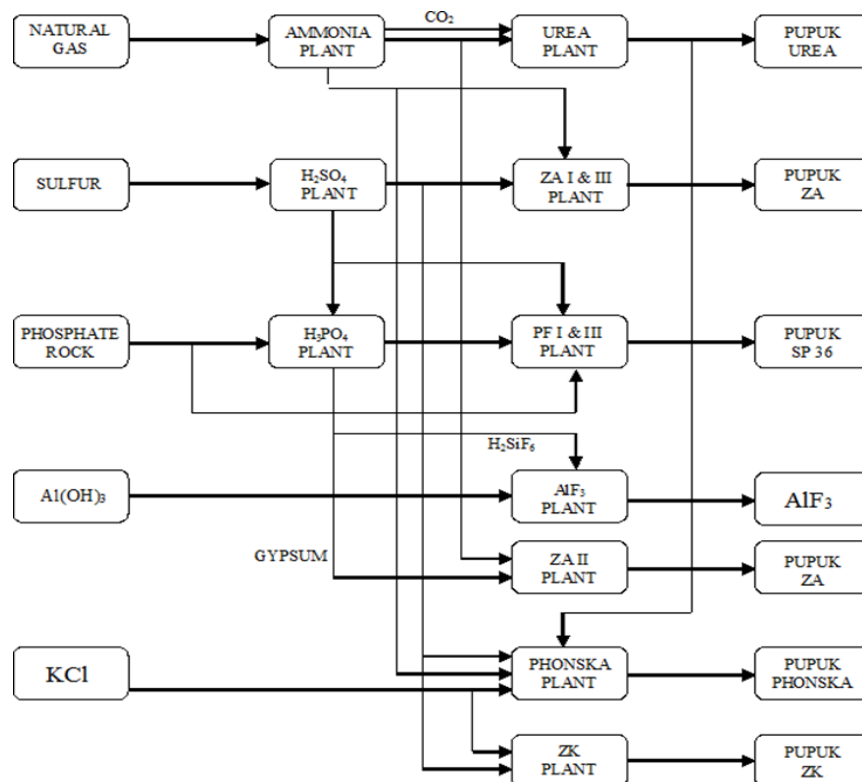


BAB II

TINKAUAN PUSTAKA

II.1 Uraian Proses

PT Petrokimia Gresik merupakan pabrik pupuk terlengkap di Indonesia yang mampu menghasilkan produk pupuk dan prosuk non pupukserta bahan kimia lainnya. Secara umum, PT Petrokimia Gresik dibagimenjadi 3 unit produksi, yaitu unit produksi I A dan I B, unit produksi II Adan II B serta unit produksi III A dan III B.



Gambar 2. 1 Alur proses Produksi PT. Petrokimia

II.1.1. Kompartemen Pabrik I

Kompartemen pabrik I memiliki 2 departemen produksi, yakni departemen produksi IA dan IB. Departemen produksi IA merupakan unit kerja yang memproduksi pupuk berbahan baku ammonia dan urea serta ZA.



Departemen produksi I B merupakan unit kerja yang memproduksi pupuk berbahan baku ammonia.

1. Pabrik Amurea

Tahun Berdiri : 2018

Kapasitas Produksi : 445.000 ton/tahun

Bahan Baku : Amoniak dan Urea

2. Pabrik ZA I

Tahun berdiri : 1972

Kapasitas produksi : 200.000 ton/tahun

Bahan baku : Gas amoniak dan asam sulfat

3. Pabrik ZA III

Tahun berdiri : 1986

Kapasitas Produksi : 200.000 ton/tahun

Bahan baku : Gas amoniak dan asam sulfat

Selain menghasilkan pupuk, Unit Produksi I, juga menghasilkan produk samping non pupuk, antara lain :

1. CO₂ cair dengan kapasitas 10.000 ton/tahun
2. CO₂ padat (Dry Ice) dengan kapasitas 4.000 ton/tahun
3. Gas Nitrogen dengan kapasitas 500.000 ton/tahun
4. Nitrogen cair dengan kapasitas 250.000 ton/tahun
5. Gas Oksigen dengan kapasitas 600.000 ton/tahun
6. Oksigen cair dengan kapasitas 3.300 ton/tahun

II.1.2. Kompartemen II

Kompartemen II terdiri dari 2 departemen produksi, yakni departemen produksi IIA dan departemen IIB. Departemen IIA merupakan unit kerja yang memproduksi pupuk berbahan baku nitrogen phospat dan kalium. Sedangkan departemen produksi IIB merupakan unit kerja yang memproduksi pupuk berbahan baku NPK, NPK Phonska, dan pupuk ZK.





A. Pabrik Pupuk Fosfat

1. Pabrik Pupuk Fosfat I

Tahun berdiri : 1979
Kapasitas produksi : 500.000 ton/tahun
Bahan baku : Fosfat rock

2. Pabrik Pupuk Fosfat II

Tahun berdiri : 1983
Kapasitas produksi : 500.000 ton/tahun
Bahan baku : Fosfat rock

B. Pabrik Phonska

1. Pabrik Pupuk PHONSKA I

Kapasitas : 450.000 ton/tahun
Tahun operasi : 2000
Bahan baku : Amoniak, Asam Fosfat, Asam Sulfat, Belerang dan filler

2. Pabrik Pupuk PHONSKA II

Kapasitas : 600.000 ton/tahun
Tahun operasi : 2005
Bahan baku : Amoniak, Asam Fosfat, Asam Sulfat, Belerang dan filler

3. Pabrik Pupuk PHONSKA III

Kapasitas : 600.000 ton/tahun
Tahun operasi : 2009
Bahan baku : Amoniak, Asam Fosfat, Asam



