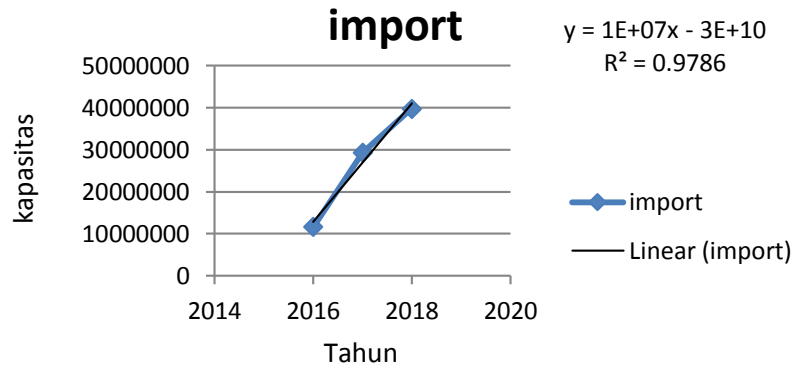
Tabel 1. Data Impor asam fosfat di Indonesia

No	Tahun	Jumlah
1	2016	11679273
2	2017	29321813
3	2018	39771424

Sumber : (Badan Pusat Statistik, 2018)

Pada Tabel 1. Menunjukkan impor di Indonesia cenderung mengalami kenaikan dari tahun ke tahun. Perkiraan impor asam fosfat pada tahun

2023 di Indonesia dapat dilakukan dengan cara regresi linier dari data di atas. Regresi linier untuk data impor ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik hubungan jumlah impor asam fosfat dan waktu (tahun)

Dari Gambar 1 diperoleh persamaan sehingga dapat dihitung besarnya impor asam fosfat pada tahun 2024 adalah sebesar 111200,623 ton/tahun.

1.1.2 Kapasitas Pabrik yang sudah ada

Kapasitas rancangan minimum pabrik asam fosfat dapat diketahui dari data kapasitas pabrik yang sudah ada di dalam maupun di luar negeri. Pabrik asam fosfat yang ada di dalam negeri yaitu PT. Petrokimia Gresik dengan kapasitas 288.000 ton/tahun, sedangkan pabrik asam fosfat di luar negeri ditunjukkan pada tabel sebagai berikut:

Tabel 2. Daftar pabrik produsen asam fosfat Di Dunia

Pabrik	Kapasitas(ton/tahun)
PT. Lousina (Amerika)	100.000
Albightand Wilson (Amerika)	155.000
Yordania, Ltd (Yordania)	410.000

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2017)

Berdasarkan Tabel 2, kapasitas pabrik asam fosfat di dunia berkisar 100.000-500.000 ton/tahun, sehingga kapasitas minimum perancangan pabrik asam fosfat yang masih layak didirikan di Indonesia adalah 100.000 ton/tahun.

Prarancangan pabrik asam fosfat direncanakan berdiri pada tahun 2023 dengan kapasitas 100.000 ton/tahun, dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Prediksi kebutuhan di Indonesia (data impor asam fosfat) pada tahun 2023 adalah sebesar 111200,623 ton/tahun.
2. Kebutuhan asam fosfat di dunia semakin besar sehingga perlu didirikan *plant* baru.

1.3 Lokasi

Secara geografis, penentuan lokasi pabrik dapat menentukan kemajuan serta kelangsungan dari suatu industri kini dan pada masa yang akan datang. Penentuan lokasi pabrik yang tepat, ekonomis, dan menguntungkan dipengaruhi berbagai faktor. Pemilihan lokasi pabrik harus tepat berdasarkan letak pabrik dekat dengan sumber bahan baku, transportasi, pasaran produk, tenaga kerja, dan budaya masyarakat di sekitar lokasi pabrik (Timmerhause, 2004). Berdasarkan faktor-faktor tersebut, maka Pabrik Fosfat ini direncanakan berlokasi di kawasan industri Gresik, Jawa Timur karena asam sulfat diambil dari Petrokimia Gresik dan batuan fosfat diambil dari India. Gresik selama ini dikenal sebagai daerah industri yang memiliki berbagai hal yang menunjang keberlangsungan produksi suatu pabrik.



