

TUGAS AKHIR
MENGHITUNG EFISIENSI ROTARY DRYER
PRODUKSI PHONSKA IV PT PETROKIMIA GRESIK



Disusun oleh :

Yulia Rahmawati

NIM : 021180044

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2022

TUGAS AKHIR
MENGHITUNG EFISIENSI ROTARY DRYER
PRODUKSI PHONSKA IV PT PETROKIMIA GRESIK



Disusun oleh :

Yulia Rahmawati

NIM : 021180044

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA
YOGYAKARTA
2022

HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR
“Menghitung Efisiensi Rotary Dryer”
PRODUKSI PHONSKA IV PT PETROKIMIA GRESIK

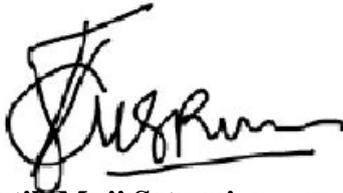
Disusun oleh

Yulia Rahmawati

NIM : 021180044

Telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan oleh :

Dosen Pembimbing I Tugas Akhir



Pada tanggal :31 – 01 - 2022.....

Ir. Tutik Muji Setyoningrum, M. T.

NIK. 1 9630924 199203 2 002

Dosen Pembimbing II Tugas Akhir



Pada tanggal :11 – 02 – 2022.....

Yuli Ristianingsih, S. T., M. Eng.

NIP. 1 9850713 201212 2 001



TUGAS AKHIR

“Menghitung Efisiensi Rotary Dryer”

PRODUKSI PHONSKA IV PT PETROKIMIA GRESIK

Dipersiapkan dan disusun oleh

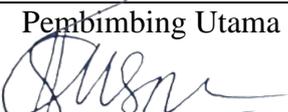
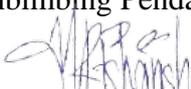
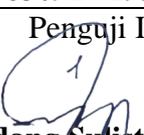
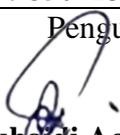
Yulia Rahmawati

NIM : 021180044

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Pada tanggal : 17 Maret 2022

Susunan Dewan Penguji

<p>Pembimbing Utama</p>  <p><u>Ir. Tutik Muji Setyoningrum, M. T.</u> NIK. 1 9630924 199203 2 002</p>	<p>Pembimbing Pendamping</p>  <p><u>Yuli Ristianingsih, S.T., M.Eng.</u> NIP. 1 9850713 201212 2 001</p>
<p>Penguji I</p>  <p><u>Ir. RR. Endang Sulistyawati, M. T.</u> NIK. 19610420 198903 2 001</p>	<p>Penguji II</p> <p>21-03-2022</p>  <p><u>Ir. Zubaidi Achmad, M. T.</u> NIP. 19591003 199103 1 001</p>

Laporan ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
Untuk memperoleh gelar Ahli Madya

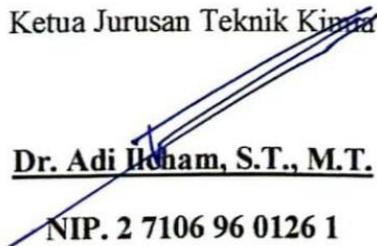
Koordinator Program Studi D3 Teknik Kimia



Susanti Rina Nugraheni, S. T., M. Eng.
NIK. 2 8309 12 0353 1

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Adi Ihsam, S.T., M.T.

NIP. 2 7106 96 0126 1



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini dibuat bertujuan untuk melaporkan hasil pengumpulan data dan pengolahan data yang didapat selama melakukan kerja praktik di PT Petrokimia Gresik dengan tugas khusus *Rotary Dryer* dan mendapatkan gelar Ahli Madya.

Dengan dibuatnya Tugas Akhir ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa.
2. Orang tua penulis yang telah memberikan bantuan moril dan material.
3. Dr. Adi Ilcham, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
4. Susanti Rina Nugraheni, S.T., M.Eng. selaku Koordinator Program Studi D3 Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
5. Ir. Tutik Muji Setyoningrum, M.T. dan Ibu Yuli Ristianingsih, S. T., M. Eng. selaku dosen pembimbing I dan II Tugas Akhir.
6. Pimpinan PT Petrokimia Gresik yang telah memberi kesempatan untuk melakukan kegiatan Kerja Praktik Industri.
7. Bapak Rizza Ghozali, S. T. selaku pembimbing lapangan.
8. Semua pihak yang telah memberikan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung.

Pada laporan Tugas Akhir ini sangat dimungkinkan masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki. Segala bentuk kritik dan saran akan diterima dengan baik dan diharapkan dapat membantu dalam penulisan laporan selanjutnya agar lebih baik lagi. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat menambah wawasan dan pengetahuan bagi pembaca.

Yogyakarta, 02 Februari 2022

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR	II
HALAMAN PENGESAHAN SIDANG TUGAS AKHIR.....	III
KATA PENGANTAR.....	IV
DAFTAR ISI.....	V
DAFTAR GAMBAR.....	VII
DAFTAR TABEL	VIII
DAFTAR LAMPIRAN	IX
ABSTRAK	1
BAB I PROFIL PERUSAHAAN DAN SISTEM PRODUKSI	2
I.1. PROFIL PERUSAHAAN	2
<i>I.1.1. Sejarah Perusahaan.....</i>	<i>2</i>
<i>I.1.2. Produk – Produk PT Petrokimia Gresik.....</i>	<i>3</i>
<i>I.1.3. Menejemen dan Organisasi PT Petrokimia Gresik.....</i>	<i>4</i>
<i>I.1.4. Unit Produksi Phonska IV</i>	<i>5</i>
I.2. SISTEM PRODUKSI	8
<i>I.2.1. Bahan Baku Utama.....</i>	<i>8</i>
<i>I.2.2. Bahan Pembantu.....</i>	<i>10</i>
<i>I.2.3. Penyiapan Bahan Baku</i>	<i>10</i>
<i>I.2.4. Proses Produksi</i>	<i>11</i>
<i>I.2.5. Alat Proses di Pabrik Phonska IV</i>	<i>19</i>
<i>I.2.6. Utilitas</i>	<i>24</i>
BAB II TUGAS KHUSUS	33
II.1. LATAR BELAKANG.....	33
II.2. TUJUAN	34
II.3. TINJAUAN PUSTAKA	35



II.4. DATA LAPANGAN	39
II.5. METODE	40
II.6. HASIL PENGOLAHAN DATA	42
II.7. PEMBAHASAN	43
BAB III KESIMPULAN.....	44
III.1. KESIMPULAN	44
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN.....	46
LAMPIRAN A. SURAT KETERANGAN KERJA PRAKTIK DARI FAKULTAS.....	47
LAMPIRAN B. SURAT KETERANGAN SELESAI KERJA PRAKTIK PERUSAHAAN.....	48
LAMPIRAN C. PERHITUNGAN NERACA MASSA DAN NERACA PANAS.....	49
LAMPIRAN D. HUMIDITY CHART	59
LAMPIRAN E. PROPERTIES OF AIR.....	60
LAMPIRAN F. PEFD UNIT PHONSKA IV	61
LAMPIRAN G. DOKUMENTASI	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1. Menejemen dan Organisasi PT Petrokimia Gresik	4
Gambar I.2. Alur Produksi Pupuk PT. Petrokimia Gresik.....	8
Gambar I.3. Diagram Alir Pabrik Pupuk Phonska IV	11
Gambar I.4 Tangki Pre-Neutralizer.....	19
Gambar I.5 Granulator Rotary Drum	21
Gambar I.6 Dryer Rotary Drum	23
Gambar I.7. Diagram Alir Proses Pengolahan Air PT Petrokimia Gresik.....	25
Gambar II.1 Diagram Neraca Massa.....	38
Gambar II.2. Diagram Alir Neraca Massa pada <i>Rotary Dryer</i>	40
Gambar II.3. Diagram Alir Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i>	41

DAFTAR TABEL

Tabel I.1. Produk – Produk PT Petrokimia Gresik	3
Tabel I.2. Manfaat Unsur Hara pada Pupuk Phonska	6
Tabel I.3. Spesifikasi Bahan Baku Produksi Phonska IV	9
Tabel I.4 Sumber dan Pengolahan Limbah B3	32
Tabel I.5 Macam-Macam Limbah PT Petrokimia Gresik.....	32
Tabel II.1. Data Kapasitas Panas.....	39
Tabel II.2. Tabel Neraca Massa <i>Rotary Dryer</i>	42
Tabel II.3. Tabel Neraca Panas <i>Rotary Dryer</i>	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Surat Keterangan Kerja Praktik dari Fakultas	47
Lampiran B. Surat Keterangan Selesai Kerja Praktik dari Perusahaan	48
Lampiran C. Perhitungan Neraca Massa dan Neraca Panas	49
Lampiran D. Humidity Chart	59
Lampiran E. Properties of Air	60
Lampiran F. PEFD Unit Phonska IV	61
Lampiran G. Dokumentasi	62

ABSTRAK

PT Petrokimia Gresik merupakan perusahaan milik negara dan produsen pupuk terlengkap di Indonesia yang memproduksi berbagai macam pupuk dan non pupuk. PT Petrokimia Gresik memiliki tiga unit produksi yakni unit produksi I, unit produksi II, dan unit produksi III. Unit produksi I terdiri dari pabrik ammonia, pabrik pupuk urea, dan pabrik pupuk ammonium sulfat I/III. Unit produksi II terdiri dari unit produksi II A dan unit produksi II B. Unit produksi III terdiri dari pabrik asam fosfat, pabrik asam sulfat, pabrik cement retarder, pabrik aluminium florida, serta pabrik ZA II.

Departemen Produksi IIB menghasilkan pupuk NPK Phonska, NPK Kebomas dan ZK. Dengan unit produksi di Departemen Produksi IIB meliputi pabrik NPK I, II, III, IV, pabrik NPK Phonska IV dan pabrik pupuk ZK. Pada proses produksi phonska IV di dalam rotary dryer (02-M-362) terjadi pengeringan produk yaitu pengurangan kadar air dari 2,5% menjadi kadar air maksimal produk 1,5%. Pupuk phonska IV memiliki sifat higroskopis sehingga perlu diperhatikan kadar air pupuk. Kadar air 1,5% merupakan spesifikasi produk phonska yang telah ditetapkan karena jika produk memiliki kadar air yang sangat sedikit atau produk terlalu kering akan menyebabkan produk mudah mengalami cracking.

Di dalam proses pengeringan pupuk pada rotary dryer diperlukan perhitungan efisiensi thermal untuk mengetahui unjuk kerja dan efektivitas rotary dryer selama proses berlangsung. Data yang diperlukan untuk menghitung efisiensi thermal diperoleh dengan studi literature dan data produksi dari pembimbing lapangan.

Dari hasil perhitungan, evaluasi efisiensi thermal di rotary dryer dihasilkan sebesar 96,26% dari neraca panas diperoleh panas masuk sebesar 50.686.335,289 kJ/jam, sedangkan panas keluar sebesar 48.789.103,662 kJ/jam, serta panas yang hilang (Q_{lost}) sebesar 1.897.231,289 kJ/jam.

BAB I

PROFIL PERUSAHAAN DAN SISTEM PRODUKSI

I.1. Profil Perusahaan

PT. Petrokimia Gresik merupakan produsen pupuk terlengkap di Indonesia yang memproduksi berbagai macam pupuk dan bahan kimia untuk solusi *agroindustry*. Perusahaan berlogo Kebomas, dan berlokasi di Kabupaten Gresik, Jawa Timur, Indonesia ini adalah Anak Perusahaan PT. Pupuk Indonesia (Persero). PT. Petrokimia Gresik berkomitmen untuk terus tumbuh dan berkembang bersama masyarakat, demi mendukung terwujudnya ketahanan pangan nasional dan kemajuan dunia pertanian.

PT Petrokimia Gresik adalah salah satu produsen pupuk yang mendapat amanah dari pemerintah untuk ikut memenuhi kebutuhan pupuk nasional dalam rangka mewujudkan kedaulatan dan kemandirian pangan nasional. PT Petrokimia Gresik menempati lahan seluas 450 hektar berlokasi di Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur.

(Sumber : <http://www.petrokimia-gresik.com>)

I.1.1. Sejarah Perusahaan

Awalnya, proyek pembangunan pabrik pupuk di kota Gresik-Jawa Timur dilakukan oleh pemerintah pada tahun 1964. Proyek pembangunan pabrik pupuk ini diberi nama Proyek Petrokimia Surabaya. Setelah beberapa tahun mengalami penundaan karena faktor kesulitan biaya, pembangunan pabrik pupuk ini akhirnya berhasil diselesaikan, dan pengoperasian perdananya secara resmi dilakukan pada tanggal 10 Juli 1972 oleh Presiden Republik Indonesia Soeharto. Tanggal 10 Juli kemudian di tetapkan sebagai hari jadi PT. Petrokimia Gresik.

Pada mulanya perusahaan ini berada di bawah Direktorat Industri Kimia Dasar, tetapi sejak tahun 1992 berada di bawah Departemen Perindustrian dan pada awal tahun 1997 PT. Petrokimia Gresik berada dibawah naungan Departemen Keuangan. Akan tetapi, akibat adanya krisis

moneter yang dialami bangsa Indonesia menyebabkan PT. Petrokimia Gresik menjadi Holding Company PT. Pupuk Sriwijaya pada tahun 1997.

Seiring dengan perjalanan waktu serta perkembangan perekonomian nasional dan global, PT. Petrokimia Gresik pun mengalami perubahan status perusahaan, pada tahun 2012 struktur korporasinya berada dibawah PT. Pupuk Indonesia (Persero) atau Pupuk Indonesia Holding Company (PIHC).

PT Petrokimia Gresik merupakan perusahaan milik negara dan produsen pupuk terlengkap di Indonesia yang memproduksi berbagai macam pupuk, seperti: Urea, ZA, SP-36, NPK Phonska, DAP, NPK Kebomas, ZK dan pupuk organik yaitu Petrogenik. PT Petrokimia Gresik juga telah memproduksi produk non pupuk seperti Asam Sulfat, Asam fosfat, Amoniak, *Dry Ice*, Aluminum Fluoride, *Cement Retarder*, dll.

(Sumber: <http://www.petrokimia-gresik.com/Pupuk/Sejarah.Perusahaan>)

I.1.2. Produk – Produk PT Petrokimia Gresik

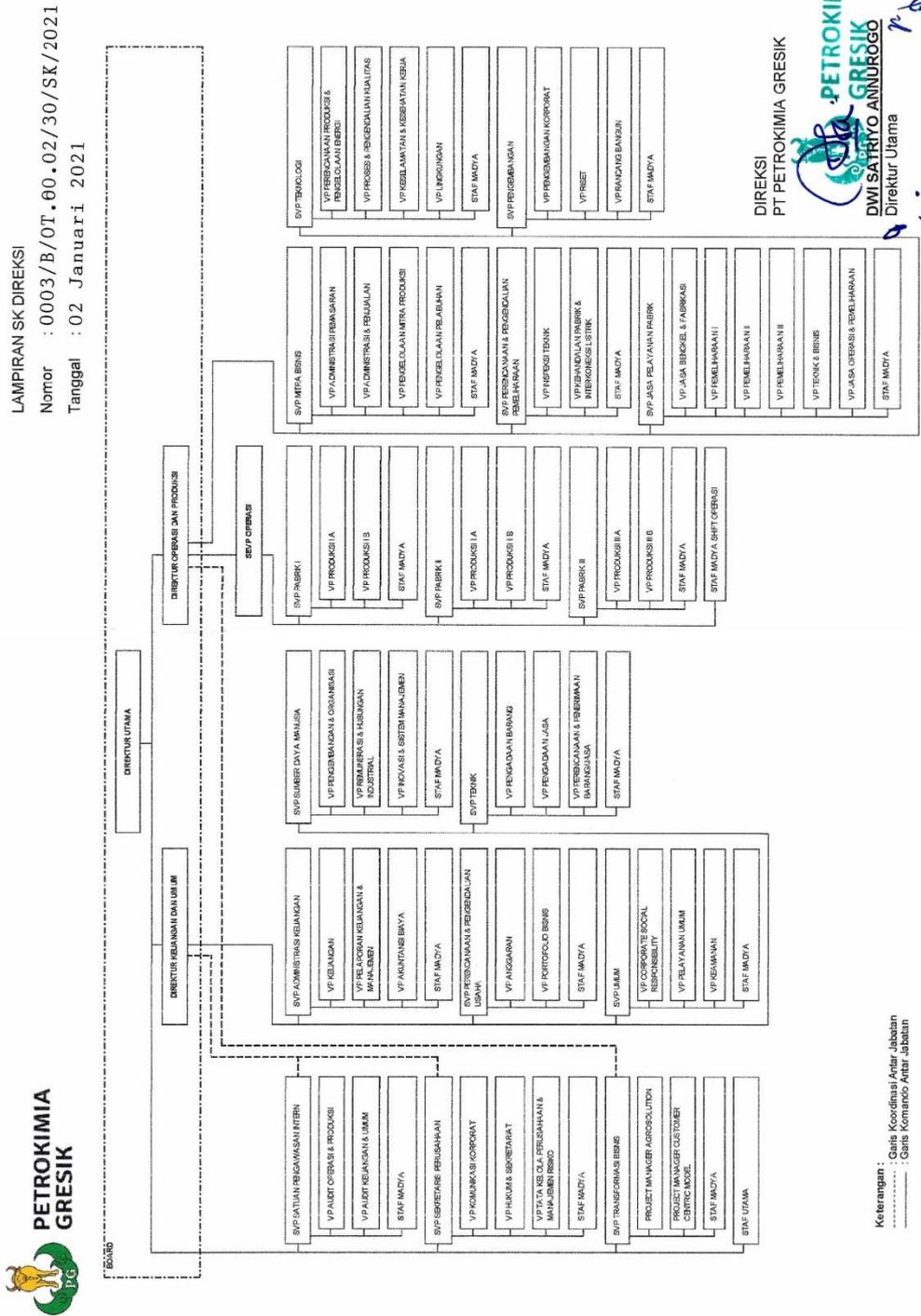
Tabel I.1. Produk – Produk PT Petrokimia Gresik

Pupuk	Non Pupuk
Pupuk Urea	Cement Retarder
Pupuk ZA	Bahan Kimia
Pupuk SP-36	Kapur Pertanian
Pupuk ZK	Petro-gas
Pupuk Phonska	Petro-gladiator
Pupuk NPK	Petro-hybrid
Pupuk Spesifikasi Komoditi	Petro-seed
Pupuk Petrogenik	Petro-hi corn
Pupuk Petro Bio Fertile	Petro-fish
Pupuk KCl	Petro-chili, petro-chick,
Rock Phosphate	Petro-biofeed, Fit rice, dan jasa.