Sulfat, Belerang dan filler

4. Pabrik Pupuk PHONSKA IV

Kapasitas : 60.000 ton/tahun

Tahun operasi : 2011

Bahan baku : Amoniak, Asam Fosfat,
AsamSulfat, Belerang dan filler

C. Pabrik Pupuk NPK

1. Pabrik Pupuk NPK I

Tahun : 2005

Kapasitas : 70.000 ton/tahun

Bahan baku : DAP, Urea, ZA, KCl dan filler

2. Pabrik Pupuk NPK II

Tahun : 2008

Kapasitas : 100.000 ton/tahun

Bahan baku : DAP, Urea, ZA, KCl dan filler

3. Pabrik Pupuk NPK III

Tahun : 2009

Kapasitas : 100.000 ton/tahun

Bahan baku : DAP, Urea, ZA, KCl dan filler

4. Pabrik Pupuk NPK IV

Tahun : 2009

Kapasitas : 100.000 ton/tahun

Bahan baku : DAP, Urea, ZA, KCl dan filler



5. Pabrik Pupuk NPK Blending

Tahun	: 2003
Kapasitas	: 60.000 ton/tahun
Bahan baku	: DAP, Urea, ZA, KCl dan filler

D. Pabrik ZK

1. Pabrik Pupuk K_2SO_4

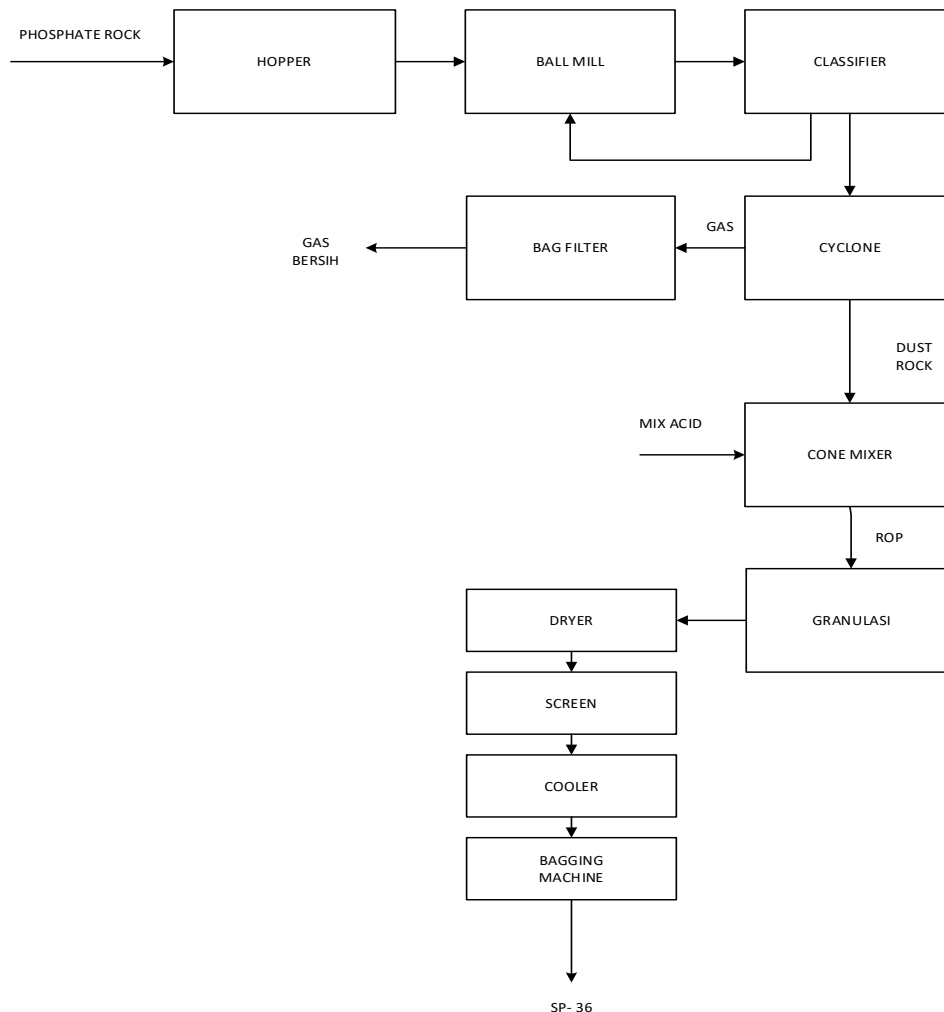
Tahun	: 2005
Kapasitas	: 10.000 ton/tahun
Bahan baku	: H_2SO_4 dan KCl

Pabrik Pupuk K_2SO_3

Tahun	: 2005
Kapasitas	: 8000 ton/tahun
Bahan baku	: H_2SO_4 , Natrium Karbonat dan KCl



II.1.2.1. Unit produksi Pupuk Fosfat (SP-36)



Gambar 2. 2 Blok Diagram unit pupuk fosfat

1. Uraian Proses :

Bahan baku berupa fosfat rock di loading oleh wheel loader menuju ballmill untuk mengalami proses penggilingan dengan media ball charge sebagai penghancurnya untuk menghasilkan mesh yang lebih kecil, dengan ukuran mesh +100 = 25% maks dan mesh -200 = 50% min. Hasil dari penggilingan berupa partikel yang lebih kecil atau dust rock akan di pisahkan lagi ukurannya di classifier. Untuk ukuran yang tidak sesuai akan kembali di recycle ke dalam ball mill. Sedangkan yang sesuai dengan standart akan menuju ke cyclone. Di dalam cyclone akan dipisahkan antara dust rock dengan gas. Gas tersebut akan di saring lagi di dalam bag filter agar gas yang keluar ke atmosfer tidak ada debu yang terikut. Dust

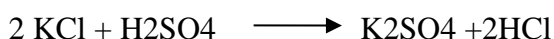
rock dari hasil pemisahan di cyclone akan disimpan ke dalam silo dengan kadar P₂O₅ 27% min. Di dalam silo terdapat air slide system yang berfungsi sebagai pemanas dan juga untuk mentransfer dust rock menuju unit reaksi.