Gambar 2. Peta lokasi industri

Lokasi suatu pabrik merupakan bagian penting untuk mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan. Penentuan lokasi pabrik yang tepat tidak semudah yang diperkirakan, banyak faktor yang dapat mempengaruhinya. Idealnya, lokasi yang dipilih harus memberikan keuntungan untuk jangka panjang dan dapat memberikan kemungkinan untuk memperluas pabrik. Lokasi yang baik akan menentukan hal-hal sebagai berikut :

- a. Kemampuan untuk melayani konsumen dengan memuaskan.
- b. Kemampuan untuk mendapatkan bahan mentah yang berkesinambungan dan harganya sampai ditempat cukup murah.
- c. Kemudahan untuk mendapatkan tenaga karyawan.

Oleh karena itu, pemilihan tempat bagi berdirinya suatu pabrik harus memperhatikan beberapa faktor yang berperan yaitu faktor primer dan faktor sekunder.

1.3.1 Faktor Primer

Faktor ini secara langsung mempengaruhi tujuan utama dari usaha pabrik yang meliputi produksi dan distribusi produk yang diatur menurut

macam dan kualitasnya. Yang termasuk dalam faktor utama adalah (Bernasconi, 1995) :

a. Letak pasar

Pabrik yang letaknya dekat dengan pasar dapat lebih cepat melayani konsumen, sedangkan biayanya juga lebih terutama biaya angkutan. Daerah Gresik merupakan daerah yang strategis untuk pendirian suatu pabrik, karena dekat dengan pengambilan bahan baku dan terkenal dengan daerah industri sehingga lebih memudahkan dalam proses pemasaran produk.

b. Letak sumber bahan baku

Idealnya, sumber bahan baku tersedia dekat dengan lokasi pabrik. Hal ini lebih menjamin penyediaan bahan baku, setidaknya dapat mengurangi keterlambatan penyediaan bahan baku, terutama untuk bahan baku yang berat. Bahan baku diambil dari DIVINE MINERALS & CHEMICALS, India dan pengiriman akan melalui pelabuhan Tanjung Perak.

c. Fasilitas pengangkutan

Pertimbangan-pertimbangan pengangkutan bahan baku dan produk menggunakan angkutan darat dan laut, dengan adanya fasilitas jalan tol dan jalan raya yang baik maka pemilihan lokasi di Gresik sangatlah tepat.

d. Utilitas

Ketersediaan sarana pendukung seperti air dan listrik guna proses industri harus diperhatikan. Kebutuhan air dapat diperoleh dari PT. Krakatau tirta. Listrik dapat diperoleh dari PLN dan generator sebagai cadangan bila PLN ada gangguan.

1.3.2 Faktor Sekunder

Yang termasuk ke dalam faktor sekunder antara lain adalah :

a. Harga tanah dan gedung

Harga tanah dan gedung yang murah merupakan daya tarik tersendiri. Perlu dikaitkan dengan rencana jangka panjang. Jika harga tanah mahal mungkin hanya dapat diperoleh luas tanah yang terbatas, sehingga perlu

dipikirkan untuk membuat bangunan walaupun pembangunan gedungnya lebih mahal.

b. Kemungkinan perluasan

Perlu diperhatikan apakah perluasan dimasa yang akan datang dapat dikerjakan di satu tempat atau perlu lokasi lain, apakah di sekitar sudah banyak pabrik lain. Hal ini menjadi masalah tersendiri dalam hal perluasan pabrik di masa mendatang.