(Sumber : <http://www.petrokimia-gresik.com/Pupuk/Info.Produk>)



I.1.3. Manajemen dan Organisasi PT Petrokimia Gresik



Gambar I.1. Manajemen dan Organisasi PT Petrokimia Gresik

I.1.4. Unit Produksi Phonska IV

Departemen Produksi IIB menghasilkan pupuk NPK Phonska, NPK Kebomas dan ZK. Dengan unit produksi di Departemen Produksi IIB meliputi pabrik NPK I, II, III, IV, pabrik NPK Phonska IV dan pabrik pupuk ZK.

Unit produksi Phonska IV adalah salah satu unit produksi dari PT. Petrokimia Gresik yang memproduksi pupuk phonska dengan kapasitas produksi 600.000 ton/tahun. Phonska IV awal di operasikan pada tahun 2011 dan terus beroperasi sampai sekarang. Desain awal dari phonska IV menggunakan teknologi INCRO SA dari Spayol dengan menggunakan *pipe reactor* (PR). Kapasitas produksi phonska IV pada saat itu di desain 450.000 ton/tahun. kemudian dilakukan modifikasi proses dan peralatan proses menggunakan proses baru, PT. Petrokimia Gresik dengan menggunakan reaktor *preneutralizer* (PN) sehingga kapasitas produksinya menjadi 600.000 ton/tahun sampai sekarang.

Proses Produksi Phonska IV dilakukan secara *continue* dengan empat regu shift pegawai di mana pada setiap harinya ada tiga regu yang bekerja dan satu regu lainnya istirahat. Waktu bekerja tiap shift adalah delapan jam di mana pembagian waktunya adalah jam 07.00-15.00 , jam 15.00-23.00 dan jam 23.00-07.00.

Produk unit produksi Phonska IV adalah pupuk phonska yang di bagi menjadi dua yaitu subsidi dan nonsubsidi. Perbedaan antara kedua produk tersebut adalah pada warna produk di mana warna phonska subsidi berwarna merah dan phonska nonsubsidi berwarna putih. Selain itu, untuk phonska nonsubsidi kandungan di dalamnya dapat dibuat sesuai permintaan pemesan sehingga tidak ada patokan yang pasti untuk kandungan di dalam phoska nonsubsidi. Untuk phonska bersubsidi memiliki kandungan sebagai berikut :

- a. Nitrogen (N) : 15%
- b. Fosfat (P_2O_5) : 15%
- c. Kalium (K_2O) : 15%
- d. Sulfur (S) : 10%

b) Sifat Pupuk Phonska

Sifat Fisik :

- a. Kandungan air maksimal 1,5%
- b. Berwarna merah muda atau putih
- c. Berbentuk granul
- d. Mudah larut dalam air
- e. Bersifat higroskopis

Sifat Kimia :

- a. Mengandung unsur hara N P K dan S
- b. Merupakan senyawa anorganik
- c. Bersifat netral

c) Keunggulan dan Manfaat Pupuk Phonska

Keunggulan pupuk phonska antara lain :

- a. Kandungan unsur hara setiap butir pupuk merata
- b. Larut dalam air sehingga mudah diserap tanaman
- c. Meningkatkan produksi dan kualitas panen
- d. Mengandung unsur hara N P K dan S sekaligus

Manfaat unsur hara pada pupuk phonska dapat dilihat pada tabel I.2 :

Tabel I.2. Manfaat unsur hara pada pupuk phonska

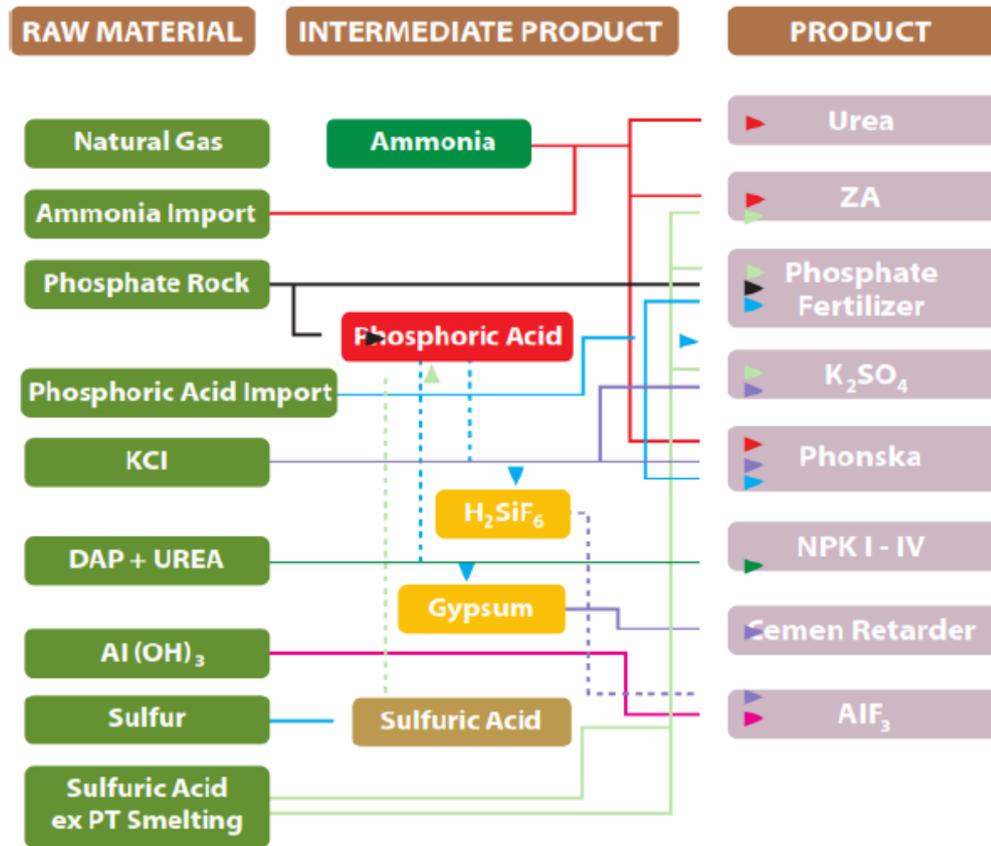
Unsur Hara	Manfaat
Nitrogen (N)	Membuat tanaman lebih hijau segar Mempercepat dan meningkatkan pertumbuhan tanaman Meningkatkan kandungan protein hasil panen
Fosfor (P)	Memacu pertumbuhan akar dan pembentukan perakaran yang baik Mempercepat pembentukan bunga serta masakny buah dan biji

	Meningkatkan rendeman dan komponen hasil panen tanaman biji – bijian Meningkatkan mutu benih dan bibit
Kalium (K)	Membantu tanaman lebih tegak dan kokoh Meningkatkan daya tanah tanaman terhadap serangan hama, penyakit, dan kekeringan Meningkatkan pembentukan gula dan pati Meningkatkan ketahanan hasil panen selama pengangkutan dan penyimpanan
Sulfur (S)	Meningkatkan produksi tebu dan hasil gula (rendemen) Meningkatkan kelas mutu hasil panen dengan memperbaiki warna, aroma rasa, dan besar umbi, serta lebih kesat Membantu tanaman menjadi hijau

(Sumber : <https://petrokimia-gresik.com/product/phonska?hl=en>)

I.2. Sistem Produksi

Gambaran alur proses produksi pupuk PT. Petrokimia Gresik yang dimulai dari bahan baku, produk setengah jadi, hingga produk jadi sebagai berikut :



Gambar I.2. Alur Produksi Pupuk PT. Petrokimia Gresik

I.2.1. Bahan Baku Utama

Bahan baku utama yang digunakan untuk memproduksi pupuk phonska adalah Asam Fosfat, KCl, Urea, Amoniak, Asam Sulfat, dan ZA. Spesifikasi bahan baku tersebut dapat dilihat pada tabel I.3.

Tabel I.3. Spesifikasi Bahan Baku Produksi Phonska IV

Bahan Baku	Fungsi	Spesifikasi
Asam Fosfat	Sumber utama unsur P	P_2O_5 : 50% minimal SO_4^{2-} : 3,5% maksimal F^- : 1,5% maksimal Al_2O_3 : 0,8% maksimal Fe_2O_3 : 0,8% maksimal MgO : 0,8% maksimal SiO_2 : 0,5% maksimal <i>Specific gravity</i> : 1,640 Temperatur: 33°C Tekanan: 5 kg/cm ²
Asam Sulfat	Mempermudah proses granulasi	Konsentrasi : 98% H_2SO_4 minimal <i>Specivic gravity</i> : 1,840 Temperatur: 33°C Tekanan: 5 kg/cm ²
Amoniak	Sebagai sumber utama unsur N	Konsentrasi: 99,5% NH_3 minimal Kadar air: 0,5% maksimal Temperatur : -33°C
Urea	Memperbaiki permukaan granul dan mempermudah proses granulasi	Kadar N: 46% berat total N minimal Kadar air: 0,5% maksimal Ukuran granul: 0,5 – 2 mm <i>Bulk Desity</i> : 1300 kg/m ³
Ammonium Sulfat	Mempermudah proses granulasi dan menambah grade NPK	Kadar N: 21% berat total N minimal Kadar air: 0,15% maksimal Ukuran granul: 0,5 – 1,2 mm
Kalium Klorida	Sebagai sumber utama unsur K	Kadar K_2O : 60% minimal Kadar air : 0,1% maksimal Ukuran granul : 0,5 – 1,2 mm <i>Bulk Density</i> : 1300 kg/m ³

(Sumber: <http://www.petrokimia-gresik.com/Pupuk/Bahan.Kimia>)

I.2.2. Bahan Pembantu

Bahan pembantu yang digunakan sebagai berikut :

- a) Coating Powder
Asal : Impor dari Spanyol
Fungsi : Sebagai bahan pelapis granul NPK agar meminimalisir *caking* karena phonska bersifat higroskopis.
- b) Coating Oil
Asal : Impor dari Arab
Fungsi : Sebagai pelapis pada permukaan produk.
- c) Pigmen
Asal : Impor dari Spanyol
Fungsi : Sebagai pewarna produk phonska bersubsidi

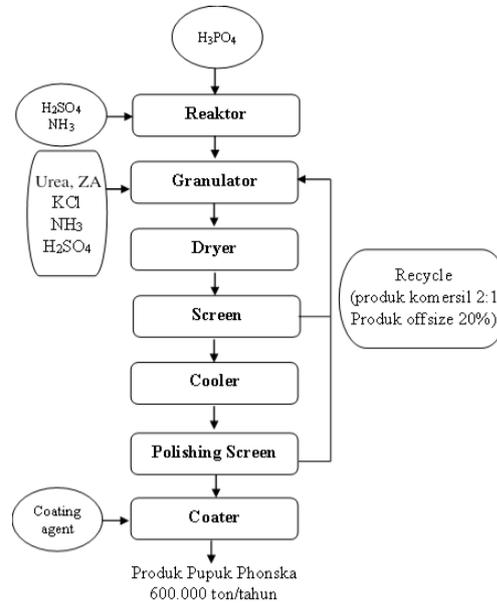
I.2.3. Penyiapan Bahan Baku

Bahan baku padat dari gudang penyimpanan ke pabrik dapat dilakukan dengan menggunakan *belt conveyor*. Urea, ZA, KCl, dan *Filler* diumpankan ke dalam *hopper* menggunakan *payloader*. *Hopper* yang berada di gudang penyimpanan digunakan sebagai media penyimpanan bahan baku padat tersebut ke *belt conveyor*. Bahan baku yang dilewatkan dengan *belt conveyor* akan terlebih dahulu melewati *filter magnetic* untuk menghilangkan logam yang terikat dalam bahan baku. Selanjutnya bahan-bahan tersebut akan dipindahkan ke pabrik. Bahan baku tersebut akan dimasukkan ke dalam 4 buah bin yang digunakan untuk menyimpan urea, ZA, KCl dan *filler*. Sedangkan bin terakhir digunakan untuk tumpahan yang dapat dipakai sebagai bahan baku cadangan.

Bahan baku cair di simpan dalam tangki penyimpanan khusus dimana tangki tersebut di lapisi dengan *rubber* agar tahan terhadap korosi karena cairan yang korosif. Tangki penyimpanan tersebut juga terhubung dengan pabrik III yang memproduksi asam sulfat dan asam fosfat melalui pipa. Selain itu tangki penyimpanan di pabrik III juga terhubung dengan PT. Petrojordan dan PT. Smelting.

I.2.4. Proses Produksi

Adapun proses produksi NPK Phonska IV dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini.



Gambar I.3. Diagram Alir Pabrik Pupuk Phonska IV

Proses produksi pada phonska IV terdiri dari solid base dan liquid base. Pada solid base, pencampuran bahan baku padat terjadi di granulator. Sedangkan pada liquid base, pencampuran atau pereaksian bahan baku cair terjadi di reaktor preneutralizer. Alur produksi secara keseluruhan adalah sebagai berikut :

a) Pengumpanan Bahan Baku

Bahan baku padat dari gudang penyimpanan ke pabrik dapat dilakukan dengan menggunakan *belt conveyor*. Bahan baku tersebut akan dimasukkan ke dalam 4 buah bin yang digunakan untuk menyimpan urea, ZA, KCl dan *filler*. Sedangkan bin terakhir digunakan untuk tumpahan yang dapat dipakai sebagai bahan baku cadangan.

Berat bahan baku dalam *bin* dikonversikan sebagai ketinggian. *Bin* dilengkapi dengan indikator ketinggian. Bila ketinggian bahan baku dalam *bin* terlalu tinggi, *high level switch* akan menyebabkan *interlock* pada sistem pengumpanan bahan baku yang berhubungan dengan gudang

penyimpanan, sehingga operator *pay loader* akan menghentikan sistem pengumpanan. Alarm juga akan bekerja jika terdapat kesalahan pada *weighing cell* atau kesalahan pembacaan akibat adanya penyumbatan di dalam *bin*.

Pada bagian bawah masing-masing bin terdapat pintu keluaran manual yang jika dibutuhkan dapat digunakan untuk mengisolasi bin. Selain itu terdapat juga *belt conveyor* yang kecepatannya diatur oleh pengontrol umpan pada *bin*. Semua *belt conveyor* itu dipasang *loading cell* yang memberikan indikasi jumlah aliran material yang sebenarnya. Timbangan elektronik dapat dioperasikan secara otomatis dari *control room*.

Bahan baku padat akan dikumpulkan di *drag conveyor* dan selanjutnya akan diangkat oleh *bucket elevator* untuk diumpankan menuju granulator. *Recycle* juga dimasukkan ke dalam granulator.

b) Penyiapan *Slurry*

Proses penyiapan *slurry* terjadi di dalam *pre-neutralizer tank*. Bahan-bahan yang digunakan antara lain asam fosfat, asam sulfat, dan amoniak serta *steam* dan cairan hasil pencucian di *scrubber*. *Steam* digunakan untuk menaikkan suhu reaksi. Selain itu, *steam* juga dapat digunakan untuk membersihkan pipa amoniak saat akan dilakukan *shutdown*.

Adapun reaksi yang terjadi pada *pre-neutralizer* adalah :

1. Pembentukan ZA



2. Pembentukan MAP



3. Pembentukan DAP



Pre-neutralizer memiliki pengontrol laju alir fosfat dan amoniak cair. Asam fosfat yang diumpankan ke dalam *pre-neutralizer* berasal

dari unit *scrubbing*. Asam ini dicampurkan dengan asam fosfat konsentrasi tinggi yang diumpangkan ke dalam *pre-neutralizer*. Air proses kadang - kadang juga ditambahkan ke dalam *pre-neutralizer* untuk mengencerkan asam fosfat tersebut. Amoniak yang digunakan adalah amoniak cair agar volume pipa yang digunakan lebih kecil. Amoniak dan asam sulfat diumpangkan ke dalam tangki melalui dinding bagian bawah tangki, sedangkan asam fosfat diumpangkan melalui bagian atas tangki. Kondisi operasi pada *pre-neutralizer* adalah vakum dengan suhu operasi sekitar 115°C.

c) Proses Granulasi

Proses terjadinya granulasi terbagi menjadi 3 proses utama, yaitu *inisiasi*, *aglomerasi/akresi* dan *breakage*. Proses *inisiasi* berlangsung ketika bahan baku dihomogenkan. Pada saat tersebut, bahan baku masih berupa butiran halus. Butiran halus inilah yang akan menjadi inti granul. *Aglomerasi* merupakan proses menyatunya inti granul menjadi granula yang lebih besar dengan bantuan binder. Dalam proses pembuatan NPK granulasi ini, clay berfungsi sebagai binder. *Akresi* merupakan proses terbentuknya granul secara bertahap dengan terbentuknya layer pada inti granul. *Breakage* merupakan proses rusaknya granula. Hal ini dapat disebabkan oleh tingginya kadar air dalam granula, tingginya suhu lingkungan, atau karena proses mekanik.

Semua bahan baku padat dan slurry dari *pre-neutralizer tank* serta *recycle* yang berasal dari produk berbentuk butiran halus, produk *oversize*, produk *undersize* dan sebagian produk komersil untuk menjaga keseimbangan air dan panas yang digunakan. *Recycle ratio* pada proses ini sebanyak 2:1 tergantung pada jumlah produk yang dihasilkan. Pada semua *grade*, asam sulfat dapat langsung ditambahkan ke dalam granulator yang selanjutnya akan bereaksi dengan amoniak yang dimasukkan melalui *ploughshare*. Reaksi asam sulfat ini terjadi pada permukaan granul menyebabkan granul tetap kering (yang merupakan suatu keuntungan jika digunakan urea dengan kelarutan tinggi), keadaan

ini jugadapat membuat granul menjadi lebih keras sehingga lebih mudah dalam hal penyimpanan dan penanganan. Proses granulasi antara bahan baku padat dan *slurry* membentuk granul phonska akibat terjadinya reaksi kimia dan fisis. Reaksi yang terjadi di dalam granulator sebagai berikut :

1. Pembentukan ZA



2. Pembentukan DAP



Proses ini berlangsung pada suhu sekitar 85-90°C. Granulator dilengkapi dengan *flexing rubber panels* untuk menghindari *scalling* atau penumpukan produk. Granulator dilengkapi dengan *lump kicker* bertujuan untuk mencegah adanya gumpalan yang tersisa di dalam drum yang dapat mengganggu aliran padatan dan menjaga agar gumpalan tersebut tidak terbawa ke dalam *dryer*. *Lump kicker* akan mengeluarkan gumpalan ke dalam *grizzly* yang akan membuat gumpalan tersebut terpisah-pisah akibat aksi perputaran.