Proses selanjutnya adalah proses mixing antara dust rock dengan mix acid di dalam cone mixer untuk menghasilkan produk setengah jadi atau ROP (Run of Pile). ROP tersebut bisa diumpankan langsung ke unit granulasi atau dicurahkan terlebih dahulu di curing storage untuk menghasilkan reaksi lanjutan. ROP yang masuk ke unit granulasi terjadi proses pembutiran dengan injeksi slurry dan steam. Hasil dari proses granulasi akan menuju ke proses pengeringan untuk menurunkan kadar H₂O yang sesuai standart. Produk kemudian diayak untuk memperoleh produk dengan mesh yang diinginkan. Mesh produk yang tidak sesuai standart akan di recycle kembali ke unit granulasi. Produk yang sudah sesuai standart akan di dinginkan terlebih dahulu kemudian di kirim ke unit pengantongan SP-36.

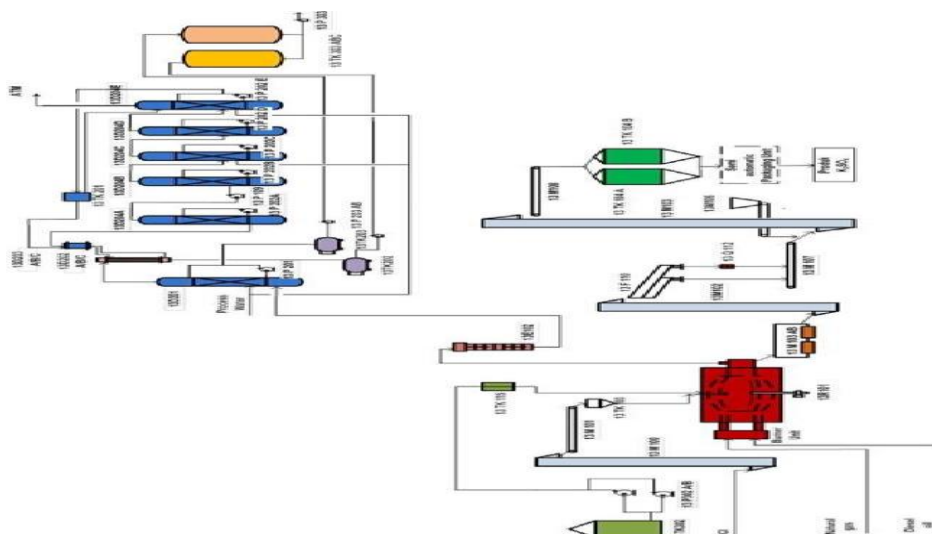
II.1.2.2 Pabrik Pupuk ZK

Unit pabrik ZK (Zwalfersuur Kalium) menggunakan proses Mannheim yaitu mereaksikan Kalium Klorida (KCl) dengan asam sulfat 98% di reaktor furnace (Mannheim reactor) yang dirancang oleh konsorsium Eastern Tech dan Timas (Indonesia) dengan kapasitas produksi sebesar 20.000 ton/tahun dengan hasil samping asam klorida (HCl) sebesar 12.000 ton/tahun.

Secara umum alur proses pembuatan pupuk ZK akan diuraikan melalui diagram pada gambar 2.1. Proses pembuatan pupuk ZK yang digunakan di unit ini adalah proses reaksi antara asam sulfat (H₂SO₄) dan kalium klorida (KCl). Kedua bahan ini direaksikan di dalam reaktor furnace (Mannheim Reaktor) untuk membentuk K₂SO₄ (ZK) dan gas asam klorida (HCl). Reaksinya adalah sebagai berikut:

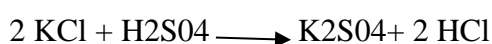


Proses Mannheim adalah Reaksi antara KCl dan Asam Sulfat 98 % yang terjadi di Reaktor Furnace (Mannheim Furnace) , Reaktor dioperasikan pada suhu diatas 5000C.

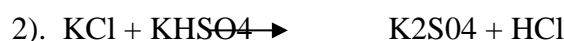
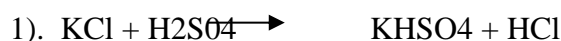


Gambar 2. 3 Diagram Alir pembuatan pupuk ZK

Proses reaksi antara KCl dan Asam Sulfat adalah :



Reaksi Asam Sulfat dan KCl terjadi dalam dua tahap :



Reaksi yang pertama adalah reaksi eksotermis terjadi pada suhu rendah, dan yang kedua adalah reaksi endotermis terjadi pada suhu tinggi. Untuk meminimalkan kandungan Cl pada hasil produksi, eksekutif Asam Sulfat rendah ditambahkan, kelebihan Asam sulfat dinetralkan dengan Calcium Carbonat atau Natrium Carbonat tergantung pada persyaratan kemurnian produk.

Reaktor Furnace adalah Dish-shape Chamber yang tertutup dipanaskan dari luar dengan minyak atau gas alam. KCl dan Asam Sulfat dimasukkan kedalam reaktor dengan perbandingan tertentu. Campuran reaksi yang dipanaskan dari luar dan diaduk oleh strainer, temperatur dikendalikan dengan memasang 4 buah element Temperature transmitter di bagian atas, samping kiri-kanan dan di bagian dasar Reaktor.

a. Cooling & Neutralization Unit

K₂SO₄ hasil reaksi dari Reaktor didinginkan dengan cooling water di Ejector Cooler 13.J103 A/B setelah itu diayak dengan vibrating screen dan dikecilkan ukurannya dengan menggunakan crusher. Untuk menetralsisir asam bebas ditambahkan kapur atau sodium karbonat, setelah itu dibawa ke Silo untuk dikantongi.

b. **Bagging**

Dari Silo 13.TK104 A/B, produk K₂SO₄ dikantongi dengan kantong terbuat dari Lining Poly Etilene (PE). Mesin pengantongan di unit produksi pabrik ZK didisain semi otomatis artinya Operator hanya meletakkan kantong dibawah timbangan dan menangani kantong selama dijahit. Nama akan dicetak di kantong Poly Propilene(PP).