c. Fasilitas servis

Terutama untuk pabrik yang relatif kecil yang tidak memiliki bengkel sendiri. Perlu dipelajari adanya bengkel-bengkel di sekitar daerah tersebut yang mungkin diperlukan untuk perbaikan alat-alat pabrik. Perlu juga dipelajari adanya fasilitas layanan masyarakat, misalnya rumah sakit umum, sekolah-sekolah, tempat-tempat ibadah, tempat-tempat kegiatan olahraga, tempat-tempat rekreasi, dan sebagainya. Untuk pabrik yang besar, mungkin beberapa fasilitas tersebut dapat dilayani sendiri walaupun merupakan beban tambahan. Keuntungannya selain merupakan daya tarik bagi pekerja, juga membantu penjagaan kesehatan fisik dan mental sehingga efisiensi kerja dapat tetap dipertahankan.

d. Fasilitas finansial

Perkembangan perusahaan dibantu oleh fasilitas finansial, misalnya adanya pasar modal, bursa, sumber-sumber modal, bank, koperasi simpan pinjam, dan lembaga keuangan lainnya. Fasilitas tersebut akan lebih membantu untuk memberikan kemudahan bagi suksesnya dalam usaha pengembangan pabrik.

e. Peraturan daerah setempat

Peraturan daerah setempat perlu dipelajari terlebih dahulu mungkin terdapat beberapa persyaratan atau aturan yang berbeda dengan daerah lain.

f. Masyarakat daerah

Sikap, tanggapan dari masyarakat daerah terhadap pembangunan pabrik perlu diperhatikan dengan seksama, karena hal ini akan menentukan perkembangan pabrik di masa yang akan datang. Keselamatan dan keamanan masyarakat perlu dijaga dengan baik. Hal ini merupakan suatu keharusan sebagai sumbangan kepada masyarakat.

g. Keadaan tanah

Sifat-sifat mekanika tanah dan tempat pembangunan pabrik harus diketahui. Hal ini berhubungan dengan rencana pondasi untuk alat-alat, bangunan gedung, dan bangunan pabrik.

1.4 Proses yang dipilih

Proses pembuatan asam fosfat secara umum dikelompokkan menjadi 2 golongan yaitu :

- a. Pembuatan asam fosfat dengan proses basah (*wet process*)
- b. Pembuatan dengan tungku listrik.

A. Pembuatan asam fosfat dengan proses basah

Pembuatan asam fosfat dengan proses basah menggunakan bahan baku batuan fosfat yang telah dihaluskan, kemudian direaksikan dengan asam sulfat. Campuran hasil reaksi akan membentuk slurry sehingga proses pemisahan dilakukan dengan filtrasi. Asam fosfat yang melewati filter kemudian ditampung sebagai produk, dengan metode ini dapat dihasilkan asam fosfat dengan kadar 94-98% dan kandungan P_2O_5 sebanyak 30-38% (Austin, 1996). Beberapa proses yang dikembangkan berdasarkan proses basah ini antara lain (MC.ketta, 1983) :

a. Proses Prayon Dihydrate

Proses ini dikembangkan oleh Prayon dari Belgia. Perkembangan teknologi proses selanjutnya diutamakan pada agitasi dan pola aliran slurry

yang saat ini digunakan *filter vacuum tilting pan*. Filtrasi yang baik dicapai melalui semakin banyaknya kristal yang hilang.

b. Proses Jacob Dorr Dihydrate

Proses ini digunakan di Amerika Serikat dengan produksi asam fosfat lebih dari 3 juta ton per tahun. Proses ini menggunakan reaktor yang terdiri dari dua buah reaktor yang berbentuk silinder dengan pendingin *vacuum*. Menggunakan batuan basah yang telah dihancurkan dan asam sulfat 98%. Proses ini menggunakan berbagai macam filter.

c. Proses Central Prayon Dihydrate

Proses central-prayon merupakan gabungan antara proses prayon dengan central glass, biasanya berkapasitas 750.000 ton per tahun. Proses pemanasan dipenuhi dengan adanya steam dan juga panas reaksi dengan asam sulfat berkadar 10-15%.

d. Proses Nissan

Proses pembuatan asam fosfat dilakukan dengan mencampurkan batuan fosfat dan asam sulfat. Batuan fosfat terlebih dahulu dicampur dengan air didalam mixer kemudian dialirkan ke dalam reaktor bersama dengan asam sulfat dari tangki yang berbeda. Proses reaksi dan kristalisasi *hemihydrat* dijaga pada kondisi 85-105°C. Slurry yang terbentuk kemudian di pisahkan di filter pada temperatur 70°C untuk menghasilkan kristal dihidrat dan konversi P₂O₅ sebanyak 98%. Adanya proses rekristalisasi menjadi dihidrat dimaksudkan untuk menjaga kualitas gypsum yang dihasilkan. Biasanya berkapasitas sedang, dan juga merupakan proses yang paling banyak digunakan.