Padatan keluar dari granulator dengan kandungan kadar air normal 2-4% dan diumpankan secara gravitasi ke dalam *dryer* untuk meperoleh kadar air yang diinginkan maksimal yaitu 1,5%. Gas yang terbentuk dalam granulator dihisap melalui granulator *pre-scrubber* untuk menangkap kembali sisa amoniak dan debu yang lolos. Pada alat granulator, bagian depan *outlet* alat terbuka dengan diberi kaca, tujuannya adalah memudahkan control, dengan adanya kaca tersebut dapat memudahkan operator mengontrol alat granulator tersebut.

d) Pengeringan (*Drying*)

Dryer ini akan mengeringkan padatan keluaran granulator hingga kadar airnya mencapai maksimal 1,5% menggunakan udara pengering dengan arah *co current*. Udara pengering yang digunakan dari udara

pembakaran dengan suhu sekitar 200-300°C. Udara pengering terdiri dari udara pembakaran dan *dilution* air, penambahan *dilution* air untuk menurunkan suhu udara pembakaran hingga mencapai 120-170°C. Udara yang keluar dari *dryer* memiliki suhu maksimal 99°C. *Combustion chamber* menggunakan bahan bakar batu bara sebagai media pemanas.

Drum *dryer* juga dilengkapi dengan *grizzly* (pemisah bongkahan) untuk menghancurkan gumpalan yang dapat menyumbat aliran keluaran *dryer* menuju *elevator*. Apabila gumpalan sampai keluar, *grizzly* akan mengangkat dan membuangnya ke dalam *hopper* lalu diumpankan ke dalam *lump crusher*. Gumpalan yang telah hancur akan bergabung dengan keluaran *dryer* pada konveyor. *Belt conveyor* tersebut dilengkapi dengan pemisah magnetik untuk memisahkan material besi yang terbawa dalam produk yang dapat merusak *screen* atau *crusher*. Timbangan dapat dipasang untuk memeriksa jumlah produk di dalam proses granulasi / *loop recycle*.

Udara yang keluar dari *dryer* mengandung sejumlah amonia yang lepas dari produk, debu, dan air yang teruapkan dari produk saat dikeringkan. Udara akan dimasukkan ke dalam *cyclone*, untuk memisahkan sebagian besar partikel yang terbawa gas. *Cyclone* ini dilengkapi dengan rantai pembersih dan *small vibrator* (elektrik) untuk mencegah penumpukan di dinding *cyclone*. Setiap *cyclone* juga dilengkapi dengan sebuah *hopper* dan *valve* berjenis *discharge flap*, untuk mengeluarkan debu dan digabungkan dengan *recycle product* pada *recycle belt conveyor*.

Setelah proses pemisahan partikulat, gas dihisap ke dalam *dryer scrubber*. *Dryer exhaust fan* dipasang pada aliran keluaran *scrubber* dan dilengkapi dengan *inlet damper* untuk mengatur jumlah udara.

Produk kering diumpankan ke *exit dryer conveyor* yang akan membawa produk ke penyaring melalui *screen feeder*.

e) Pengayakan (*Screening*)

Screen feeder pertama berguna untuk mengoptimalkan distribusi



produk yang akan melewati *screen*. *Screen* bertipe *double deck* digunakan karena memiliki efisiensi yang tinggi dan kemudahan dalam pemeliharaan dan pembersihannya, dilengkapi dengan motor *vibrator* dan *self cleaning system*. *Screen* ini memiliki ukuran 4 - 10 mesh. Dan *screen* bagian bawah berukuran 10 mesh. Produk dengan ukuran yang sesuai (*onsize*) dari *screening* diumpankan langsung ke *small recycle regulator bin*. Sedangkan untuk produk *oversize* akan dihancurkan terlebih dahulu di *crusher* dan bersama produk *undersize* akan dikembalikan ke granulator dengan *recycle conveyor*. Conveyor tersebut memiliki kecepatan motor yang berbeda-beda. Kecepatan motor tersebut bergantung pada set point produk *extractor weigher*, untuk mengatur jumlah produk komersil menuju bagian akhir pengolahan produk. Sisa produk komersil berukuran standart, yang biasanya berlebih akan dikembalikan ke *recycle belt conveyor* melalui *hopper*. Perhatian khusus harus diberikan kepada *recycle belt conveyor* karena dioperasikan pada kecepatan rendah, untuk mencegah terbuangnya produk, dan penutupnya harus didesain sedemikian rupa untuk mencegah debu.

Recycle Conveyor akan mengumpulkan partikulat dari seluruh unit *cyclone*, produk yang telah dihancurkan oleh *crusher*, butiran halus yang berasal dari *screen*, dan kelebihan produk *over flow*.

Keluaran *recycle drug conveyor* dimasukkan ke dalam granulator *elevator* yang menampung semua aliran *recycle* bersama-sama dengan bahan baku padat yang akan diumpankan ke dalam granulator.

f) Pendinginan (*Cooling*)

Produk *onsize* yang keluar dari conveyor diumpankan ke dalam *polishing screen* untuk menghilangkan butiran halus yang selanjutnya akan digabungkan dengan aliran recycle. Penyaring yang digunakan dilengkapi dengan *screen feeder*. Dari penyaringan ini, produk komersil akan dialirkan secara gravitasi menuju *cooler drum* yang menurunkan temperatur menggunakan udara kering pendingin yang berasal dari *heat*

exchanger yang digunakan untuk memanaskan amoniak. Proses pendinginan dilakukan menggunakan udara (pada suhu kamar) yang dialirkan menuju *cooler* dengan sistem *counter current* (berlawanan arah dengan aliran padatan) melalui *cooler fan*. Suhu keluaran *cooler* tidak boleh lebih dari 50°C untuk menghindari *caking* pada produk pupuk.

Partikel yang terbawa udara saat keluar dari pendingin diambil kembali di dalam *cyclone* dan dikumpulkan ke dalam *hopper*. Dari *hopper* ini partikulat akan dikembalikan ke *recycle conveyor*. Seperti halnya *cyclone* pada *dryer*, *cyclone* ini dilengkapi dengan *vibrator* kecil dan *flat type discharge valve*.

Udara bersih keluaran *cyclone* akan dikirim ke *final tail scrubber* gas untuk dicuci melewati *fan*. Untuk meningkatkan efisiensi energi. Sebagian dari udara hangat yang sudah bersih dimasukkan ke dalam drum sebagai udara pengencer melalui *fan*. Produk dingin dimasukkan ke *final product elevator*, yang kemudian dikirim ke *coating rotary drum*.

g) Pelapisan (*Coating*)

Proses *coating* dilakukan untuk pupuk terutama dengan formulasi urea agar sifat higroskopisnya berkurang, dan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya *caking* pada produk pupuk. *Coating agent* terbuat dari *silica powder* atau dolomit dan *coating oil*, spesifik sesuai keinginan.

Pada *final belt conveyor* dilengkapi dengan timbangan produk akhir dan tempat pengambilan sampel secara otomatis. Sampel diambil secara berkala dan digunakan untuk dianalisis kualitasnya. Produk dengan spesifikasi yang tepat dijamin tidak mengalami *caking* pada saat penyimpanan.

Untuk menambah sifat anti-*caking*, salah satu *coating agent* ditambahkan senyawa terminasi sehingga dapat memberikan daya tahan ekstra terhadap penyerapan air. Produk keluaran *coater* dimasukkan ke *final belt conveyor* yang akan mengirim produk ke gudang penyimpanan akhir.

h) Penyerapan Gas (*Scrubbing*)

Tujuan adanya system *scrubbing* untuk membersihkan gas buang sebelum dibuang ke atmosfer, dan menggunakan sebagian zat yang terkandung pada gas untuk digunakan kembali. Proses ini terbagi menjadi 4 tahap, antara lain:

- Tahap pertama, penyerapan gas dengan *granulator pre scrubber*, alat ini menyerap gas yang dihasilkan dari proses *pre-neutralizer* dan *granulator pre scrubber*. Pada *granulator pre scrubber* terdiri dari *ventury scrubber* dengan beda tekan rendah dan *cyclone tower*. Sisi dasar *cyclone tower* merupakan tangki penampung larutan dan larutan disirkulasikan menggunakan pompa juga sekaligus mentransfer sebagian larutan ke *pre-neutralizer*.
- Tahap kedua, penyerapan dengan 2 *ventury scrubber* dengan alat yang digunakan antara lain *dryer scrubber* untuk menangkap gas dari hasil *dryer cyclone*. Serta granulator dan *dedusting scrubber* digunakan untuk menangkap gas yang berasal dari granulator dan *cyclone*. Hasil larutan ditampung pada tangki larutan kemudian larutan tersebut disirkulasikan menggunakan pompa juga sekaligus mentransfer sebagian larutan ke *pre-neutralizer*.
- Tahap ketiga, menggunakan alat *gas scrubber* berfungsi untuk menangkap gas yang berasal dari 2 sistem *scrubber* yang telah disebutkan diatas dan yang berasal dari rotary *drum cooler*. *Scrubber* ini mempunyai 2 tahap penangkapan gas, pertama pada posisi saluran tegak tempat gas masuk dan kedua pada bagian mendatar. Sirkulasi larutan pencuci dengan pompa sekaligus mentransfer sebagian larutan ke *pre-neutralizer*.
- Tahap keempat, penyerapan dilakukan untuk memenuhi ketentuan emisi gas buang untuk memastikan udara yang dibuang ke atmosfer telah aman. Tahap ini dilakukan menggunakan *tower scrubber* yang dilengkapi dengan pompa sirkulasi. Pada saat sebagian besar amoniak tertangkap di *scrubber*, asam encer lebih banyak

digunakan untuk tahap pencucian kedua dengan tujuan menangkap debu (disamping sisa amoniak) sehingga emisi flour sangat kecil. Tambahan air di *pre neutralizer* disuplai dari *scrubber vessel* dengan pompa berupa air yang mengandung sedikit senyawa sulfat. Gas yang keluar dari *rotary drum cooler* akan ditangkap di dalam *tail gas scrubber*, untuk mengurangi kandungan debu bersama-sama gas dari tahap penyerapan kedua serta untuk mengurangi kadar flour didalamnya.

Tumpahan dari beberapa tangki atau bekas air untuk pembersihan ditampung di *sump tank* yang akan dikembalikan ke proses dengan pompa. Aliran larutan atau cairan yang masuk ke unit akan dikontrol dan diukur secara otomatis.

I.2.5. Alat Proses di Pabrik Phonska IV

a) Tangki Preneutralizer (PN)

- Spesifikasi Tangki *Pre-Neutralizer*

Fungsi	: Pembentukan <i>Slurry</i>
Jenis	: <i>Vertical Cylinder</i>
Kapasitas (desain)	: 43.273 ton/hari
Bahan	: <i>Stainless Steel 904 L/Rubber</i>
Temperature	: 113°C – 115°C
Ukuran	: 3,5 m (D); 4,5 (H)
Kecepatan putaran	: 56 rpm
Agitator	: <i>Double impeller with blades</i>
Vendor	: INCRO/ComSpain

- Gambar Alat



Gambar I.4 Tangki Pre-neutralizer

- Tujuan Tangki *Pre-neutralizer*

Alat ini bertujuan sebagai tempat reaksi netralisasi antara amonia dengan asam fosfat yang menghasilkan MAP (*Mono Ammonium Phosphate*) dan amonia dengan asam sulfat yang menghasilkan *Ammonium Sulfate* hingga mencapai perbandingan molar N/P = 0,7– 0,8.

- Prinsip Kerja

Di *preneutralizer* terjadi pencampuran atau pereaksian bahan baku cair antara asam sulfat, dan asam fosfat. Selain kedua bahan tersebut, terdapat juga umpan berupa *liquor* hasil bawah dari *prescrubber* yang di dalamnya terdapat kandungan asam fosfat, MAP dan sedikit NPK.

Tangki dilengkapi dengan pengaduk (*agitator*) yang berfungsi mengaduk bahan-bahan baku cair sehingga dapat meningkatkan efisiensi reaksi. Produk dari tangki *Pre Neutralizer* ini adalah *slurry* yang berupa *Mono Ammonium Phosphate* dan *Ammonium Sulfate* dan dengan suhu operasi 115°C. *Steam* bertekanan sedang digunakan untuk membersihkan tangki. Di dalam pipa terdapat tiga *switch interlock* yang secara otomatis akan menghentikan aliran asam fosfat dan amonia. Produk dari pipe reactor akan di-spray ke granulator dengan sparger yang dipasang di granulator.

- Cara Kerja

Bahan baku masuk berupa NH₃ cair yang dimasukkan ke dalam tangki melalui bagian sisi tangki sedangkan H₃PO₄ dimasukkan ke dalam tangki bagian atas serta H₂SO₄ yang dimasukkan ke dalam tangki melalui bagian sisi tangki. Kemudian dengan bantuan pengadukan, terjadi reaksi yang menghasilkan *slurry* NH₄H₂PO₄ atau MAP (*Mono Ammonium Phosphate*) serta (NH₄)₂SO₄ atau *Ammonium Sulfate*. Hasil dari reaksi tersebut kemudian dipompa menuju alat granulator.

Kondisi Operasi :

- N/P mol ratio = 0,7 – 0,8.
- Suhu slurry = 115 .
- Kadar air slurry 8-17%, kadar air akan lebih rendah jika digunakan asam fosfat lebih pekat.

b) Granulator Rotary Drum

- Spesifikasi Granulator Rotary Drum

Fungsi	: Pembentukan granul
Jenis	: Rotary Drum
Kapasitas (desain)	: 325 ton/jam
Dimensi	: 3,7 m (D), 7,7 m (L)
Bahan	: Carbon Steel + Rubber
Tekanan desain	: Atmosferik
Temperatur desain	: 50 – 88°C
Jumlah	: 1
Kecepatan putaran	: 11 rpm
Vendor	: INCRO/ComSpain

- Gambar Alat



Gambar I.5 Granulator Rotary Drum

- Tujuan *Granulator Rotary Drum*

Alat ini bertujuan untuk membuat produk berbentuk granul dari campuran *raw material* padat berupa KCl; Urea; serta ZA, hasil reaksi dari *Pre Neutralizer*, serta Amonia dan Asam Phospat cair.

- Prinsip Kerja *Granulator Rotary Drum*

Pembentukan granul oleh *raw material* dengan bantuan *spray slurry* hasil dari *Pre Neutralizer* beserta umpan produk yang akan di-*recycle* akan sangat membantu proses granulasi. Dengan adanya putaran yang dibenturkan dengan *grizzly* yang berada di tengah-tengah *granulator* menjadikan *granulator* tidak mudah menggumpal dengan gumpalan-gumpalan keras karena adanya benturan tersebut, dan proses aliran produk granul bisa didorong oleh adanya *grizzly* tersebut disamping juga memanfaatkan proses gravitasi karena produk selanjutnya akan dikirim ke *dryer* yang posisinya berada di bawah *granulator*.

- Cara Kerja

Granulator merupakan drum yang berputar tempat pembentukan granul. Bahan masuk melalui feeder yang terletak pada sudut atas granulator, bahan-bahan yang masuk antara lain ZA, urea, KCl, dan DAP serta hasil reaksi dari tangki *pre neutralizer* yaitu MAP dan *Ammonium Sulfate*. Bahan-bahan tersebut diaduk dan dicampur melalui perputaran *granulator* sehingga menghasilkan NPK yang berupa granul atau butiran.

Kondisi Operasi :

- Kadar air produk *granulator* 1,8-4 %
- Suhu granul $\pm 85^{\circ}\text{C}$
- pH minimal 6
- MR minimal 1,2

c) *Dryer Rotary Drum*

- Spesifikasi *Dryer Rotary Drum*

Fungsi : Pengeringan granul
Kapasitas : 350 ton/jam
Dimensi : 4,3 m (D); 33,5 m (L)
Bahan : *Carbon Steel with refractory lining*

Tekanan desain : 0,004 atm

Temperatur desain : 300°C

Jumlah : 1

Vendor : INCRO/ComSpain

- Gambar Alat



Gambar I.6 Dryer Rotary Drum

- Tujuan Dryer Rotary Drum

Alat ini bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam produk dari sekitar 2 - 4 % hingga mencapai kadar 1-1,5%.

- Prinsip Kerja

Dryer akan mengeringkan padatan granul dengan bantuan udara pengering yang disuplai dari *combution chamber* dengan arah *co current*. Dengan adanya putaran akan mempermudah granul untuk dikeringkan karena proses kontak dengan udara panas terjadi lebih sering, disamping itu proses pengeluaran produk granul dari dryer juga akan lebih mudah.

Kondisi Operasi :

- Temperatur udara masuk tergantung dari jumlah air yang harus diuapkan, dan dikendalikan otomatis berdasarkan temperatur udara keluar dengan TIC-105. Untuk proses NPK-urea base, temperatur udara masuk (TIC-106) maksimal 140°C. Untuk proses tanpa urea, temperatur udara masuk berkisar 250°C (maksimum 300°C), dan temperatur udara keluar maksimal 110°C.
- Peralatan pelengkap *dryer* adalah *Lump Crusher* di tengah *shell* sisi keluaran, dan *grizzly* sepanjang 800 mm yang dilengkapi

rangka besi membentuk sudut pengangkat bongkahan produk dan memasukkannya ke crusher.