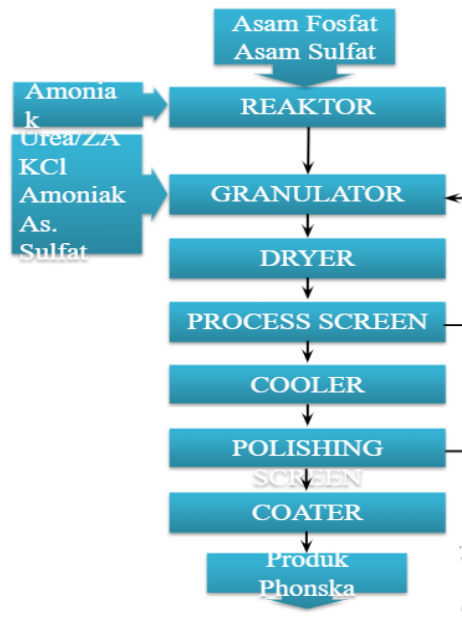
c. **Scrubber dan Absorber Unit**

Gas Asam chlorida yang terjadi selama reaksi didinginkan oleh Graphite Cooler (13.E102) hingga 600C - 700C. Proses pendinginan dimonitor melalui temperatur masuk dan keluar Graphite Cooler 13.E102, demikian juga temperature masuk dan keluar cooling water.

Gas dingin dimasukan ke Scrubber Asam Chlorida (13.D201) untuk menyerap kandungan gas Asam Chlorida. HCl yang masih lolos diserap kembali oleh 5 (lima) buah Absorber (13.D204A-E) yang disusun secara seri, sehingga konsentrasi HCl mencapai 31% - 33%, setelah itu dimasukkan ke intermediate tank (13TK 202 dan 13TK-203) dan dipompa ke tangka HCl (13TK303A/B/C/D/E) untuk pengiriman ke pelanggan Ada 2 (dua) macam HCl hasil penyerapan yaitu HCl grade A dan HCL grade B. HCl grade A berwarna bening dengan produksi HCl 2/3 dari total. HCl grade B berwarna kekuning-kuningan dengan produksi HCl 1/3 dari total.

II.1.2.3 Proses Produksi NPK

1. NPK Phonska IV



Gambar 2. 4 Flow Produksi Pupuk Phonska

Bahan Baku

- NH_3 : Sebagai sumber N
Kadar N : 82%
Kemurnian : 99.5%
- H_3PO_4 : Sebagai sumber P_2O_5
Kadar P_2O_5 : 50%
Kemurnian : 69%
- H_2SO_4 : Beraksi dengan NH_3 membentuk ZA
Kemurnian : 98.5%
- ZA : Sebagai sumber N
Kadar N : 46%
- Urea : Sebagai sumber N
Kadar N = 46%
- KCl : Sebagai sumber K_2O

Kadar K₂O : 60%

Proses Produksi

1. Persiapan Bahan Baku

Perpindahan bahan baku dari gudang penyimpanan ke pabrik menggunakan belt conveyor. Bahan baku lalu diumpankan ke Hopper. Bahan baku akan dilewatkan filter magnetic untuk menghilangkan logam yang terikat dalam bahan baku, yang selanjutnya akan dipindahkan ke pabrik.

2. Penyiapan Slurry

Bahan cair yang digunakan untuk menetralkan adalah asam fosfat, asam sulfat, dan amoniak serta steam dan liquor hasil pencucian di scrubber. Steam digunakan untuk menaikkan suhu reaksi. Asam fosfat yang diumpankan ke dalam Pre-Neutralizer ini berasal dari unit scrubbing. Amoniak yang digunakan adalah amoniak cair agar volume pipa yang digunakan lebih kecil. Amoniak dan asam sulfat diumpankan ke dalam tangka melalui dinding bagian bawah tangka, sedangkan asam fosfat diumpankan melalui bagian atas tangki.

3. Proses Granulasi

Granulator dilengkapi dengan flexing rubber panels untuk menghindari penumpukan produk. Granulator juga dilengkapi dengan lump kicker untuk memisahkan gumpalan yang tersisa didalam 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 2-3 % 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 . Outlet pada bagian depan granulator terbuka, hal ini ditujukan agar memudahkan pengontrolan alat granulator. Hal tersebut dilakukan sebab pengontrolan di granulator untuk mendapatkan hasil yang diinginkan sangat sulit dilakukan. Dengan adanya space terbuka tersebut dapat memudahkan operator mengontrol alat granulator tersebut.

4. Pengeringan dan Pengayakan Produk (Drying & Screening)

Proses dryer merupakan proses pengeringan padatan keluaran granulator dengan suhu 300-400 derajat Celsius hingga kadar airnya mencapai 1.5% menggunakan udara pengering dari arah co-current. Udara yang digunakan untuk proses pengeringan ini terdiri dari udara pembakaran dan dilution air. Dilution air ditambahkan guna menurunkan suhu udara pembakaran hingga 120-170 derajat Celsius. Produk kering diumpankan ke exit dryer conveyor, dan diumpankan ke exit dryer elevator yang akan dibawa ke penyaring melalui screen feeder. Diantara exit dryer conveyor dan screen feeder terdapat recycle by pass diverter yang berguna untuk mengirim kembali bahan ke gudang penyimpanan bahan baku untuk proses selanjutnya. Screen akan memisahkan antara produk undersize dan oversize. Untuk produk dengan ukuran onsize akan diumpankan langsung ke small recycle regulator bin. Untuk produk oversize akan dijatuhkan kedalam pulverizer yang lalu terdapat diverter untuk mengganti jalur penyaring dan crusher secara bergantian. Produk undersize dari screen jatuh secara gravitasi ke dalam recycle belt conveyor untuk diproses ulang.