Tabel 3. Data Kelebihan dan kekurangan tiap proses basah

Proses	Keuntungan	Kekurangan
Prayon dihidrat	<ul style="list-style-type: none"> • Proses sederhana • Biaya awal rendah 	<ul style="list-style-type: none"> • Konsentrasi asam rendah (28 -32)% • Konversi P₂O₅(95 - 96)%
Jacob dorr Dihidrat	<ul style="list-style-type: none"> • Konsentrasi asam Tinggi • Konversi P₂O₅(98 – 98,5)% • Gypsumberkualitas tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> • Biaya awal pabrik tinggi • Tidak fleksibel terhadap jenis batuan umpan. • Masalah pada unit filtrasi.
Central prayon dihidrat	<ul style="list-style-type: none"> • Konversi P₂O₅(98 – 99)% • Gypsumberkualitas tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> • Perlu proses pemurnian asam. • Biaya investasi tinggi. • Perlu unit pengiling batuan fosfat • Tidak fleksibel terhadap batuan umpan.
Nissan	<ul style="list-style-type: none"> • Proses telah banyak digunakan. • Slurry gypsum mudah difiltrasi. • Konversi P₂O₅ 98% 	<ul style="list-style-type: none"> • Biaya investasi dan operasi bertambah. • Adanya unit pengilingan batuan dan pemekatan asam fosfat (30 – 32)%

B. Pembuatan asam fosfat dengan tungku listrik

Proses pembuatan asam fosfat dengan proses tanur listrik dilakukan dengan menggunakan silica dan batu bara dengan perbandingan mol yang sesuai di dalam persamaan reaksinya. Reaksi dilakukan dalam sebuah furnace pada temperatur 1600°C. Pada temperatur ini akan dibebaskan P₂O₅, dimana P₂O₅ ini kemudian direduksi dengan batu bara yang berpijar menjadi phosphor. Reaksi pada proses ini diteruskan dengan oksidasi dan hidrasi (Austin, 1996).

Reaksi :



Gas P₄ dibakar dengan udara dan oksida yang dihasilkan selanjutnya direaksikan dengan air untuk mendapatkan H₃PO₄, dengan metode tungku listrik dapat dihasilkan asam fosfat dengan kadar kemurnian kurang lebih 85%, dimana kandungan P₂O₅ sebanyak 75% (Austin, 1996).

Melihat keuntungan dan kerugian yang ada pada Tabel. 3, maka pada prarancangan ini digunakan proses Nissan dengan alasan :

1. Lebih ekonomis karena konversi perolehan P₂O₅ tinggi.
2. Hasil samping yang berupa gypsum mempunyai nilai komersial yang tinggi.
3. Kondisi operasi pabrik stabil.

1.5 Tinjauan Pustaka

1.5.1. Sifat fisis dan kimia bahan baku dan produk

a. Batuan fosfat

➤ Sifat fisis

Rumus Molekul : $\text{CaF}_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$

Warna : tidak berwarna/merah/putih

BM : 310 (g/mol)

Wujud : padat

Titik didih : 550 K (277°C)

Titik leleh : 317,3 K (44,2°C)

Densitas : 3,02 gr/cm³

➤ Sifat kimia :