- Gas dari *dryer* mengalir melalui *dryer cyclone* dihisap oleh *dryer exhaust fan*, gas langsung dialirkan menuju ke *scrubbing system* sebelum dibuang ke atmosfer.
- Cara Kerja

Granul hasil dari proses granulasi diumpankan melalui *feeder* yang berada pada sudut *dryer*. Udara panas masuk ke dalam *dryer* melalui *Dryer Combustion Chamber* yang dihembuskan searah masuknya umpan. *Dryer Combustion Chamber* ini terpasang di bawah *feeder* dan karena udara panas serta umpan yang masuk searah maka disebut *co-current*. Dryer ini berputar sehingga terjadi kontak antara umpan dengan udara panas sehingga produk yang dihasilkan kering secara merata.

I.2.6. Utilitas

Utilitas yang terdapat di Pabrik II dapat meliputi penyediaan air, *steam*, tenaga listrik, udara tekan (*Plant air* dan *Instrument air*), penyimpanan asam fosfat dan asam sulfat, amoniak, dan penanganan limbah.

Berbagai sistem utilitas tersebut sangat penting pada operasional pabrik, seperti halnya *steam* yang digunakan pada alat penukar panas atau *heat exchanger*. Air dalam industry digunakan sebagai air proses, air minum, air umpan boiler, dan air pendingin. Udara digunakan untuk sarana instrumentasi pabrik seperti pada *control valve*. Sedangkan listrik digunakan untuk penerangan, penggerak motor listrik, *electric heater*, *power instrument* pabrik, dan lain-lain. Sistem pengendalian dan distribusi yang dilakukan bagian utilitas II sebagai berikut:

a) Unit Pengolahan Air

Sebagai sebuah industri dengan tingkat konsumsi air yang sangat tinggi, PT Petrokimia Gresik memiliki 2 instalasi penjernih air, yaitu:

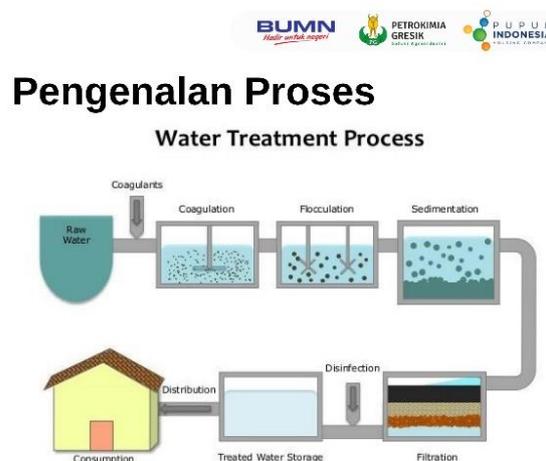
1. Pengolahan Air Gunungsari Surabaya

Instalasi ini memanfaatkan bahan baku air dari Sungai Brantas dengan debit 700 m³/jam yang dialirkan ke Gresik melalui pipa sepanjang 22 km dengan diameter 14 in yang berkapasitas 720 m³/jam. *Soft water* ini dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan air pendingin, air demineralisasi, umpan air boiler, air proses dan air minum. Hasil yang diperoleh dari *water intake* Gunungsari mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

Jenis	: <i>soft water</i>
pH	: 9 - 10
Total <i>Hardness</i>	: maksimum 100 ppm sebagai CaCO ₃
<i>Turbidity</i>	: maksimum 3 ppm
<i>Residual Chlorine</i>	: 0,2 - 0,5 ppm

2. Pengolahan Air Babat Lamongan

Instalasi ini memanfaatkan bahan baku air dari Sungai Bengawan Solo dengan debit 1450 m³/jam yang dialirkan ke Gresik dengan pipa bediameter 28 in sepanjang 60 km dengan kapasitas sebesar 2500 m³/jam. Proses pengolahan air babat Lamongan dapat dilihat pada diagram alir proses berikut :



Gambar I.7. Diagram Alir Proses Pengolahan Air PT Petrokimia Gresik

Hard water ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan *service water* air *hydrant*. Produk yang dihasilkan memenuhi spesifikasi sesuai standar QP-37-0022 sebagai berikut:

Jenis	: <i>hard water</i>
pH	: 7 - 8,5
Total <i>Hardness</i>	: maksimum 200 ppm sebagai CaCO_3
<i>Turbidity</i>	: maksimum 5 NTU
<i>Residual Chlorine</i>	: 0,2-0,5 ppm
<i>Color</i>	: 20 PtCo

Total kapasitas 2 Instalasi Penjernihan Air ini sebesar 3.200 m³/jam. Untuk memenuhi kebutuhan air industri yang semakin meningkat, PT Petrokimia Gresik melakukan Uprating Proyek IPA Gunungsari sebesar 3.000 m³/jam.

PT Petrokimia Gresik juga memanfaatkan air dari Telaga Ngipik yang berlokasi tepat di depan PT Petrokimia Gresik sebagai cadangan utilitas penyediaan air saat terjadi kemarau panjang. *Hard water* dari sumber tersebut kemudian disimpan dalam tangki di unit *tank yard* dan selanjutnya diolah agar dihasilkan *softwater*.

b) Pembangkit Tenaga Listrik

Untuk memenuhi dan menjamin kontinuitas pasokan daya listrik bagi seluruh fasilitas produksi dan sarana penunjang lainnya, PT Petrokimia Gresik memiliki unit pembangkit listrik antara lain:

1. *Gas Turbin Gas* (GTG) dengan kapasitas 32 MW, 8 MW diantaranya oleh Pabrik II.
2. *Steam Turbine Generator* (STG) dengan kapasitas 20 MW yang didistribusikan ke seluruh pabrik dan fasilitas lainnya.
3. Konversi Energi Batubara untuk utilitas yang berkapasitas 25 MW. Unit Utilitas Batubara ini memiliki dua boiler dengan kapasitas masing-masing 150 ton/jam yang bisa menggantikan boiler - boiler di pabrik yang masih menggunakan BBM. Selain untuk mensuplai

kebutuhan listrik ke pabrik II, pengoperasian Unit Utilitas Batubara juga mampu menghemat penggunaan gas sebesar 6,3 MMSCFD.

Selain itu, untuk memenuhi kebutuhan operasional maka juga dibutuhkan suplai dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) sebesar 12 MW. Listrik dari PLN bertegangan 150KV diturunkan menjadi 20 KV. Sebagian listrik kemudian disalurkan ke Unit Utilitas II. Di Unit ini tegangan listrik diturunkan tegangannya menjadi 6 KV. Utilitas II mempunyai tiga *trafo step down* 20 KV/6 KV. Listrik bertegangan 6 KV ini sebagian disalurkan ke alat - alat yang membutuhkan listrik dengan tegangan tinggi seperti *ball mill*, sebagian lagi diturunkan menjadi 380 V dan disalurkan ke alat-alat yang membutuhkan.

c) Penyediaan Uap

Untuk melayani kebutuhan *steam* bagi seluruh Unit Pabrik II, Utilitas II mempunyai 2 unit pembuat *steam* dengan dua buah boiler pembuat *steam* tekanan 6-7 kg/cm² atau *low pressure steam* (LPS), yaitu:

1. 02 B 911, kapasitas 10 ton/jam
2. 03 B 911, kapasitas 12 ton/jam

Boiler berbahan bakar *natural gas* yang diperoleh dari Pabrik I. Sumber *natural gas* berasal dari Pulau Kangean, Madura. Namun, apabila pasokan *natural gas* mengalami kemacetan, bahan bakarnya dapat diganti solar.

d) Penyediaan Udara Tekan (*Penyediaan Plant Air dan Instrument Air*).

Plant air dan *instrument air* merupakan udara tekan yang berfungsi untuk menggerakkan peralatan, mengoperasikan alat-alat control, dan sebagainya. *Instrument air* digunakan untuk mengoperasikan alat yang masih bekerja secara *pneumatic*. *Instrument air* harus bebas dari kandungan air (udara kering). *Plant air* dan *instrument air* disuplai dari enam buah kompresor yang dimiliki utilitas II. Enam buah kompresor ini tiga diantaranya digunakan untuk menyuplai instrument air dan tiga sisanya untuk plant air. Udara luar dihisap oleh kompresor. Udara luar yang masuk ke dalam kompresor melewati dua buah filter. Kompresor

yang digunakan adalah tipe *reciprocating* yang mempunyai dua buah ruang tekan dan dua piston. Udara yang telah ditekan dalam ruang tekan pertama dialirkan ke *intercooler*. Setelah mengalami penurunan suhu, udara ditekan lagi dalam ruang tekan kedua. Pada air plant, udara dan tangki penampung langsung didistribusikan ke bagian-bagian yang membutuhkan. Untuk air instrument, udara dilewatkan dulu pada tangki penyerap kelembapan berisi alumina sebelum masuk tangki penampung.

e) Unit Penyediaan Bahan Baku

1. Phosporic Acid Storage

Unit Produksi II mendapat asam fosfat dari Pabrik III maupun dengan pembelian dari luar PT Petrokimia Gresik. Untuk melayani kebutuhan asam fosfat bagi PF I, PF II (sekarang jadi phonska IV), dan Phonska. Utilitas II mempunyai 4 tangki penyimpanan asam fosfat dengan kapasitas masing-masing sebesar 20.000 m³ dengan diameter luar sebesar 43 meter dan tinggi 8,5 meter. Keempat tangki tersebut adalah :

- 02 TK 701 A/B, digunakan untuk menyimpan asam fosfat import.
- 03 TK 701 A/B, dikhususkan untuk menyimpan asam fosfat dari pabrik III karena asam fosfat yang berasal dari pabrik III memiliki kadar *solid* yang cukup tinggi. Dengan demikian *sludge* dalam tangki tersebut dapat dibersihkan sewaktu-waktu tanpa menghentikan seluruh kegiatan produksi.

Asam fosfat merupakan asam yang sangat korosif. Oleh karena itu, untuk mencegah *shell* tangki terkorosi, permukaan dalam *shell* dilapisi *rubberlining* setebal 1,5 cm.

2. Ammonia Storage

Amoniak dari pabrik I sebelum digunakan sebagai bahan baku disimpan terlebih dahulu di tangki pada unit Utilitas II. Pabrik PF I (RFO) dan Phonska membutuhkan amoniak dalam produksinya.

Sumber amoniak Pabrik II adalah Pabrik I serta amoniak yang dibeli dari luar PT Petrokimia Gresik.

Ada tiga tangki penyimpanan amoniak di Pabrik II, yaitu :

- Tangki 06 TK 801 dengan kapasitas 10000 ton
- Tangki 11 TK 801 dengan kapasitas 7500 ton
- Tangki 25 TK 801 dengan kapasitas 10000 ton

Tangki amoniak dioperasikan dengan tekanan operasi normal antara 30-75 gr/cm², dengan temperatur *bottom/middle/ top* sebesar -33°C/ -30°C/-29°C. Untuk mencegah kenaikan suhu akibat udara luar, di luar *shell* tangki amoniak dilapisi isolasi yang berupa *foam glass* setebal 15-17,5 cm.

Safety device sebagai pengaman saat terjadi kenaikan tekanan tangki / tekanan tangki terlalu tinggi adalah sebagai berikut:

- *Refrigerant System*
- *Shut of Valve*
- *PSV (Pressure Safety Valve)*
- *Incinerator*
- *EMW (Emergency Maint Valve)*

3) Sulfuric Acid Storage

Asam sulfat diperoleh dari pabrik III. Terdapat satu tangki penyimpanan asam sulfat, yaitu 12 TK 705. Spesifikasi tangki adalah :

- Kapasitas : 100 m³.
- Diameter : 5,8 meter.
- Tinggi shell : 4,75 meter.

f) Unit Penyediaan Bahan Bakar

1. Bahan Bakar Solar

Unit ini bertugas dalam memasok bahan bakar solar yang berasal dari mataring stasiun Pertamina (pabrik I) dan mendistribusikannya ke semua unit di pabrik II. Unit ini memiliki tiga buah tangki penyimpan bahan bakar yaitu :

- TK-980 dengan kapasitas 2500 m³ dibantu pompa P-981 A dan B dengan debit 22,5 m³ / jam.
- 02.TK-981 dengan kapasitas 250 m³ dibantu pompa 02.982 dengan debit 8 m³ / jam.
- 03.TK-981 dengan kapasitas 250 m³ dibantu pompa 03.981 A dan B dengan debit 8,5 m³ / jam.

2. Bahan Bakar Gas Alam

Kebutuhan gas alam di pabrik II di suplai lewat perpipaan dari sumur pagerungan ke matering stasiun pertamina (pabrik I). yang berkisar 45-55 MMSCFD dengan tekanan berkisar 340-380 psia. Suplai gas dari PT. Pertamina melalui pipa diameter 10 inch yang dilengkapi dengan *pic* 504 yang berfungsi untuk menurunkan tekanan menjadi 300 psia. Gas alam didistribusikan ke pabrik II kemudian diteruskan ke *gas holding tank* di pabrik ZK. Gas alam tersebut kemudian dimanfaatkan di *boiler burner* dan *burner of dryer combustion chamber*.

g) Unit Pengolahan Limbah

Sistem pengolahan limbah yang diterapkan PT Petrokimia Gresik yaitu 3R (*reuse, recycle, dan recovery*). Jenis-jenis limbah yang dihasilkan PT Petrokimia Gresik antara lain :

1. Limbah Cair

Suatu industri mempunyai tanggung jawab untuk tetap mempertimbangkan aspek lingkungan disamping aspek ekonomis sesuai dengan ISO-14001. Setiap industri wajib menangani limbah yang dihasilkan agar tidak melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Limbah cair dapat berasal dari :

- Kebocoran pada sistem perpipaan.
- Kebocoran pada tangki atau *vessel*.
- Kebocoran Cairan *Sealing/ Packing Gland* Pompa.

Untuk menanggulangi limbah cair di atas dapat dilakukan dengan cara mengalokasikan bocoran, yaitu membendungnya memakai kapur

dan menginjeksikan NaOH/ kapur untuk menetralkan pH. Kemudian mengarahkan *drain line* yang bocor ke bak penampungan akumulator atau langsung dialirkan menuju *equalizer* untuk diproses lebih lanjut. Di Petrokimia Gresik sendiri air limbah yang dialirkan ke laut memiliki pH di atas 5.

Sistem injeksi kapur di *aqualizer* pabrik II dan pabrik III diperuntukkan sebagai proses pembuatan lime kapur. Selanjutnya lime kapur tersebut diinjeksikan ke dalam tangki penampungan buangan cairan yang menuju ke kolam *aqualizer* sebelum buangan cairan tersebut dibuang ke laut.

2. Limbah Padat

Buangan padat yang ada sebagian besar berupa produk samping proses produksi Pabrik Asam Fosfat berupa gypsum dan Pabrik Amonium Sulfat (ZA) berupa kapur. Khusus kapur pernah dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk tanah urug dan bahan baku *paving block*. Namun kemudian disalahgunakan untuk bahan baku pupuk palsu sehingga program ini dihentikan. Saat ini buangan padat tersebut untuk sementara ditampung di area disposal. Sedangkan untuk gypsum diproses kembali untuk membuat *Cement Retarder*. Selain itu, gypsum juga dijual untuk perusahaan Semen Indonesia sebagai bahan baku pembuatan semen.

Limbah padat B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) yang dihasilkan oleh pabrik mayoritas tidak bisa di-*recycle* kembali sehingga diperlukan pengolahan lebih lanjut. Pengolahan limbah padat B3 ini tidak dilakukan sendiri oleh PT Petrokimia Gresik, tetapi dilakukan pengolahan oleh pihak ketiga, antara lain PT Persada Pemunah Limbah Industri (PPLI), Cileungsi, Bogor, oleh Yayasan Petrokimia Gresik (YPG), oleh PT Indra Eramulti Logam Industri (IMLI) dan lain-lain. Pengolahan limbah padat B3 disajikan secara lengkap pada Tabel I.4 dan Tabel I.5

Tabel I.4 Sumber dan Pengolahan Limbah B3

Sumber	Jenis	Pengelolaan
Spesifik	Katalis	PPLI
Tidak Spesifik	Minyak Pelumas	Pengumpul MPB (via YPG)
	Limbah Lab (B3)	PPLI
	Bekas Kemasan, Sisa Contoh	Dikelola Penghasil

Tabel I.5 Macam-macam Limbah PT Petrokimia Gresik

Limbah	Komponen Utama	Pengelolaan
Limbah Cair	Flour Fosfat	Pengelolaan secara fisika kimia
Limbah Gas	Debu	<i>Bag fiter, demister, scrubber, electrostatic presipitator (EP)</i>
Limbah Padat	Non B3 (kapur, gypsum)	<i>Dumping</i> atau dimanfaatkan
	B3 (katalis bekas)	Dikirim ke PT PPLI
Limbah Padat	Minyak pelumas bekas	Pengumpul (Yayasan Petrokimia Gresik)
	Bekas Kemasan	Dikelola penghasil

3. Limbah Gas

Emisi gas adalah limbah dalam wujud gas yang dihasilkan oleh segala kegiatan produksi. Alat-alat yang menghasilkan emisi gas adalah *scrubber* dan *furnace*, akan tetapi emisi gas yang dihasilkan ini masih dalam keadaan yang wajar. Adapun penyebab yang lain adalah kebocoran aliran pipa gas. Menurut ketentuan pemerintah yang berlaku adalah total partikel yang diperbolehkan maksimum 200 mg/Nm³.

BAB II

TUGAS KHUSUS

II.1. Latar belakang

PT Petrokimia Gresik merupakan perusahaan milik negara dan produsen pupuk terlengkap di Indonesia yang memproduksi berbagai macam pupuk, seperti: Urea, ZA, SP-36, NPK Phonska, DAP, NPK Kebomas, ZK dan pupuk organik yaitu Petroganik. PT Petrokimia Gresik juga telah memproduksi produk non pupuk seperti Asam Sulfat, Asam fosfat, Amoniak, Dry Ice, Aluminum Fluoride, Cement Retarder, dll. Keberadaan PT Petrokimia Gresik adalah untuk mendukung program Pemerintah meningkatkan produksi pertanian nasional. Pada mulanya perusahaan ini berada di bawah Direktorat Industri Kimia Dasar, tetapi sejak tahun 1992 berada di bawah Departemen Perindustrian dan pada awal tahun 1997 PT. Petrokimia Gresik berada dibawah naungan Departemen Keuangan. Akan tetapi, akibat adanya krisis moneter yang dialami bangsa Indonesia menyebabkan PT. Petrokimia Gresik menjadi Holding Company PT. Pupuk Sriwijaya pada tahun 1997. Pada tahun 2012 struktur korporasinya berada dibawah PT. Pupuk Indonesia (Persero) atau Pupuk Indonesia Holding Company (PIHC).