5. Pendinginan (Cooling)

Setelah melalui screen feeder, produk akan masuk ke cooler drum yang akan menurunkan temperature. Proses pendinginan menggunakan udara suhu kamar. Beberapa NPK memiliki CRH (Critical Relative Humidity) sekitar 55% pada 30 derajat Celsius dan dapat menahan kadar air. Jika kondisi udara lingkungan memiliki kadar air yang relative tinggi, pemanasan udara akan meingkatkan

temperature udara dan akibatnya kelembaban relative udara akan berkurang. Produk yang keluar dari cooler ini bersuhu 50-55 derajat Celsius.

6. Proses Pelapisan (Coating)

Proses pelapisan ini menggunakan rotary drum. Coating terbagi menjadi 2 yaitu Coating agent liquid dan coating powder. Pada produk ini coating yang digunakan adalah coating agent. Coating agent terbuat dari dolomit dan coating oil. Pelapisan ini dilakukan agar terjadi proses caking yang dapat menyebabkan pupuk memadat menjadi satu seperti batu. Untuk menambah sifat anticaking, salah satu coating agent ditambahkan senyawa terminasi sehingga dapat memberikan daya tahan ekstra terhadap penyerapan air.

7. Penyerapan Gas (Scrubbing) dan Dedusting

Sistem scrubbing terdiri dari 4 tahap:

- 1) Granulator pre scrubber merupakan alat yang digunakan untuk penyerapan gas pada tahap pertama yang berfungsi untuk menyerap gas yang mengalir dari granulator pre-scrubber dan pre-neutralizer.
- 2) Menggunakan dryer scrubber dimana dryer scrubber akan menangkap gas yang berasal dari dryer cyclone yang kemudian dihisap oleh fan yang dipasang setelah scrubber.
- 3) Gas scrubber merupakan alat yang digunakan untuk menangkap gas yang berasal dari 2 sistem scrubber dan yang berasal dari rotary drum cooler.
- 4) Tower scrubber pada tahap ini digunakan untuk memenuhi ketentuan emisi gas buang.

Dedusting system digunakan untuk mengurangi debu yang lepas. Alat tersebut dilengkapi system injeksi udara panas di tiap titik isapan, untuk mencegah kondensasi di dalam ducting yang menyebabkan lengket dan penumpukan debu peralatan system injeksi udara panas terdiri atas fan dan steam yang dimasukkan ke heater.

II.1.2.4 NPK Granulasi

Bahan Baku

- DAP (Diamonium Phosphate) (SNI 02-2858-1994)
Rumus molekul : $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$
Kadar N : Min 18%
Kadar air : Max 1%
P₂O₅ : Min 46 %
Ukuran granul : 1 – 44 mm (80%)
Sifat fisik : Berbentuk butiran berwarna putih
Titik leleh : 155oC
Densitas : 1,619 gr/ml pada 25 oC
Warna : Hitam atau abu – abu
Sifat : Tidak higroskopis
- Urea (diperoleh dari Pabrik Urea yang ada di Departemen Produksi I)
Rumus molekul : $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
Bentuk : Kristal Kadar
N : Min 46%
Biuret : Max 1%
Kadar air : Max 0,5%
Ukuran granul : 1 – 3, 55 mm (90%)
Berat molekul : 60,07 gr/mol
Sifat fisik : Berbentuk Kristal berwarna putih
Titik leleh : 132,7 oC



Titik didih : Terdekomposisi

Sifat : Higroskopis 53

- KCl (diperoleh dari impor)

Berat molekul : 74,55 gr/mol

Sifat fisik : Kristal tak berwarna atau berwarna putih, dapat juga berbentuk serbuk

Kadar K₂O : Min 60%

Kadar air : Max 1%

Densitas : 1,987 gr/ml

Titik leleh : 773 oC (menyublim pada 1500 oC)

- Amonium Sulfat / ZA (diperoleh dari Pabrik Amonium Sulfat yang ada di Departemen Produksi I, III dan impor)

Rumus molekul : (NH₄)₂SO₄

Kadar N : Min 20,8%

Kadar S : Min 23,8%

Ukuran granul : +30 mesh

Berat molekul : 132,6 gr/mol

Sifat fisik : Berwarna coklat, kristal, berwarna abu-abu sampai putih

Titik leleh : >280 oC (terdekomposisi)

Sifat : Tidak higroskopis

- Clay

Berfungsi sebagai perekat antar bahan atau binder dan juga sebagai filler. Clay berbentuk bubuk dengan warna putih kecoklatan. 7. Filler lainnya



Berupa granul pupuk yang berukuran under size. Pada umumnya feed ini diumpankan sebanyak 50% - 70%.

II.2 Uraian Tugas Khusus

II.2.1 Latar Belakang

Bahan baku utama dalam pembuatan asam fosfat adalah batuan phosphate dan asam sulfat. Selain menghasilkan asam fosfat, pabrik asam fosfat juga menghasilkan produk samping berupa gypsum dan H_2SiF_6 . Proses produksi asam fosfat di pabrik PT. Petrokimia Gresik terdiri dari tahap handling, tahap grinding, tahap reaksi hemihydrate, tahap filtrasi, tahap recovery, dan tahap pemekatan. Tahap – tahap tersebut berperan penting untuk mencapai rate produksi yang paling optimal. Untuk mendapatkan kadar P_2O_5 sebesar 54% maka proses yang paling penting adalah proses pemekatan. Pada proses pemekatan terjadi kenaikan kadar P_2O_5 dari $\pm 40\%$ menjadi asam fosfat pekat dengan kadar P_2O_5 sebesar 54%. Bagian dalam proses pemekatan konsentrasi ini dibagi menjadi 3 yaitu penguapan (Evaporasi), pendinginan (Cooling Unit), dan penangkapan gas fluorine (Fluorine Scrubber). Pada proses penguapan, sejumlah air dalam larutan asam fosfat encer di dalam bejana vakum untuk membentuk asam fosfat pekat. Tahap yang terjadi adalah umpan berupa H_3PO_4 encer dari filter 1 masuk melewati alat Heater (E-2501). Pada alat Heater, H_3PO_4 dipanaskan dengan menggunakan steam. Kemudian H_3PO_4 yang telah dipanaskan akan masuk ke alat vaporizer (D-2501). Produk bawah yang keluar dari vaporiser adalah H_3PO_4 pekat (54%), sedangkan produk atasnya yang terdiri dari air, sedikit H_3PO_4 , dan fluorine dalam fasa gas dialirkan menuju alat mist separator untuk mendapatkan produk berupa gas fluorine.