Dengan penambahan asam sulfat akan terbentuk asam fosfat dan gypsum



(www.indonesia.alibaba.com)

b. Asam Sulfat

➤ Sifat fisis

Rumus molekul : H_2SO_4

Berat molekul : 98,0774 g/gmol

Wujud : cair

Densitas : 1,837 g/cm³

Titik lebur : 10,36°C

Titik didih : 338°C

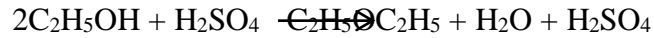
Kemurnian : 98%

➤ Sifat Kimia

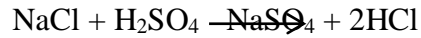
1. Dengan basa membentuk garam dan air. Reaksi:



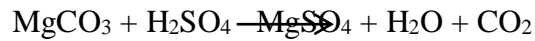
2. Dengan alkohol membentuk eter dan air. Reaksi:



3. Bereaksi dengan NaCl Reaksi:



4. Bereaksi dengan $MgCO_3$ membentuk $MgSO_4$ Reaksi:



5. Korosif terhadap semua logam.

(PT. Petrokimia Gresik)

c . Gypsum ($CaSO_4$)

➤ Sifat fisik

Warna : putih, abu-abu sampai hitam

Rumus molekul : $CaSO_4 \cdot 2H_2O$

Berat molekul : 172,1722 g/gmol

Wujud : serbuk putih

Titik lebur : 1450°C

Titik didih : 2850°C

Specific gravity : 2,32-2,96

Kelarutan : dalam air 1,8 gr/liter pada 0°C

➤ Sifat Kimia

Pada temperatur 170°C akan terbentuk anhidrit. Reaksi:



(PT. Petrokimia Gresik)

d. Asam Fosfat

➤ Sifat Fisis

Rumus molekul : H_3PO_4

Berat molekul : 97,9951 g/gmol

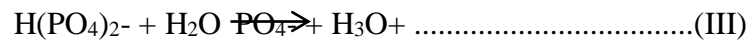
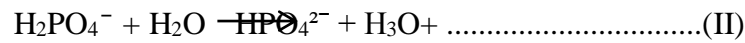
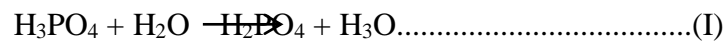
Wujud : cairan tidak berwarna

Densitas : 1,885 g/ml (liquid)

Titik leleh : 42°C
 Titik didih : 213°C
 Kelarutan : larut dalam ethanol

➤ Sifat Kimia

Merupakan asam tribasa, pelepasan ion hidrogen yang pertama adalah ionisasi yang paling cepat. Ionisasi kedua adalah sedang dan yang ketiga sudah lambat. Hal ini bisa dilihat dari ketetapan penguraian ionisasi:



Asam fosfat lebih kuat daripada asam asetat, asam oksalat dan asam borak, tetapi lebih lemah dibandingkan asam nitrat, asam sulfat dan asam klorida.

(PT. Petrokimia Gresik)

e. Air

➤ Sifat Fisis

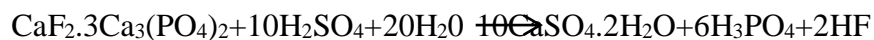
Rumus Molekul : H₂O
 Berat molekul (g/gmol) : 18
 Kenampakan : cair
 Densitas (g/cm³) : 1
 Titik didih : 100°C

(Perry's, 2008)

1.5.2. Proses pembuatan yang dipilih

a. Dasar reaksi, konversi

Reaksi antara batuan fosfat (*fluorapatite*) dengan asam sulfat sebagai berikut :



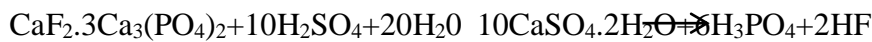
Batuan fosfat adalah senyawa kompleks, yang mengandung calcium, fosfat, flouride dan elemen atau grup yang lain dan terikat bersama-sama di dalam latice kristal. Jika batuan direaksikan dengan asam mineral yang kuat, maka latice kristal dipecah dan kandungan fosfat akan terlarut sebagai asam fosfat

b. Kondisi operasi

Dalam pembuatan asam fosfat ini digunakan proses sintesis dengan bahan baku batuan fosfat dan asam sulfat yang direaksikan dalam Reaktor Tangki Berpengaduk (RTB) pada kondisi operasi yang optimal dengan suhu 90°C, tekanan 1 atm. Konsentrasi asam sulfat 98% dan waktu tinggal 1,2 jam menghasilkan konversi 95%.