Pada saat ini, PT Petrokimia Gresik terbagi dalam tiga unit produksi, yaitu Departemen Produksi I (Pabrik Pupuk Nitrogen), Departemen Produksi II (Pabrik Pupuk Phospat), dan Departemen Produksi III (Pabrik Asam Phospat).

Kompartemen pabrik II terbagi menjadi Departemen Produksi IIA dan Departemen Produksi IIB. Dalam tiap departemen baik IIA dan IIB memiliki unit produksi tersendiri. Departemen Produksi IIA meliputi pabrik NPK Phonska I, II, III, dan pabrik pupuk SP-36 (Pupuk Fosfat I/PF I), sedangkan Departemen Produksi IIB meliputi pabrik NPK I, II, III, IV, pabrik NPK Phonska IV dan pabrik pupuk ZK.

NPK Phonska I, II, III, IV dan NPK I, II, III, IV adalah produk pupuk yang berbasis fosfat dan dikategorikan sebagai pupuk majemuk.



Perbedaannya terletak pada sistem dasar prosesnya yaitu pada pabrik NPK Phonska I, II, III, IV menggunakan sistem *liquid base* yang menggunakan bahan baku cair sedangkan pada unit NPK I, II, III, IV menggunakan sistem *solid base* yang menggunakan bahan baku padatan.

Unit pabrik phonska terdiri dari 1 train untuk memproduksi 600.000 ton/tahun NPK granul dengan bahan baku urea/ammonium sulfat (ZA), potash (KCl), ammonia (NH₃), asam fosfat (H₃PO₄), ROP SP-36, kieseriete/dolomite/magnesite/filler dan bahan pelapis (coating oil & coating agent). Adapun proses produksi Phonska IV secara garis besar yaitu, penyiapan bahan baku, penyiapan *slurry* di dalam *Pre-neutralizer tank*, proses granulasi, pengeringan (*Drying*), pengayakan (*Screening*), pendinginan (*Cooling*), dan pelapisan (*Coating*).

Pabrik Pupuk Phonska IV Departemen Produksi IIB PT. Petrokimia Gresik mempunyai spesifikasi kadar air di dalam produk yaitu maksimal 1,5%. Untuk memenuhi spesifikasi kadar air pada pupuk di Phonska IV, maka salah satu tahapan proses yang harus dilakukan yaitu pengeringan. Tujuan dari adanya proses pengeringan pada pupuk phonska adalah untuk mengeringkan atau mengurangi kadar air dalam produk pupuk phonska. Proses pengeringan pupuk di Pabrik Phonska IV PT. Petrokimia Gresik menggunakan alat pengering yaitu *rotary dryer*.

Keberhasilan proses pengeringan granul tersebut sangat dipengaruhi oleh kinerja *rotary dryer* yang diketahui melalui evaluasi kinerja alat dengan perhitungan efisiensi termal *rotary dryer*. Perhitungan efisiensi termal ini berdasarkan pada perhitungan neraca massa dan neraca panas pada *rotary dryer*.

II.2. Tujuan

1. Mengetahui perhitungan neraca massa pada rotary dryer di Phonska IV.
2. Mengetahui perhitungan neraca energi serta efisiensi thermal pada alat rotary dryer.

II.3. Tinjauan Pustaka

Pengeringan secara umum didefinisikan sebagai pengambilan sejumlah kecil air dari bahan yang dikeringkan dengan menggunakan panas. Operasi pengeringan dilakukan dengan menghembuskan udara panas yang tidak jenuh pada bahan yang akan dikeringkan. Udara panas tersebut disebut media pengering yang menyediakan panas untuk penguapan air dan sekaligus membawa uap air keluar. Berbeda dengan evaporasi dimana pada proses ini air yang teruapkan dari bahan memiliki jumlah yang relatif besar. Dalam evaporasi air teruapkan pada titik didihnya, sementara dalam operasi pengeringan, air yang terambil berada dalam keadaan uap.

Pengering dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu :

1. Pengering berdasarkan kondisi operasinya, pengering berdasarkan kondisi operasinya dibagi dua yaitu pengering yang beroperasi secara batch dan pengering yang beroperasi secara kontinyu
2. Pengering berdasarkan perpindahan panasnya, pengering yang berdasarkan perpindahan panasnya diklasifikasikan menjadi :

- a. Pengering adiabatik (pengering langsung)

Pengering yang dalam prosesnya bahan yang akan dikeringkan dikontakkan secara langsung dengan media pengering. Media pengering yang digunakan dapat berupa udara hasil pembakaran ataupun hasil pemanasan udara dengan alat pemanas.

- b. Pengering non adiabatik (pengering tidak langsung)

Pengering yang prosesnya panas berpindah menuju bahan dari medium luar. Dalam pengering ini gas yang harus dikeluarkan adalah uap air/uap zat pelarut.

(McCabe & Smith, 1993)

Menurut Coulson dan Richardson (vol 3, 1985; 690) operasi pengeringan bertujuan untuk :

- a. Mengurangi biaya transportasi
- b. Memudahkan penanganan bahan selanjutnya

- c. Meningkatkan nilai guna suatu bahan agar dapat memberikan hasil yang baik pada suatu penggunaan (mengawetkan bahan)
- d. Mengurangi bahaya korosi

Media pengering mengalir secara aksial melewati drum searah atau berlawanan arah dengan aliran produk. Aliran berlawanan arah dipilih bila bahan yang dikeringkan tidak sensitive terhadap panas dan harus dikeringkan sampai tingkat kadar air yang sangat rendah, sedangkan aliran searah untuk bahan yang sensitive terhadap panas dan laju pengeringan tinggi (Mujumdar dan Devastin, 2001).

Rotary dryer merupakan alat pengering yang digunakan untuk mengeringkan Phonska di Unit Phonska IV. Rotary dryer terdiri dari sebuah selongsong berbentuk silinder (yang dipasang pada suatu Batangan roll) yang dapat berputar secara horizontal atau sedikit miring ke bawah membentuk sudut dengan bidang dasar di atas suatu support. Panjang silinder sekitar 33,5 meter dan diameternya berukuran 4,3 meter. Pada bagian dalam silinder terdapat sekat – sekat yang arahnya membujur sejajar sumbu silinder, sepanjang silinder. Sekat ini disebut *flight* yang berfungsi untuk mengangkat bahan yang akan dikeringkan pada silinder yang berputar. Bahan basah dimasukkan pada bagian ujung yang lebih tinggi dan akan keluar sebagai produk yang kering pada ujung bagian yang lebih rendah. Gerakan maju dari bahan yang dikeringkan ini disebabkan oleh adanya gaya gravitasi, putaran silinder, kemiringan silinder, dan adanya *flight* (Perry, 1988).

Perputaran pada alat rotary dryer terjadi karena alat ini dilengkapi dengan *gear* yang dipasang pada *shell* dan dihubungkan dengan suatu drive ke motor penggerak. Jenis rotary dryer berdasarkan cara kontak antar zat yang akan dikeringkan dengan udara pengering ada 3 macam :

1. *Direct Rotary Dryer*, zat padat dikontakkan langsung dengan gas sebagai udara pengering.
2. *Indirect Rotary Dryer*, zat padat dikontakkan dengan gas panas yang mengalir melalui mantel luar.

3. *Direct-indirect Rotary Dryer*, gas panas terlebih dahulu dilewatkan melalui mantel kemudian masuk ke selongsong, dimana gas tersebut kontak langsung dengan zat padat yang dikeringkan.

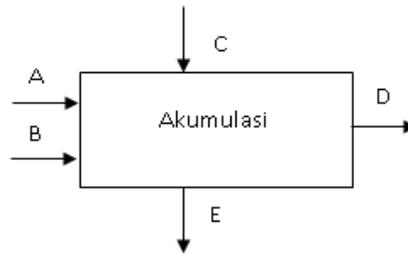
Rotary dryer yang digunakan di pabrik pupuk Phonska IV Departemen Produksi II B PT Petrokimia Gresik adalah jenis *Direct Rotary Dryer* dan sebagai media pemanas digunakan udara yang dipanasi terlebih dahulu dalam suatu *dryer combustion chamber (furnace)*. Aliran udara yang digunakan searah dengan aliran phonska yang masuk ke *rotary dryer (co-current)*.



Gambar II.1. Rotary Dryer PT Petrokimia Gresik

Prinsip kerja *Rotary Dryer 26-M-362* pabrik pupuk phonska yaitu, *rotary dryer* akan mengeringkan padatan phonska hingga mencapai kadar air 1 -1,5 % dengan bantuan udara pengering yang disuplai dari *combustion chamber (furnace)* dengan arah *co-current*. Dengan adanya putaran pada *rotary dryer* akan mempermudah phonska untuk dikeringkan karena proses kontak dengan udara panas lebih sering terjadi, disamping itu proses pengeluaran produk phonska dari *rotary dryer* juga akan lebih mudah.

Neraca massa adalah suatu perhitungan yang tepat dari semua bahan-bahan yang masuk, yang terakumulasi dan yang keluar dalam waktu tertentu. Pernyataan tersebut sesuai dengan hukum kekekalan massa yakni massa tak dapat dijelmakan atau dimusnahkan. Prinsip umum neraca massa adalah membuat sejumlah persamaan-persamaan yang saling tidak tergantung satu sama lain, dimana persamaan-persamaan tersebut jumlahnya sama dengan jumlah komposisi massa yang tidak diketahui. Persamaan neraca massa secara umum adalah :



Gambar II.1 Diagram Neraca Massa

Persamaan neraca massa:

Massa masuk = massa keluar + massa yang terakumulasi

$$M_A + M_B + M_C = M_D + M_E + M_{\text{akumulasi}} \quad (2.1)$$

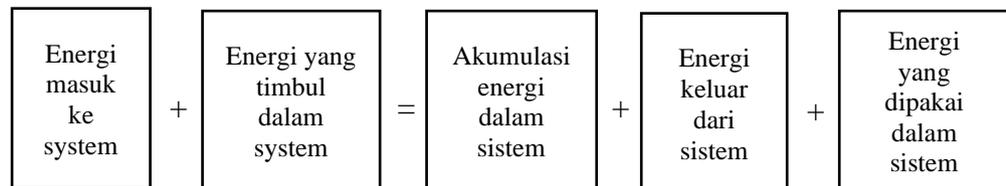
Bila tidak ada massa yang terakumulasi, maka persamaan menjadi:

Massa masuk = massa yang keluar

$$M_A + M_B + M_C = M_D + M_E \quad (2.2)$$

Neraca energy adalah persamaan matematis yang menyatakan hubungan antara energy masuk dan energy keluar suatu system yang berdasarkan pada satuan waktu operasi.

Konsep Makro:



$$E1 + Q = \Delta E + E2 + W \quad (2.3)$$

Ada dua macam proses dalam perhitungan neraca energi :

- Proses alir yaitu bahan masuk dan keluar sistem secara kontinyu
- Proses batch yaitu bahan masuk dan keluar pada waktu tertentu

(Wuryanti, 2016)

Perhitungan massa dan panas juga dimanfaatkan untuk memeriksa kalibrasi instrument dan guna menemukan sumber kehilangan material.

Perhitungan neraca panas ditunjukkan pada persamaan :

$$Q = m.h \quad (2.4)$$

dimana :

Q = Energi (kJ)

m = Massa (kg)

h = enthalpi (kJ/kg)

Hilangnya massa terkait dengan produksi hanya terjadi dalam reaksi nuklir. Energi dan massa selalu setara dan terpisah ketika terjadi reaksi. Nilai awal dan akhir sama, hal ini sesuai dengan hukum kekekalan massa dan energi.

(R., 2019)

II.4. Data Lapangan

Pengumpulan data lapangan dilakukan dengan dua cara yaitu dengan bertanya langsung kepada pembimbing lapangan dan mencari atau membaca literatur.

Data – data yang diperoleh sebagai berikut :

- Kapasitas produksi : 600.000 ton/tahun
- Konsumsi coating agent : 349,665 kg/jam
- Kadar air produk : 1,5%
- Kadar air masuk *dryer* : 2,5%
- Laju Udara Kering : 150.000 m³/jam
- Densitas udara : 1,164 kg/ m³
- Tref : 25°C = 298 Kelvin
- Tin : 85°C = 358 Kelvin
- Tout : 90°C = 363 Kelvin
- T udara kering : 150°C = 423 Kelvin
- T udara keluar : 90°C = 363 Kelvin

Tabel II.1. Data Kapasitas Panas (J/mol.K)

Cp	A	B	C	D	E
H ₂ O _(l)	92,053	-3,9953 x 10 ⁻²	-2,1103 x 10 ⁻⁴	5,3469 x 10 ⁻⁷	
H ₂ O _(g)	33,933	-8,4186 x 10 ⁻³	2,9906 x 10 ⁻⁵	-1,7825 x 10 ⁻⁸	3,6934 x 10 ⁻¹²
N _{2(g)}	29,342	-3,5395 x 10 ⁻³	1,0076 x 10 ⁻⁵	-4,3116 x 10 ⁻⁹	2,5935 x 10 ⁻¹³
O _{2(g)}	29,526	-8,8999 x 10 ⁻³	3,8083 x 10 ⁻⁵	-3,2629 x 10 ⁻⁸	8,8607 x 10 ⁻¹²

(Sumber : *yaws, Carl L.*)

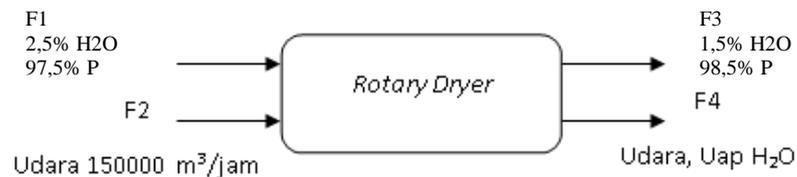
- Cp pupuk phonska : 1,382 kJ/kg.C
- Kalor Laten uap air : 2256,4 kJ/kg

II.5. Metode

Setelah data diperoleh, metode selanjutnya dilakukan perhitungan sebagai berikut :

a. Menyusun neraca massa

Perhitungan neraca massa pada *rotary dryer* terlebih dahulu menghitung neraca massa pada alat produksi proses setelah pengeringan di *rotary dryer*, yaitu menggunakan basis kapasitas produksi phonska IV.



Gambar II.2. Diagram Alir Neraca Massa pada *Rotary Dryer*

1) Neraca Massa Komponen Solid

Massa solid masuk = Massa solid produk

$$0,975 F1 = 0,985 F3$$

2) Neraca Massa Komponen Kadar Air

Arus masuk = Arus keluar

Kadar air masuk = Kadar air produk + Uap air

$$0,025 F1 = 0,015 F3 + (0,025 F1 - 0,015 F3)$$

3) Neraca Massa Komponen Udara

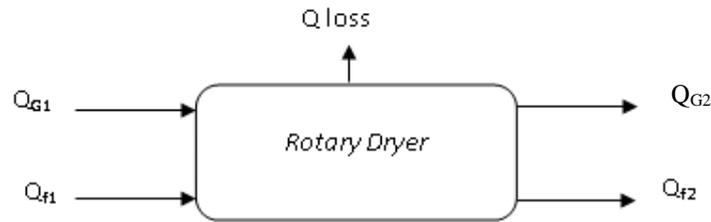
Massa udara masuk = massa udara keluar

$$F2 = F4$$

4) Neraca Massa Total

$$F1 + F2 = F3 + F4$$

b. Menyusun neraca panas



Gambar II.3. Diagram Alir Neraca Panas *Rotary Dryer*

Keterangan :

Q_{f1} : Panas umpan masuk (kJ/jam)

Q_{f2} : Panas umpan keluar (kJ/jam)

Q_{G1} : Panas udara masuk (kJ/jam)

Q_{G2} : Panas udara keluar (kJ/jam)

Q_{loss} : Panas yang hilang (kJ/jam)

Panas yang masuk = panas yang keluar

Panas yang masuk = panas yang keluar + panas yang hilang

$$Q_{G1} + Q_{F1} = Q_{G2} + Q_{F2} + Q_{LOSS}$$

Dimana $Q = m \times C_p \times \Delta T$, dengan m : massa (kg)

C_p : panas jenis (kJ/kg.C)

ΔT : perbedaan suhu (C)

c. Menghitung efisiensi *rotary dryer*

$$\eta = \frac{\text{Panas yang masuk} - \text{Panas yang hilang}}{\text{Panas yang masuk}} \times 100\%$$

II.6. Hasil Pengolahan Data

Tabel II.2. Tabel Neraca Massa *Rotary Dryer*

Inlet		Outlet	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
F1		F3	
Phonska	309617,096	Phonska	309617,096
H ₂ O	7938,900	H ₂ O	4714,981
F2		F4	
Udara Kering	171008,815	Udara Kering	171008,815
H ₂ O dalam Udara	3591,185	H ₂ O dalam Udara	6815,104
Total	492155,996	Total	492155,996

Tabel II.3. Tabel Neraca Panas *Rotary Dryer*

Komponen	Inlet (kJ/jam)	Outlet (kJ/jam)
Panas umpan masuk (Q_{f1})	28108437,359	
Panas udara masuk (Q_{G1})	22577897,930	
Panas umpan keluar (Q_{f2})		29379133,011
Panas udara keluar (Q_{G2})		12135520,409
Panas perubahan fasa (Q_i)		7274450,242
Panas yang hilang (Q_{loss})		1897231,627
Total	50686335,289	50686335,289

Dari hasil perhitungan didapatkan efisiensi thermal *rotary dryer* pada Pabrik Pupuk Phonska IV PT. Petrokimia Gresik sebagai berikut :

$$\eta = \frac{\text{Panas yang masuk} - \text{Panas yang hilang}}{\text{Panas yang masuk}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{(50686335,289 - 1897231,627) \text{ kJ/jam}}{50686335,289 \text{ kJ/jam}} \times 100\%$$

$$\eta = 96,26\%$$

II.7. Pembahasan

Pembuatan pupuk di pabrik NPK Phonska IV Departemen Produksi II B di PT Petrokimia Gresik menggunakan bahan baku padat dan cair, yaitu asam sulfat, asam fosfat, amoniak, urea, KCl, ammonium sulfat (ZA), serta bahan tambahan seperti coating agent dan filler.