Dalam Plant Produksi Asam fosfat terdapat heater pada unit konsentrasi untuk memanaskan larutan encer asam fosfat hingga $90-95^\circ C$ dengan media pemanas berupa steam $128-130^\circ C$, sehingga terjadi pemekatan larutan dengan teruapnya molekul air pada bejana vakum evaporator D-2501. Molekul air yang menguap menjadi gas dalam evaporator akan dihisap oleh mist separator D-2502

yang selanjutnya akan diproses pada unit fluorine recovery untuk menangkap kemungkinan gas HF yang lolos

Untuk operasi alat Furnace ini diperlukan evaluasi. Evaluasi ini yaitu berupa menentukan Neraca massa dan neraca energi.

II.2.2 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas khusus ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa dan mengevaluasi kinerja dari alat Furnace di unit produksi Departemen Produksi IIIB.
2. Mengetahui Neraca Energi dan neraca massa pada alat Furnace.

II.2.3 Manfaat

Dari analisis kuantitatif terhadap furnace pada pabrik Asam Fosfat, diharapkan dapat diketahui performa dari furnace tersebut dan dapat dijadikan referensi untuk mengoptimalkan operasi pada furnace

Dalam pelaksanaan Praktek Kerja Lapang di PT. Petrokimia Gresik penulis menargetkan untuk dapat mengetahui proses dari setiap unit dan pengamatan terhadap waste heat boiler sebagai sala satu alat yang ada di unit sulfat III B PT. Petrokimia Gresik.

II.2.4.1. Furnace

Furnace atau tungku merupakan sebuah peralatan (device) yang digunakan untuk melelehkan logam untuk pembuatan bagian mesin (casting). Furnace juga digunakan untuk memanaskan bahan serta mengubah bentuknya (misalnya penggulungan/rolling, penempaan) atau merubah sifat-sifatnya (perlakuan panas). Dengan kata lain, furnace merupakan proses pemanasan yang bertujuan untuk menghilangkan kandungan air serta sisa pelarut dalam lapisan secara bertahap.

Berdasarkan metode penghasilan panas, furnace secara luas diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu furnace jenis pembakaran (menggunakan bahan bakar) dan furnace jenis listrik. Furnace jenis pembakaran bergantung pada jenis bahan bakar

yang digunakan. Diantaranya furnace yang menggunakan bahan bakar minyak, batu bara, atau gas.

Berdasarkan modus pengisian tungku bahan, furnace dapat diklasifikasikan menjadi furnace jenis Intermittent atau furnace berkala dan furnace continuous atau terus menerus.

Berdasarkan modus pemanfaatan kembali limbah panas sebagai furnace recuperative dan regeneratif. Tipe lain dari klasifikasi furnace dibuat berdasarkan modus perpindahan panas, cara pengisian dan modus pemanfaatan panas.

- Di dalam furnace terdapat berbagai bagian yaitu :

1. Pemanas berupa elemen-elemen berbentuk pir dan terdapat sensornya berupa suhu yang diinginkan akan tercatat secara manual
2. Termokouple / sensor suhu

Termokopel adalah perangkat yang terdiri dari dua konduktor yang berbeda (biasanya paduan logam) yang menghasilkan tegangan, sebanding dengan perbedaan suhu antara kedua ujung konduktor. Termokopel banyak digunakan sebagai jenis sensor suhu untuk pengukuran dan kontrol serta dapat jugadigunakan untuk mengubah gradien temperatur menjadi listrik.

Termokopelbiasanya memakai suhu standar untuk suhu referensi 0 derajat Celcius

3. Ada lubang, saat ingin memanasi agar tidak terkontaminasi biasanya diberi tabung kuarsa. Karena ada proses pembakaran terdapat asap hasil pembakaran seperti H₂O, CO₂ dll

4. Alumina

Pada bagian tubuh furnace ini terdapat alumina yang menyebabkan sampel tidak terbakar. Alumina memiliki melting point yang tinggi, lebih dari 10000C. Alumina diperoleh dari bauksit NaOH) pada temperatur 2400C. Dengan memanaskan aluminium trioksida (Al(OH)₃) hingga kira-kira 13000C (diendapkan), akan didapat alumina. Dengan reaksi sebagai berikut: $2 \text{Al(OH)}_3 (\text{l}) \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 (\text{l}) + 3\text{H}_2\text{O} (\text{g})$

Alumina merupakan satu dari bahan kimia oksida yang dikenal paling stabil. Bahan ini secara mekanis sangat kuat, tidak dapat larut dalam air, steam lewatjenuh,



dan hampir semua asam inorganik dan alkali. Sifatnya membuatnya cocok untuk pembentukan wadah tempat melebur logam untuk fusi sodium karbonat, sodium hidroksida dan sodium peroksida. Bahan ini memiliki tahanan tinggi dalam oksidasi dan reduksi pada kondisi atmosfer. Alumina digunakan dalam industri dengan proses panas. Alumina yang sangat berpori digunakan untuk melapisi tungku dengan suhu operasi sampai mencapai 1850°C.

1. Tipe Furnace

1. Furnace Berdasarkan Konstruksinya Secara Umum terdiri dari:

- Tipe Box

Furnace yang berbentuk kotak/ box dan mempunyai burner di samping atau di bawah yang tegak lurus terhadap dinding furnace. Nyala api di dalam furnace adalah mendatar atau tegak lurus. Tube furnace dipasang mendatar atau tegak lurus.