c. Mekanisme reaksi

Reaksi utama yang terjadi pada reaktor , yaitu :



Harga ΔH_f° pada suhu 298 K sebagai berikut :

Komponen	ΔH_f° (KJ/mol) , 25°C
$\text{CaF}_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	-640,152
H_2SO_4	-735,13
H_2O	-241,80
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-2005,52
H_3PO_4	-1288
HF	-273,30

(Perry and Yaws 1999)

$$\begin{aligned}
 \Delta H_f^{\circ} 298 \text{ K} &= \Delta H_f^{\circ} \text{ produk} - \Delta H_f^{\circ} \text{ reaktan} \\
 &= (\Delta H_f^{\circ} \text{ batuan fosfat} + \Delta H_f^{\circ} \text{ asam sulfat} + \Delta H_f^{\circ} \text{ air}) - \\
 &\quad (\Delta H_f^{\circ} \text{ gypsum} + \Delta H_f^{\circ} \text{ asam fosfat} + \Delta H_f^{\circ} \text{ hidrogen flourida}) \\
 &= ((-2005,52) + (-1288) + (-273,30)) - ((-640,152) + (- \\
 &\quad 735,13) + (-241,80)) \\
 &= (-3566,82) - (-1617,082) \\
 &= -1949.738 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Menghitung ΔH_f° pada $T=363,15\text{K}$ (90°C) adalah sebagai berikut:

Komponen	CP (J/mol.K)
$\text{CaF}_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	23,320
H_2SO_4	220,4
H_2O	75,55
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	195,94
H_3PO_4	164,63
HF	29,13

(Yaws, 1999)

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{reaktan } 363,15} &= \sum C_p \cdot \Delta T \\
 &= (23,320 \times (363,15-298)) + (220,4 \times (363,15-298)) \\
 &\quad + (75,55 \times (363,15-298)) \\
 &= 20800,44 \text{ J/mol} \\
 &= 20,800 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{\text{produk } 363,15} &= \sum C_p \cdot \Delta T \\
 &= (195,94 \times (363,15-298)) + (164,63 \times (363,15-298)) + \\
 &\quad (29,13 \times (363,15-298)) \\
 &= 25388,95 \text{ J/mol} \\
 &= 25,388 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta H_{r363,15} &= \Delta H_{\text{produk } 363,15} + \Delta H_{r363,15} - \Delta H_{\text{reaktan } 363,15} \\
 &= (25,388 + (-1949.738)) - 20,800 \text{ kJ/mol} \\
 &= -1945,15 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan $\Delta H_r^{\circ}_{363,15K}$ maka dapat disimpulkan bahwa reaksi berjalan secara eksotermis karena harga $\Delta H_r^{\circ}_{363,15 K}$ yang diperoleh negatif.

Harga ΔG_f° untuk masing-masing komponen (suhu 298 K) sebagai berikut:

Komponen	ΔG_f° (kJ/mol.K)
$\text{CaF}_2 \cdot 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	-12,5
H_2SO_4	-653,47
H_2O	-228,60
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	-1780,16
H_3PO_4	-1123,6
HF	-270,40

(Perry 2008)

$$\begin{aligned}
 \Delta G_f^{\circ} &= \sum \Delta G_{\text{produk}} - \sum \Delta G_{\text{reaktan}} \\
 &= (\Delta G_f^{\circ} \text{ Gypsum} + \Delta G_f^{\circ} \text{ HF} + \Delta G_f^{\circ} \text{ asam fosfat}) - (\Delta G_f^{\circ} \text{ batuan fosfat} + \Delta G_f^{\circ} \text{ asam sulfat} + \Delta G_f^{\circ} \text{ air}) \\
 &= (-1780,16 + (-270,40) + (-1123,6)) - (-12,5 + (-653,47) + (-228,60)) \\
 &= (-3174,16) - (-894,57) \\
 &= -2279,59 \text{ kJ/mol}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan-perhitungan diatas didapatkan:

$$\Delta H_{r298} \text{ (Enthalpi reaktan)} = -2191,534 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{r363,15} \text{ (Enthalpi reaktan)} = -2186,946 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G_f^{\circ} \text{ (Energi bebas)} = -2279,59 \text{ kJ/mol}$$