Perhitungan neraca massa pada *rotary dryer* terlebih dahulu menghitung neraca massa pada alat produksi proses setelah pengeringan di *rotary dryer*, yaitu menggunakan basis kapasitas produksi phonska IV 600.000 ton/tahun. Adapun proses produksi pupuk NPK Phonska IV, yaitu penyiapan *slurry* dengan reaksi antara asam sulfat, asam fosfat dan amoniak yang terjadi di *Pre-neutralizer Tank*, proses granulasi dengan memasukkan bahan baku padat, pengeringan pada *dryer*, pengayakan dengan *screen*, pendinginan pada *cooler*, *polishing screen*, palapisan dengan *coating agent* yang terjadi di *coater*, dan pengantongan produk.

Dari perhitungan neraca massa Phonska IV didapatkan jumlah bahan baku yang masuk serta produk yang keluar, sehingga data tersebut dapat digunakan untuk perhitungan neraca energi pada *rotary dryer*. Hasil evaluasi kinerja alat dapat dilihat dari neraca energi berupa nilai *efficiency thermal* pada alat *rotary dryer*.

Berdasarkan hasil evaluasi kinerja pada alat *rotary dryer* diperoleh hasil sebagai berikut :

Panas yang masuk	= 50686335,289 kJ/jam
Panas yang keluar	= 48789103,662 kJ/jam
Panas yang hilang	= 1897231,627 kJ/jam
<i>Efficiency thermal</i>	= 96,26 %

Dari hasil tersebut pada *dryer* nilai *efficiency thermal* sangat baik, yaitu 96,26 %. Nilai *efficiency thermal* menunjukkan bahwa *rotary dryer* memiliki kemampuan yang baik untuk mengeringkan granul phonska.

BAB III

KESIMPULAN

III.1. Kesimpulan

1. Pabrik Phonska IV menghasilkan pupuk majemuk dengan kapasitas produksi 600.000 ton/tahun yang sebagian besar kandungan dalam pupuk adalah N (nitrogen), P (fosfor), dan K (potassium) dengan persentase $\pm 15\%$. Sedangkan massa yang masuk pada *rotary dryer* adalah 317555,996 kg/jam dan massa yang keluar *rotary dryer* adalah 314.332,077 kg/jam dengan jumlah H₂O yang menguap sebesar 3223,919 kg/jam.
2. Besarnya heat loss pada *rotary dryer* sebesar 1897231,627 kJ/jam dan dihasilkan efisiensi thermal *rotary dryer* sebesar 96,26%.
3. Dengan hasil evaluasi didapatkan bahwa *rotary dryer* pada unit produksi phonska IV masih sangat baik untuk digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Coulson, JM & Richardson, JF, 1980, *Chemical Engineering, vol 2.*, Pergamon Press, London
- Mc. Cabe Smith & Harriot, 1993, *Operasi Teknik Kimia, 2nd ed*, Erlangga, Jakarta
- Mujumdar, A. S., & Devastin, S. (2001). *Prinsip dasar pengeringan. Bogor: IPB Press. Terjemahan dari: Mujumdar's practical guide to industrial drying.*
- Perry, R.H & Don Green, 1988, *Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th ed*, Mc GrawHill, New York
- PT. Petrokimia Gresik. 2021. *Sejarah Perusahaan. Gresik.* Di akses dari <http://www.petrokimia-gresik.com/pupuk/sejarah.perusahaan> pada 18 Mei 2021
- PT Petrokimia Gresik. 2021. *Profil Petrokimia Gresik.* diakses dari <http://www.petrokimia-gresik.com/pupuk/profil> pada 18 Mei 2021
- R., Yuliani H. (2019). *Neraca Massa dan Neraca Panas.* Yogyakarta: Deepublish.
- Rochmatuz, Lutfiana. 2016. *Candal Produksi Departemen Produksi II B PT. Petrokimia Gresik.* Yogyakarta : Universitas Islam Indonesia
- Wuryanti, S. (2016). *Neraca Massa dan Energi. Politeknik Negeri Bandung*, 21-31. Retrieved June 15, 2021, from <http://digilib.polban.ac.id/>
- Yaws, Carl L. 2003 "*Chemical Properties Handbook*". New York: McGraw-HILL

LAMPIRAN

Lampiran a. Surat Keterangan Kerja Praktik dari Fakultas



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK INDUSTRI

Jl. Babarsari 2 Tambakbayan Yogyakarta 55281 Telp./Fax : (0274) 485786
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condong Catur, Yogyakarta 55283 Telp/ /Fax : (0274) 486889.

Nomor : 197/UN62.12/KM/2021
Hal. : Permohonan Izin Magang

10 Maret 2021

Yth. Direktur
PT. Petrokimia Gresik
Jl. Jendral Ahmad Yani-Gresik 61119, Jawa Timur

Dengan ini diberitahukan bahwa dalam rangka melaksanakan Kurikulum Program Studi Teknik Kimia Program Diploma Tiga Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Industri Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta, diperlukan magang bagi mahasiswa.

Sehubungan dengan hal tersebut, dengan ini diajukan permohonan kepada Bapak/Ibu untuk berkenan memberi izin kepada mahasiswa atas nama,

No	Nama	NPM
1.	Enggar Prasetyo Aji	021180018
2.	Nur Hidayah Amalia Putri	021180019
3.	Yulia Rahmawati	021180044
4.	Agustin Maharani Indah Saputri	021180066

untuk melaksanakan magang pada instansi/perusahaan yang Bapak/Ibu pimpin pada tanggal 01 Mei 2021 s.d. 30 Juni 2021.

Demikian, atas perhatian dan kerja samanya diucapkan terima kasih.

a.n. Dekan
Wakil Dekan Bidang Akademik



Dr. Apriani Soepardi, S.T.P., M.T.
NIK 2.7311-97 0141 1.

Tembusan:

1. Dekan (sebagai laporan);
2. Kajar Teknik Kimia;
3. Koorprodi Diploma Tiga;
FTI UPN "Veteran" Yogyakarta.

Lampiran b. Surat Keterangan Selesai Kerja Praktik dari Perusahaan

7/14/2021

Prakerin Petrokimia Gresik



SURAT KETERANGAN

No:

Dengan ini kami menerangkan bahwa mahasiswa tersebut dibawah ini :

Nama : Yulia Rahmawati
Nomor Induk : 021180044
Program Studi : Teknik Kimia Prodi D3 Teknik Kimia - Teknik Industri - Universitas
Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta

Telah menyelesaikan kegiatan Kerja Praktek Kelompok di PT Petrokimia Gresik pada tanggal 01 Mei 2021 s.d 30 Juni 2021 .

Selama kegiatan Kerja Praktek tersebut tidak pernah melanggar peraturan yang berlaku dan telah melaksanakan tugasnya dengan baik.

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Gresik, 30 Juni 2021

PT Petrokimia Gresik

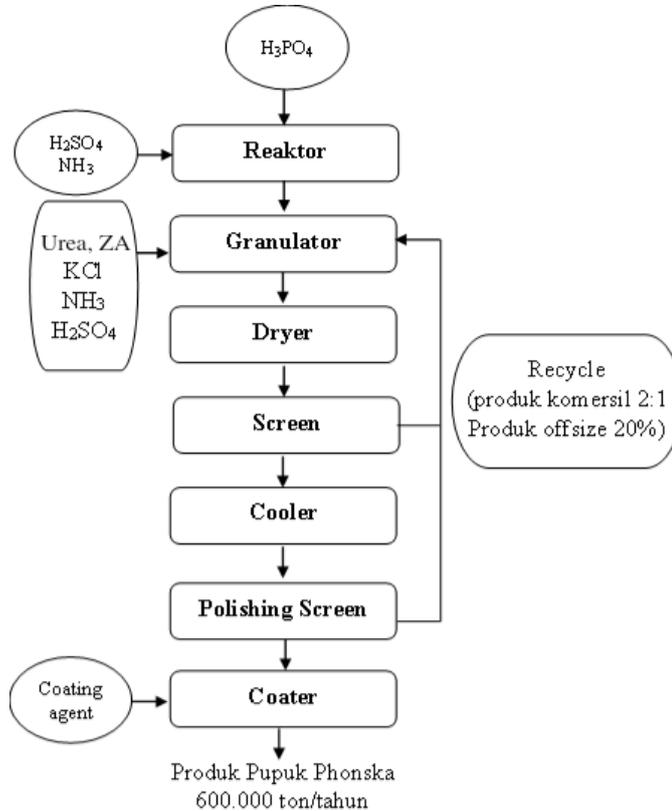


Telah Disetujui Melalui Sistem

NANDA KISWANTO, S.T.

VP Pengembangan & Organisasi

Lampiran c. Perhitungan Neraca Massa dan Neraca Panas
PERHITUNGAN NERACA MASSA, NERACA PANAS DAN EFISIENSI THERMAL PADA ROTARY DRYER



Gambar I. Diagram Proses Produksi Phonska IV

I. Neraca Massa Pupuk Phonska

Kapasitas produksi = 600.000 ton/tahun

$$\begin{aligned}
 &= \frac{600000 \frac{\text{ton}}{\text{tahun}}}{300 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}} \\
 &= 83,333333 \text{ ton/jam} \\
 &= 83333,333 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

I.1. Neraca Massa pada Coater

Massa inlet = massa outlet

$$\begin{aligned}
 \text{Massa outlet coater} &= \text{massa produk} \\
 &= 83333,333 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Massa inlet coating agent = 349,665 kg/jam

$$\begin{aligned}
 \text{Massa inlet pupuk} &= \text{massa outlet} - \text{massa inlet coating agent} \\
 &= 83333,333 \text{ kg/jam} - 349,665 \text{ kg/jam} \\
 &= 82983,668 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

I.2. Neraca Massa pada Polishing Screen

Asumsi 1% dari pupuk merupakan produk undersize yang akan dipisahkan.

$$\text{Massa inlet} = \frac{\text{massa outlet}}{99\%}$$

Massa outlet polishing screen = massa inlet pupuk coater, sehingga :

$$\text{Massa inlet polishing screen} = \frac{82983,668 \text{ kg/jam}}{99\%}$$

Massa inlet polishing screen = 83821,887 kg/jam

I.3. Neraca Massa pada Cooler

Massa inlet = massa outlet , dimana :

Massa outlet cooler = massa inlet polishing screen

Massa inlet cooler = 83821,887 kg/jam

I.4. Neraca Massa pada Screen

Produk undersize dan oversize masing – masing 10 % (total produk offsize = 20%

Rasio recycle : produk = 2 : 1

Massa outlet produk pupuk = 83821,887 kg/jam

Massa outlet recycle = 2 x 83821,887 kg/jam

$$= 167643,774 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Massa outlet pupuk offsize} = \frac{20}{80} \times \frac{(83821,887 + 167643,774) \text{ kg}}{\text{jam}}$$

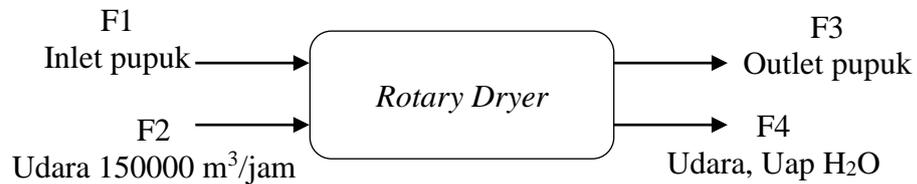
$$= 62866,415 \text{ kg/jam}$$

Massa inlet = Massa outlet

Massa inlet screen = (83821,887 + 167643,774 + 62866,415) kg/jam

$$= 314332,077 \text{ kg/jam}$$

I.5. Neraca Massa pada Dryer



Gambar II. Diagram Alir Proses pada *Rotary Dryer*

I.5.1. Neraca Massa Solid

Massa outlet dryer = massa inlet screen = 314332,077 kg/jam

Outlet pupuk dryer mengandung 1,5% H₂O

Massa H₂O dalam outlet pupuk = 1,5% x 314332,077 kg/jam
= 4714,981 kg/jam

Massa pupuk = 98,5% x 314332,077 kg/jam
= 309617,096 kg/jam

Inlet pupuk dryer mengandung 2,5% H₂O

Massa H₂O dalam inlet pupuk = $\frac{2,5}{97,5} \times 309617,096 \frac{kg}{jam}$
= 7938,900 kg/jam

Massa H₂O yang menguap = (7938,900 – 4714,981) kg/jam
= 3223,919 kg/jam

I.5.2. Neraca Massa Udara Kering

Menghitung Massa Inlet Udara Kering

Kapasitas blower = 150000 m³/jam

Densitas udara = 1,164 kg/m³

Massa udara = 1,164 kg/m³ x 150000 m³/jam
= 174600 kg/jam

Relative Humidity pada kondisi ambient = 0,021 kg H₂O/kg udara

Massa H₂O pada udara = $\frac{0,021}{1+0,021} \times \text{massa udara}$
= $\frac{0,021}{1+0,021} \times 174600 \frac{kg}{jam}$
= 3591,185 kg/jam

$$\begin{aligned} \text{Massa udara kering} &= \text{Massa udara} - \text{massa H}_2\text{O} \\ &= (174600 - 3591,185) \text{ kg/jam} \\ &= 171008,815 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Menghitung Massa Outlet Udara Kering

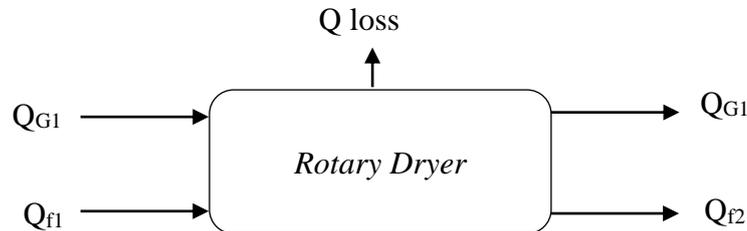
Pada proses pengeringan di dalam *rotary dryer* udara kering hanya mengalami perubahan suhu, maka :

$$\begin{aligned} \text{Massa outlet udara kering} &= \text{massa inlet udara kering} \\ \text{Massa outlet udara kering} &= 171008,815 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Tabel 1. Neraca Massa *Rotary Dryer*

Inlet		Outlet	
Komponen	kg/jam	Komponen	kg/jam
F1		F3	
Phonska	309617,096	Phonska	309617,096
H ₂ O	7938,900	H ₂ O	4714,981
F2		F4	
Udara Kering	171008,815	Udara Kering	171008,815
H ₂ O dalam Udara	3591,185	H ₂ O dalam Udara	6815,104
Total	492155,996	Total	492155,996

II. Perhitungan Neraca Panas *Rotary Dryer*



Keterangan :

Q_{f1} : Panas umpan masuk (kJ/jam)

Q_{f2} : Panas umpan keluar (kJ/jam)

Q_{G1} : Panas udara masuk (kJ/jam)

Q_{G2} : Panas udara keluar (kJ/jam)

Q_{loss} : Panas yang hilang (kJ/jam)

Diketahui :

Tref : 25°C = 298 Kelvin

Tin : 85°C = 358 Kelvin

Tout : 90°C = 363 Kelvin

T udara kering : 150°C = 423 Kelvin

T udara keluar : 90°C = 363 Kelvin

Cp pupuk phonska : 1,382 kJ/kg.C

Tabel 2. Kapasitas Panas (J/mol.K)

Cp	A	B	C	D	E
H ₂ O _(l)	92,053	-3,9953 x 10 ⁻²	-2,1103 x 10 ⁻⁴	5,3469 x 10 ⁻⁷	
H ₂ O _(g)	33,933	-8,4186 x 10 ⁻³	2,9906 x 10 ⁻⁵	-1,7825 x 10 ⁻⁸	3,6934 x 10 ⁻¹²
N _{2(g)}	29,342	-3,5395 x 10 ⁻³	1,0076 x 10 ⁻⁵	-4,3116 x 10 ⁻⁹	2,5935 x 10 ⁻¹³
O _{2(g)}	29,526	-8,8999 x 10 ⁻³	3,8083 x 10 ⁻⁵	-3,2629 x 10 ⁻⁸	8,8607 x 10 ⁻¹²

(Sumber : yaws, Carl L.)