Furnace tipe box mempunyai bagian radiasi dan konveksi yang dipisahkan oleh dinding batu tahan api yang disebut bridge wall. Burner dipasang pada ujung dapur dan api diarahkan tegak lurus dengan pipa atau dinding samping dapur (api sejajar dengan pipa). Dapur jenis ini jarang digunakan karena perhitungan ekonomi/harganya mahal.

Aplikasi dapur tipe box :

- a. Beban kalor berkisar antara 60-80 MM Btu/Jam atau lebih
- b. Dipakai untuk melayani unit proses dengan kapasitas besar.
- c. Umumnya bahan bakar yang dipakai adalah fuel oil
- d. Dipakai pada instalasi-instalasi tua, adakalanya pada instalasi baru yang mempunyai persediaan bahan bakar dengan kadar abu (ash) tinggi.

Keuntungan memakai dapur tipe box :

- a. Dapat dikembangkan sehingga bersel 3 atau 4
- b. Distribusi fluks kalor merata disekeliling pipa
- c. Ekonomis untuk digunakan pada beban kalor diatas 60-80 MM. Btu/jam

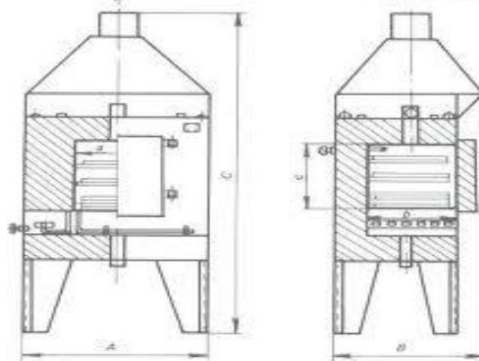
Kerugian memakai dapur tipe box :

- a. Apabila salah satu aliran fluida dihentikan, maka seluruh operasi dapur harus dihentikan juga, untuk mencegah pecahnya pipa (kurang fleksibel)





- b. Tidak dapat digunakan memanasi fluida yang harus dipanasi pada suhu tinggi dan aliran fluida yang singkat.
- c. Harga relative mahal
- d. Membutuhkan area relative luas. (Amirudin BPAT, 2005)



Gambar 2. 5 Tipe Bok Furnace

- Tipe Silinder Vertikal

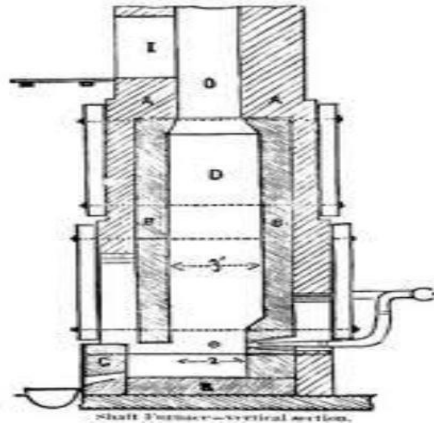
Furnace yang berbentuk silinder tegak yang mempunyai burner padalantai furnace dengan nyala api tegak lurus ke atas sejajar dengan dinding furnace. Dikatakan tipe vertical karena tube di dalam seksi radiasidipasang tegak lurus dan sejajar dinding furnace.

Contoh jenis pemanas berupa tipe vertical :

- a. Pemanas vertical silindris tanpa seksi konveksi
- b. Pemanas vertical silindris berkumparan helix
- c. Pemanas vertical silindris dengan ruang konveksi aliran silang
- d. Pemanas silindris tanpa seksi konveksi terpadu
- e. Pemanas tipe punjang (“orbore” atau “wicket”) Keuntungan memakai dapur tipe silindris :
 - a. Konstruksi sederhana, sehingga harganya relatif murah
 - b. Area yang diperlukan relative kecil
 - c. Luas permukaan pipa dapat tersusun lebih besar sehingga thermal efisiensinya lebih tinggi.



d. Ekonomis untuk bahan bakar sekitar 60-80 MM Btu/jam (Fuels & Combustion, BPAT PT. Pertamina RU III, 2006).



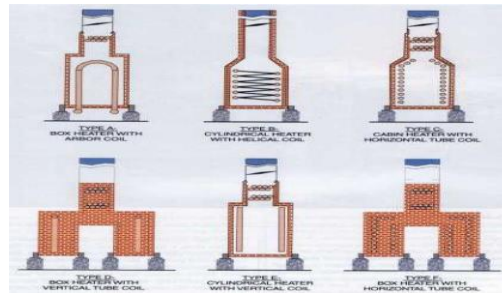
Gambar 2. 6 Type Vertical cylinder furnace

- Tipe Cabin

Furnace jenis ini terdiri dari kamar-kamar dimana tube-tubanya dipasang secara horizontal. Letak burner pada bagian bawah furnace dan nyala api sejajar tegak lurus dengan dinding furnace. Dapur tipe kabin mempunyai bagian radiasi pada sisi samping dan bagian kerucut furnace. Bagian konveksi terletak di bagian atas furnace sedangkan bagian terbawah disebut shield section. Burner dipasang pada lantai dapur dan menghadap ke atas sehingga arah pancaran api maupun flue gas tegak lurus dengan susunan pipa, adakalanya burner dipasang horizontal. Dapur tipe ini ekonomis karena efisiensi termalnya tinggi.

Keuntungan memakai dapur tipe kabin:

1. Bentuk konstruksi kompak dan mempunyai thermal efisiensi tinggi
2. Beban panas sekitar 20-300 MM Btu/jam
3. Pada dapur tipe kabin bersel, memungkinkan pengendalian operasi secara terpisah (fleksibel)



Gambar 2. 7 Jenis Furnace

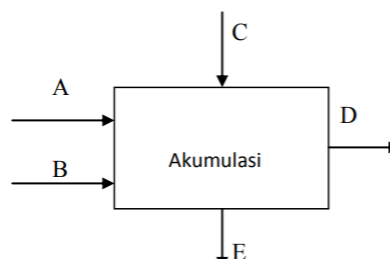
- High Temperatur Chemical furnace

Furnace tipe ini umumnya digunakan sebagai reactor, dimana fluida yang mengalir melalui pipa radiasi akan memperoleh panas radiasi secara merata. Burner dipasang dilantai dengan arah pancaran api vertical dan dipasang di dinding dengan arah pancaran api mendatar. Dengan cara pemasangan Burner tersebut maka tube akan memperoleh panas radiasi yang sama dari kedua sisinya sehingga mengurangi kemungkinan terbentuknya coke serta penurunan suhu metal di tube.