Menghitung harga konstanta keseimbangan pada suhu 25°C (298 K)

$$\Delta G_f^{\circ} = -RT \ln K_{298 K}$$

$$\begin{aligned}
 \ln K_{298 K} &= \frac{\Delta G_f^{\circ}}{-RT} \\
 &= \frac{-2279,63}{-8,314 \times 298} \\
 &= 0,9201
 \end{aligned}$$

$$K_{298 K} = 2,5095$$

Menghitung harga konstanta keseimbangan pada suhu 100°C(363,15 K)

$$\ln \left(\frac{K_{363,15}}{K_{298}} \right) = \frac{\Delta H_f 298 \text{ K}}{R} x \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)$$

$$\ln \left(\frac{K_{363,15}}{2,5095} \right) = \frac{-1949,738}{8,314} \left(\frac{1}{363,15} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\frac{K_{363,15}}{2,5095} = \exp(0,1412)$$

$$K_{363,15} = 2,89$$

Karena nilai $K_{363,15} > 0$, maka reaksi yang terjadi adalah reaksi searah.

d. Tinjauan kinetika dan thermodinamika

Data kinetika : $X_a = 98\% = 0,98$

$t = 72$ menit

a) Batuan fosfat = 33%

BM = 141,94 kg/mol = 141940 gram/mol

$$CA_0 = 33 \frac{\text{gram}}{100 \text{ ml}} \times 141940 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 33 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} \div 14194 \frac{\text{gram}}{\text{mol}}$$

$$= 0,0002325 \text{ mol}/100 \text{ ml}$$

$$= 0,002325 \text{ mol}/L$$

$$CA = CA_0(1-X_a)$$

$$= 0,002325 (1-0,98)$$

$$= 0,0000465 \text{ mol}/L$$

b) $H_2SO_4 = 98\%$

BM = 98,08 gram/mol

$$CB_0 = 98 \frac{\text{gram}}{100 \text{ ml}} \times 98,08 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} = 98 \frac{\text{gram}}{\text{mol}} \div 98,08 \frac{\text{gram}}{\text{mol}}$$

$$= 0,9918 \text{ mol}/100\text{ml}$$

$$= 9,9918 \text{ mol}/L$$

$$CB = CB_0 - CA_0 \cdot X_a$$

$$= 9,9918 - 0,002325 \cdot (0,98)$$

$$= 9,9895 \text{ mol}/L$$

➤ Orde 2

$$(-ra) = kCA.CB$$

$$\frac{-dCA}{dt} = kCA.CB$$

$$(-ra) = k(CA_0 - CA_0.Xa)(CB_0 - CA_0.Xa)$$

$$\rightarrow M = CB_0/CA_0$$

$$(-ra) = kCA_0^2 (1-Xa)(M - Xa)$$

$$\int_0^{Xa} \frac{dxa}{(1-xa)(M-xa)} = CA_0.k \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{CB.CA_0}{CB_0.CA} = CA_0.kt$$

$$\ln \frac{9,9895 \times 0,002325}{9,9918 \times 0,0000465} = 0,1674 k$$

$$3,9117 = 0,1674 k$$

$$k = 23,36$$

Kemudian nilai k dimasukkan di persamaan Levenspiel :

$$t' = \frac{XA}{kCACB}$$

$$t' = \frac{0,98}{23,36 \times 0,0000465 \times 9,9895}$$

$$t' = 90 \text{ menit}$$

Waktu yang paling mendekati dengan waktu reaksi adalah pada orde 2 :

$$(-ra) = KCA.CB$$