Kalor Laten uap air : 2256,4 kJ/kg

Massa pupuk : 309617,096 kg/jam

Massa kandungan air inlet : 7938,900 kg/jam

Massa kandungan air outlet : 4714,981 kg/jam

Massa uap air : 3223,919 kg/jam

Massa udara kering : 171008,815 kg/jam

Massa air pada udara : 3591,185 kg/jam

II.1. Menghitung Panas Umpan Pupuk (Q_f)

- Menghitung panas sensible pupuk masuk (Q_{f1})

$$\begin{aligned} Q \text{ pupuk phonska} &= \text{Massa pupuk} \times C_p \text{ pupuk} \times \Delta T \\ &= 309617,096 \text{ kg/jam} \times 1,382 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (85-25)^\circ\text{C} \\ &= 25673449,589 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

Panas H₂O dalam pupuk

$$\begin{aligned} Q &= n_{H_2O} \int_{T_{ref}}^{T_{in}} C_{pH_2O} dT \\ Q &= n_{H_2O} \int_{T_{ref}}^{T_{in}} A + BT + CT^2 + DT^3 dT \\ &= \frac{7938,900 \text{ kg/jam}}{18 \text{ kg/kmol}} \int_{298}^{338} 92,053 + (-3,9953 \times 10^{-2})T \\ &\quad + -2,1103 \times 10^{-4}T^2 + 5,3469 \times 10^{-7}T^3 dT \\ &= 441,050 \text{ kmol/jam} (92,053(338 - 298) + \frac{-3,9953 \times 10^{-2}}{2} (338^2 - \\ &\quad 298^2) + \frac{-2,1103 \times 10^{-4}}{3} (338^3 - 298^3) + \frac{5,3469 \times 10^{-7}}{4} (338^4 - \\ &\quad 298^4)) \frac{\text{joule}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ joule}} \times \frac{1000 \text{ mol}}{1 \text{ kmol}} \\ &= 2434987,770 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{f1} &= 25673449,589 \text{ kJ/jam} + 2434987,770 \text{ kJ/jam} \\ &= 28108437,359 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

- Menghitung panas sensible pupuk keluar (Q_{f2})

$$\begin{aligned} Q \text{ phonska} &= \text{Massa phonska} \times C_p \text{ phonska} \times \Delta T \\ &= 309617,096 \text{ kg/jam} \times 1,382 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times (90-25)^\circ\text{C} \\ &= 27812903,722 \text{ kJ/jam} \end{aligned}$$

Panas H₂O dalam pupuk

$$Q = n_{H_2O} \int_{T_{ref}}^{T_{in}} C_{pH_2O} dT$$

$$\begin{aligned}
 Q &= nH_2O \int_{T_{ref}}^{T_{in}} A + BT + CT^2 + DT^3 dT \\
 &= \frac{4714,981 \text{ kg/jam}}{18 \text{ kg/kmol}} \int_{298}^{363} 92,053 + (-3,9953 \times 10^{-2})T \\
 &\quad + -2,1103 \times 10^{-4}T^2 + 5,3469 \times 10^{-7}T^3 dT \\
 &= (261,943 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} (92,053(363 - 298) + \frac{-3,9953 \times 10^{-2}}{2} (363^2 - \\
 &298^2) + \frac{-2,1103 \times 10^{-4}}{3} (363^3 - 298^3) + \frac{5,3469 \times 10^{-7}}{4} (363^4 - \\
 &298^4)) \frac{\text{joule}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ joule}} \times \frac{1000 \text{ mol}}{1 \text{ kmol}} \\
 &= 1566229,290 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{f2} &= 27812903,722 \text{ kJ/jam} + 1566229,290 \text{ kJ/jam} \\
 &= 29379133,012 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

II.2. Menghitung Panas udara (Q_G)

- Menghitung panas sensible udara masuk (Q_{G1})

Panas udara kering

$$\begin{aligned}
 Q &= nN_2 \int_{T_{ref}}^{T_{in}} C_{pN_2} dT + nO_2 \int_{T_{ref}}^{T_{in}} C_{pO_2} dT \\
 &= (nN_2 \int_{T_{ref}}^{T_{in}} A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4 dT) + (nO_2 \int_{T_{ref}}^{T_{in}} A + \\
 &BT + CT^2 + DT^3 + ET^4 dT) \\
 &= (\frac{0,79 \times 171008,815 \text{ kg/jam}}{28,9 \text{ kg/kmol}} \int_{298}^{423} 29,342 + (-3,5395 \times 10^{-3})T + \\
 &1,0076 \times 10^{-5}T^2 + -4,3116 \times 10^{-9}T^3 + 2,5935 \times 10^{-13}T^4 dT) + \\
 &(\frac{0,21 \times 171008,815 \text{ kg/jam}}{28,9 \text{ kg/kmol}} \int_{298}^{423} 29,526 + -8,8999 \times 10^{-3}T + \\
 &3,8083 \times 10^{-5}T^2 + -3,2629 \times 10^{-8}T^3 + 8,8607 \times 10^{-12}T^4 dT) \\
 &= \{4674,635 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} (29,342(536 - 298) + \frac{-3,5395 \times 10^{-3}}{2} (536^2 - \\
 &298^2) + \frac{1,0076 \times 10^{-5}}{3} (536^3 - 298^3) + \frac{-4,3116 \times 10^{-9}}{4} (536^4 - 298^4 + \\
 &\frac{2,5935 \times 10^{-13}}{5} (536^5 - 298^5))\} + \{\frac{1242,625 \text{ kmol}}{\text{jam}} (29,526(536 - 298) + \\
 &\frac{-8,8999 \times 10^{-3}}{2} (536^2 - 298^2) + \frac{3,8083 \times 10^{-5}}{3} (536^3 - 298^3) +
 \end{aligned}$$



$$\frac{-3,2629 \times 10^{-8}}{4} (536^4 - 298^4) + \frac{8,8607 \times 10^{-12}}{5} (536^5 - 298^5) \left\} \frac{\text{joule}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ joule}} \times \frac{1000 \text{ mol}}{1 \text{ kmol}}\right.$$

$$= 21731638,052 \text{ kJ/jam}$$

Panas H₂O pada udara

$$Q = n_{H_2O} \int_{T_{ref}}^{T_{in}} C_{pH_2O} dT$$

$$Q = n_{H_2O} \int_{T_{ref}}^{T_{in}} A + BT + CT^2 + DT^3 + E^4 dT$$

$$= \frac{3591,185 \text{ kg/jam}}{18 \text{ kg/kmol}} \int_{298}^{423} 33,933 + (-8,4186 \times 10^{-3})T$$

$$+ 2,9906 \times 10^{-5}T^2 + -1,7825 \times 10^{-8}T^3$$

$$+ 3,6934 \times 10^{-12}T^4 dT$$

$$= 199,510 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} (33,933(536 - 298) + \frac{-8,4186 \times 10^{-3}}{2} (536^2 - 298^2) + \frac{2,9906 \times 10^{-5}}{3} (536^3 - 298^3) + \frac{-1,7825 \times 10^{-8}}{4} (536^4 - 298^4) + \frac{3,6934 \times 10^{-12}}{5} (536^5 - 298^5) \frac{\text{joule}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ joule}} \times \frac{1000 \text{ mol}}{1 \text{ kmol}})$$

$$= 835097,281 \text{ kJ/jam}$$

$$Q_{G1} = 21731638,052 \text{ kJ/jam} + 835097,281 \text{ kJ/jam}$$

$$= 22577897,930 \text{ kJ/jam}$$

- Menghitung panas sensible udara keluar (Q_{G2})

Panas Udara Kering

$$Q = n_{N_2} \int_{T_{ref}}^{T_{in}} C_{pN_2} dT + n_{O_2} \int_{T_{ref}}^{T_{in}} C_{pO_2} dT$$

$$Q = (n_{N_2} \int_{T_{ref}}^{T_{in}} A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4 dT)$$

$$+ (n_{O_2} \int_{T_{ref}}^{T_{in}} A + BT + CT^2 + DT^3 + ET^4 dT)$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{0,79 \times 171008,815 \text{ kg/jam}}{28,9 \text{ kg/kmol}} \int_{298}^{363} 29,342 + (-3,5395 \times 10^{-3})T + \right. \\
 &1,0076 \times 10^{-5}T^2 + -4,3116 \times 10^{-9}T^3 + 2,5935 \times 10^{-13}T^4 \text{ d}T \left. + \right. \\
 &\left(\frac{0,21 \times 171008,815 \text{ kg/jam}}{28,9 \text{ kg/kmol}} \int_{298}^{363} 29,526 + -8,8999 \times 10^{-3}T + \right. \\
 &3,8083 \times 10^{-5}T^2 + -3,2629 \times 10^{-8}T^3 + 8,8607 \times 10^{-12}T^4 \text{ d}T \left. \right) \\
 &= \left\{ 4674,635 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} (29,342(363 - 298)\text{K} + \frac{-3,5395 \times 10^{-3}}{2} (363^2 - \right. \\
 &298^2) + \frac{1,0076 \times 10^{-5}}{3} (363^3 - 298^3) + \frac{-4,3116 \times 10^{-9}}{4} (363^4 - 298^4) + \\
 &\frac{2,5935 \times 10^{-13}}{5} (363^5 - 298^5) \left. \right\} + \left\{ 1242,625 \text{ kmol/jam} (29,526(363 - \right. \\
 &298) + \frac{-8,8999 \times 10^{-3}}{2} (363^2 - 298^2) + \frac{3,8083 \times 10^{-5}}{3} (363^3 - 298^3)\text{K} + \\
 &\frac{-3,2629 \times 10^{-8}}{4} (363^4 - 298^4) + \frac{8,8607 \times 10^{-12}}{5} (363^5 - \\
 &298^5) \left. \right\} \frac{\text{joule}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ joule}} \times \frac{1000 \text{ mol}}{1 \text{ kmol}} \\
 &= 11300433,128 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

Panas H₂O pada Udara

$$\begin{aligned}
 Q &= nH_2O \int_{T_{ref}}^{T_{in}} C_{pH_2O} \text{ d}T \\
 Q &= nH_2O \int_{T_{ref}}^{T_{in}} A + BT + CT^2 + DT^3 + E^4 \text{ d}T \\
 &= \frac{(3223,919 + 3591,185) \text{ kg/jam}}{18 \text{ kg/kmol}} \int_{298}^{363} 33,933 + (-8,4186 \times 10^{-3})T + \\
 &2,9906 \times 10^{-5}T^2 + -1,7825 \times 10^{-8}T^3 + 3,6934 \times 10^{-12}T^4 \text{ d}T \\
 &= \left(378,617 \frac{\text{kmol}}{\text{jam}} (33,933(363 - 298) + \frac{-8,4186 \times 10^{-3}}{2} (363^2 - \right. \\
 &298^2) + \frac{2,9906 \times 10^{-5}}{3} (363^3 - 298^3) + \frac{-1,7825 \times 10^{-8}}{4} (363^4 - \\
 &298^4 + \frac{3,6934 \times 10^{-12}}{5} (363^5 - \\
 &298^5) \left. \right) \frac{\text{joule}}{\text{mol}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ joule}} \times \frac{1000 \text{ mol}}{1 \text{ kmol}} \\
 &= 835087,281 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

$$Q_{G2} = 11300433,128 \text{ kJ/jam} + 835087,281 \text{ kJ/jam}$$

$$= 12135520,409 \text{ kJ/jam}$$

- Menghitung panas perubahan fasa (Q_1)

$$Q_1 = \text{Massa uap air} \times \text{Panas laten uap air}$$

$$= 3223,919 \text{ kg/jam} \times 2256,4 \text{ kJ/kg}$$

$$= 7274450,242 \text{ kJ/jam}$$

II.3. Menghitung Panas yang Hilang

Panas masuk = panas keluar + panas yang hilang

$$Q_{f1} + Q_{G1} = Q_{f2} + Q_{G2} + Q_1 + Q_{\text{loss}}$$

$$Q_{\text{loss}} = Q_{f1} + Q_{G1} - Q_{f2} - Q_{G2} - Q_1$$

$$Q_{\text{loss}} = (28108437,359 + 22577897,930 - 29379133,011 - 12135520,409 - 7274450,242) \text{ kJ/jam}$$

$$= 1897231,627 \text{ kJ/jam}$$

Tabel 3. Hasil Panas pada *Rotary Dryer*

Komponen	Inlet (kJ/jam)	Outlet (kJ/jam)
Panas umpan masuk (Q_{f1})	28108437,359	
Panas udara masuk (Q_{G1})	22577897,930	
Panas umpan keluar (Q_{f2})		29379133,011
Panas udara keluar (Q_{G2})		12135520,409
Panas perubahan fasa (Q_1)		7274450,242
Panas yang hilang (Q_{loss})		1897231,627
Total	50686335,289	50686335,289

$$\eta = \frac{\text{Panas yang masuk} - \text{Panas yang hilang}}{\text{Panas yang masuk}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{(50686335,289 - 1897231,627) \text{ kJ/jam}}{50686335,289 \text{ kJ/jam}} \times 100\%$$

$$\eta = 96,26\%$$

Lampiran d. Humidity Chart

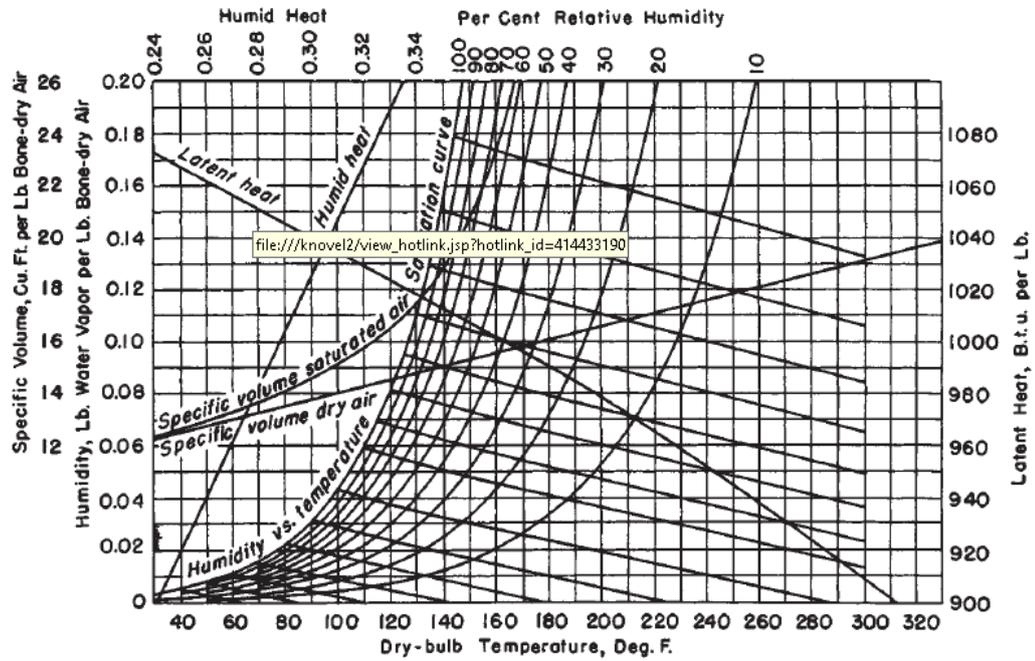


FIG. 12-4 Humidity chart for air-water vapor mixtures. To convert British thermal units per pound to joules per kilogram, multiply by 2326; to convert British thermal units per pound dry air-degree Fahrenheit to joules per kilogram-kelvin, multiply by 4186.8; and to convert cubic feet per pound to cubic meters per kilogram, multiply by 0.0624.

Lampiran e. Properties of Air

APPENDIX A Tables

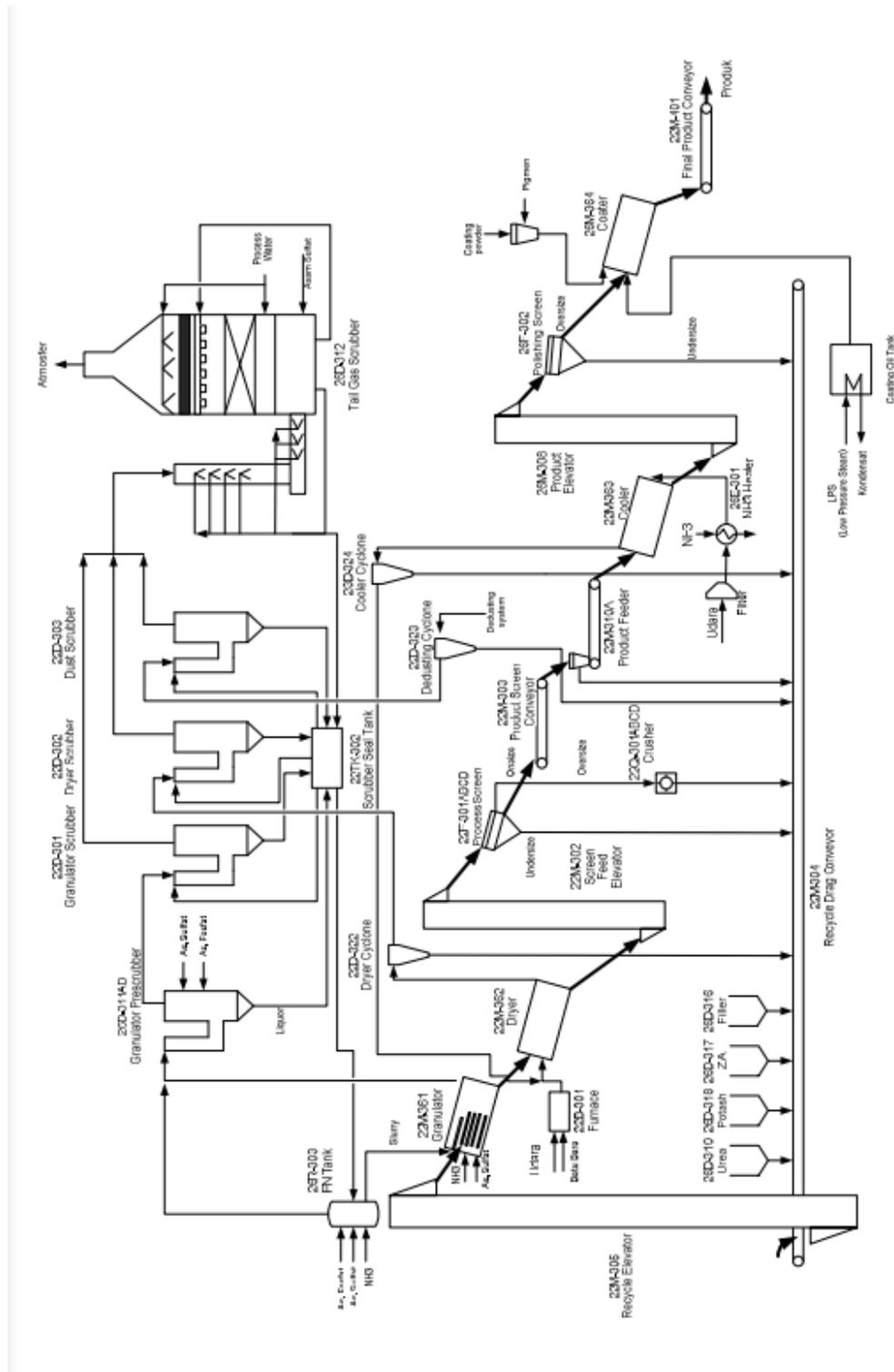
Table A-5 | Properties of air at atmospheric pressure.[†]

The values of μ , k , c_p , and Pr are not strongly pressure-dependent and may be used over a fairly wide range of pressures

T, K	ρ kg/m ³	c_p kJ/kg · °C	$\mu \times 10^5$ kg/m · s	$\nu \times 10^6$ m ² /s	k W/m · °C	$\alpha \times 10^4$ m ² /s	Pr
100	3.6010	1.0266	0.6924	1.923	0.009246	0.02501	0.770
150	2.3675	1.0099	1.0283	4.343	0.013735	0.05745	0.753
200	1.7684	1.0061	1.3289	7.490	0.01809	0.10165	0.739
250	1.4128	1.0053	1.5990	11.31	0.02227	0.15675	0.722
300	1.1774	1.0057	1.8462	15.69	0.02624	0.22160	0.708
350	0.9980	1.0090	2.075	20.76	0.03003	0.2983	0.697
400	0.8826	1.0140	2.286	25.90	0.03365	0.3760	0.689
450	0.7833	1.0207	2.484	31.71	0.03707	0.4222	0.683
500	0.7048	1.0295	2.671	37.90	0.04038	0.5564	0.680
550	0.6423	1.0392	2.848	44.34	0.04360	0.6532	0.680
600	0.5879	1.0551	3.018	51.34	0.04659	0.7512	0.680
650	0.5430	1.0635	3.177	58.51	0.04953	0.8578	0.682
700	0.5030	1.0752	3.332	66.25	0.05230	0.9672	0.684
750	0.4709	1.0856	3.481	73.91	0.05509	1.0774	0.686
800	0.4405	1.0978	3.625	82.29	0.05779	1.1951	0.689
850	0.4149	1.1095	3.765	90.75	0.06028	1.3097	0.692
900	0.3925	1.1212	3.899	99.3	0.06279	1.4271	0.696
950	0.3716	1.1321	4.023	108.2	0.06525	1.5510	0.699
1000	0.3524	1.1417	4.152	117.8	0.06752	1.6779	0.702
1100	0.3204	1.160	4.44	138.6	0.0732	1.969	0.704
1200	0.2947	1.179	4.69	159.1	0.0782	2.251	0.707
1300	0.2707	1.197	4.93	182.1	0.0837	2.583	0.705
1400	0.2515	1.214	5.17	205.5	0.0891	2.920	0.705
1500	0.2355	1.230	5.40	229.1	0.0946	3.262	0.705
1600	0.2211	1.248	5.63	254.5	0.100	3.609	0.705
1700	0.2082	1.267	5.85	280.5	0.105	3.977	0.705
1800	0.1970	1.287	6.07	308.1	0.111	4.379	0.704
1900	0.1858	1.309	6.29	338.5	0.117	4.811	0.704
2000	0.1762	1.338	6.50	369.0	0.124	5.260	0.702
2100	0.1682	1.372	6.72	399.6	0.131	5.715	0.700
2200	0.1602	1.419	6.93	432.6	0.139	6.120	0.707
2300	0.1538	1.482	7.14	464.0	0.149	6.540	0.710
2400	0.1458	1.574	7.35	504.0	0.161	7.020	0.718
2500	0.1394	1.688	7.57	543.5	0.175	7.441	0.730

[†]From *Natl. Bur. Stand. (U.S.) Circ. 564, 1955.*

Lampiran f. PEFD Unit Phonska IV
 PFD Unit Phonska IV



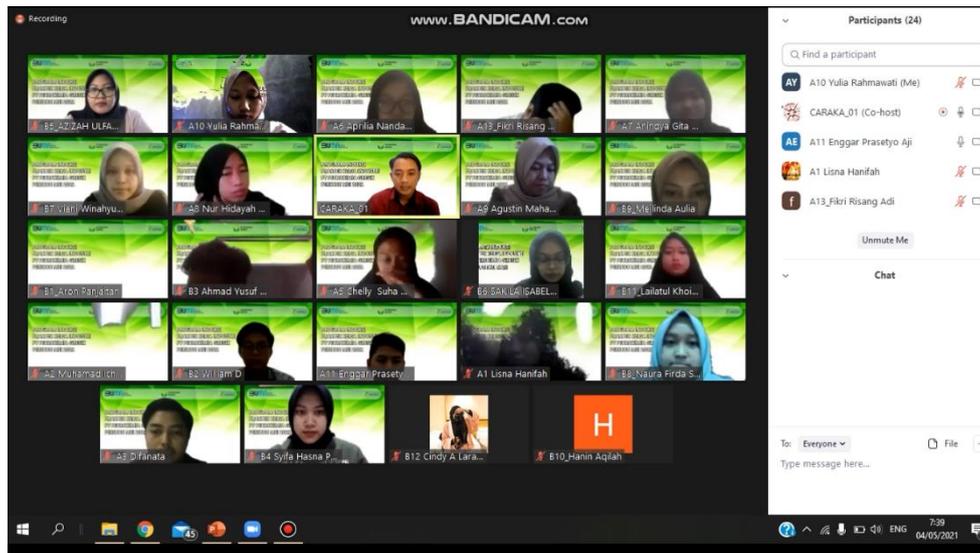
Lampiran g. Dokumentasi



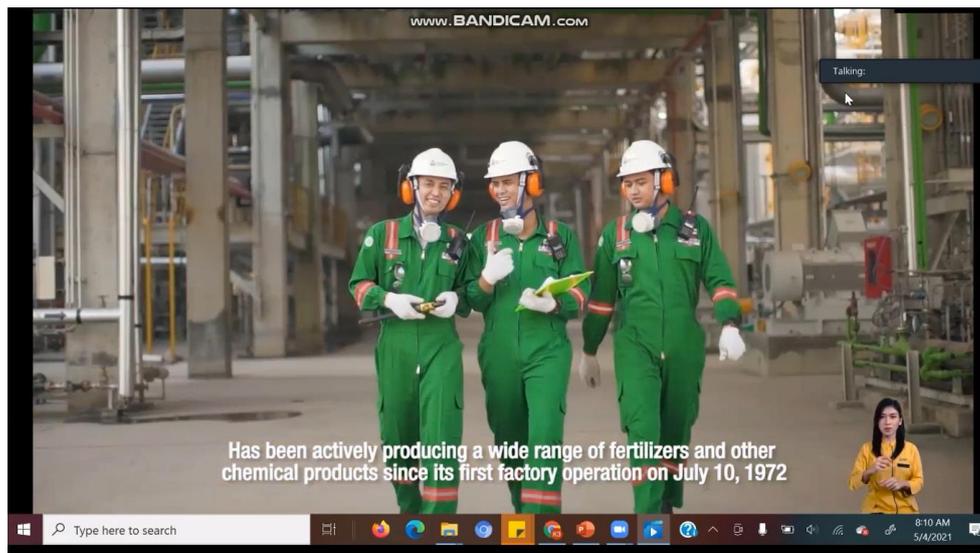
Gambar 1. Pemaparan Materi Company Profil



Gambar 2. Pemaparan Materi Company Profil



Gambar 3. Breakout Room untuk Presentasi Kelompok



Gambar 4. Pemutaran Video Safety Induction



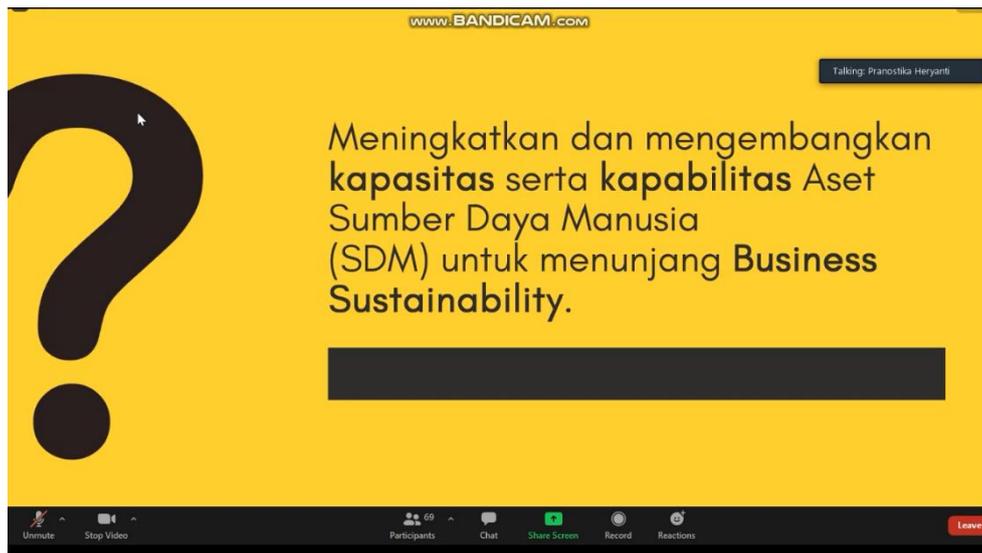
Gambar 5. Pemaparan Materi K3 di PT Petrokimia Gresik



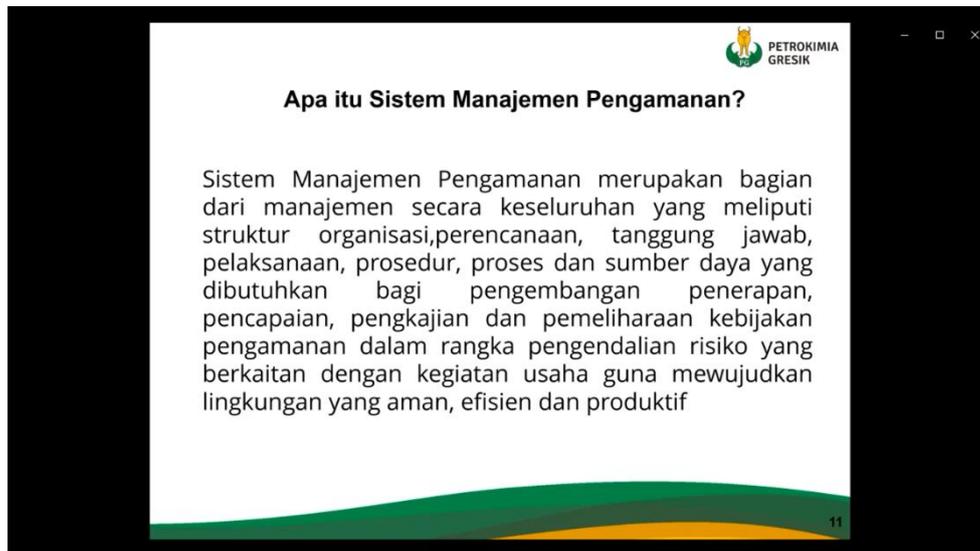
Gambar 6. Presentasi Kelompok Materi Product Knowledge



Gambar 7. Pemaparan Materi Product Knowledge



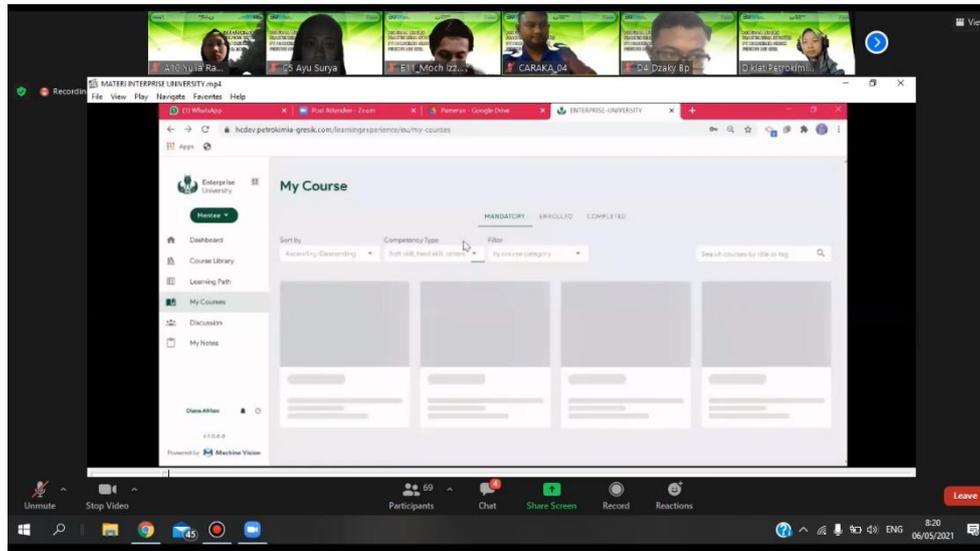
Gambar 8. Pemaparan Materi Pengembang SDM



Gambar 9. Pemaparan Materi Sistem Manajemen Pengamanan



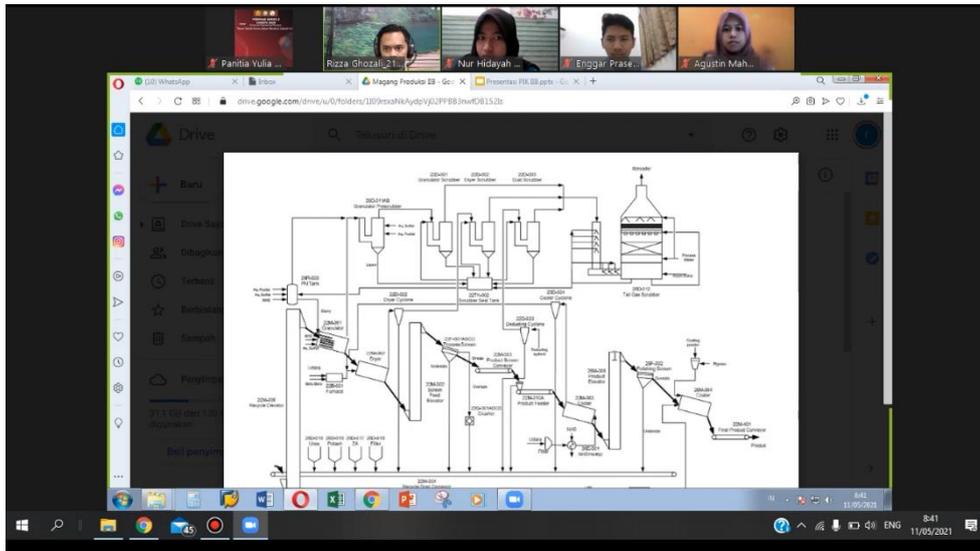
Gambar 10. Pemaparan Materi Gratifikasi



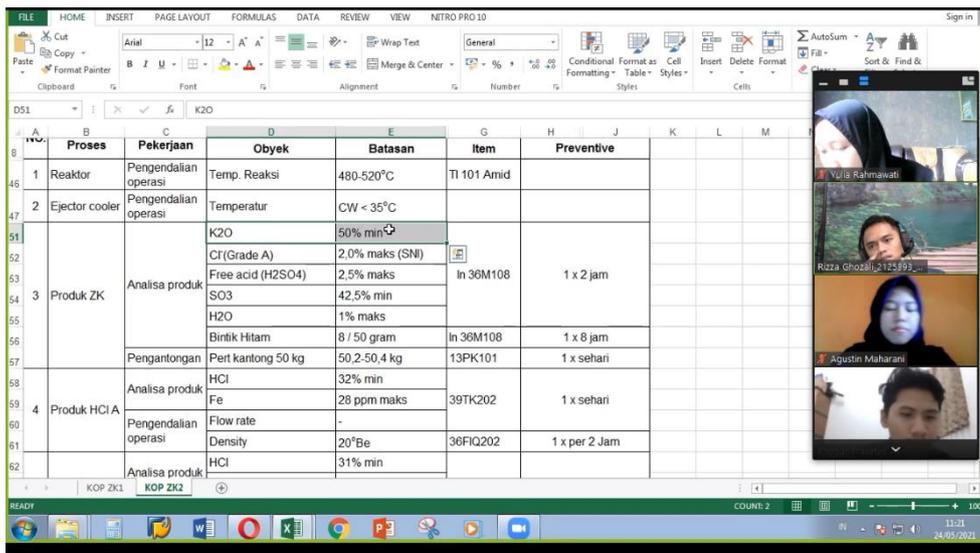
Gambar 11. Pemaparan Materi Enterprise University



Gambar 12. Pemaparan Materi Public Speaking



Gambar 13. Penjelasan Proses Produksi di Departemen Produksi II B

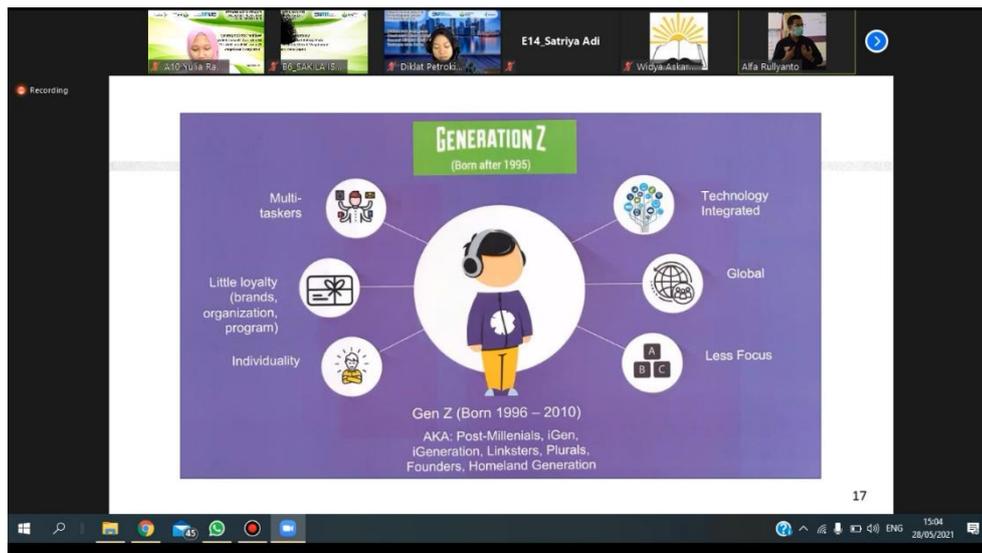


Proses	Pekerjaan	Objek	Batasan	Item	Preventive		
1	Reaktor	Pengendalian operasi	Temp. Reaksi	480-520°C	TI 101 Amid		
2	Ejector cooler	Pengendalian operasi	Temperatur	CW < 35°C			
3	Produk ZK	Analisa produk	K2O	50% min	In 36M108	1 x 2 jam	
			Cl(Grade A)	2,0% maks (SNI)			
			Free acid (H2SO4)	2,5% maks			
			SO3	42,5% min			
			H2O	1% maks			
4	Produk HCl A	Analisa produk	Bintik Hitam	8 / 50 gram	In 36M108	1 x 8 jam	
			Pengantongan	Pert kantong 50 kg	50,2-50,4 kg	13PK101	1 x sehari
			Pengendalian operasi	HCl	32% min	39TK202	1 x sehari
Flow rate	-						
	Analisa produk	KOP ZK2	Density	20°Be	36FIQ202	1 x per 2 Jam	
			HCl	31% min			

Gambar 14. Diskusi dengan Pembimbing Lapangan



Gambar 15. Webinar Pembuatan CV dan Surat Lamaran Kerja



Gambar 16. Webinar Membentuk Mindset Bekerja pada Generasi Millennial