II.2.4.2 Neraca Massa

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 dijinakan 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 2. 8 Diagram Neraca Massa

Persamaan neraca massa:

Massa masuk = massa keluar + massa yang terakumulasi

$$MA + MB + MC = MD + ME + \text{Makumulasi} \quad (2.1)$$

Bila tidak ada massa yang terakumulasi, maka persamaan menjadi:

Massa masuk = massa yang keluar

$$MA + MB + MC = MD + ME \quad (2.2)$$

II.2.4.3 Neraca Energi

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

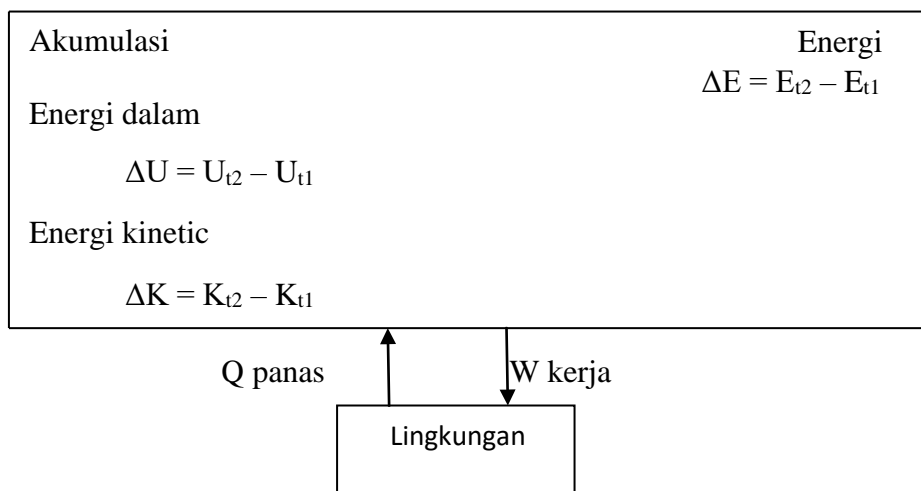
Konsep Makro:

$$\left(\begin{array}{l} \text{Energi} \\ \text{yang Masuk} \\ \text{dalam Ke} \\ \text{system} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Energi yang} \\ \text{timbul} \\ \text{dalam} \\ \text{system} \end{array} \right) = \left(\begin{array}{l} \text{Akumulasi} \\ \text{energy} \\ \text{dalam system} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Energi keluar} \\ \text{dari system} \\ \text{dalam system} \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Energi} \\ \text{dipakai} \\ \text{dalam} \\ \text{system} \end{array} \right)$$

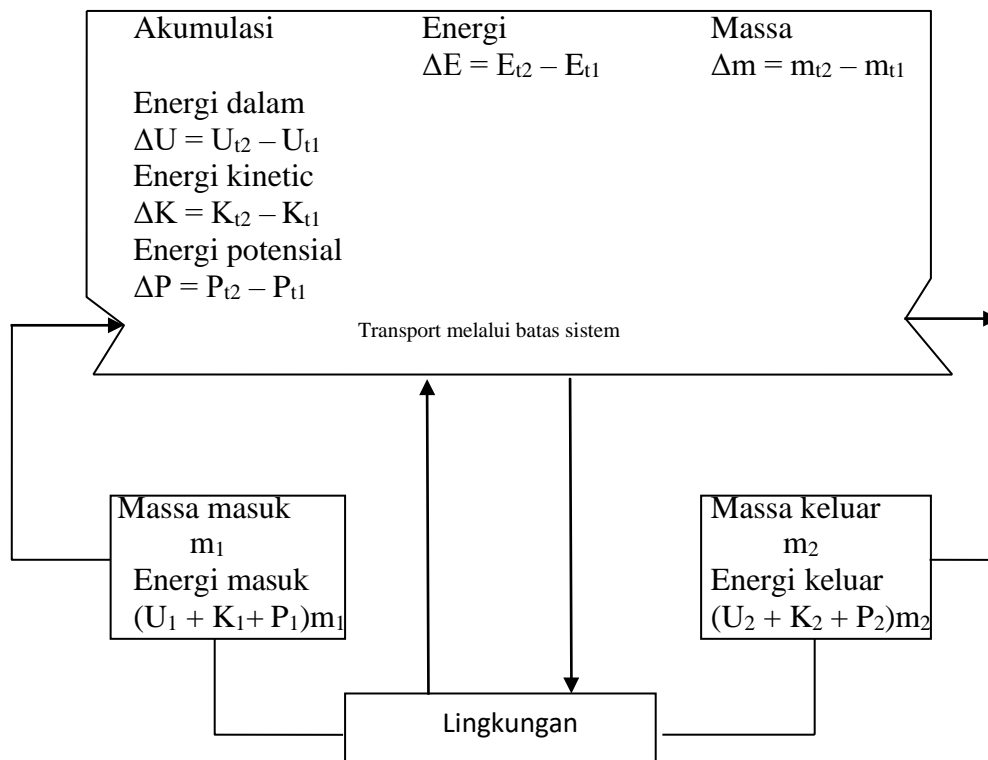
$$E_1 + Q = \Delta E + E_2 + W \quad (3.1)$$

Ada dua macam proses dalam perhitungan neraca energy:

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



Gambar 2. 9 Skema Proses pada system batch



Gambar 2. 10 Skema Proses Sistem Alir

Keterangan Skema:

Energi dapat berada dalam beberapa bentuk, yakni sebagai berikut:

1. Energi dalam (U), persatuan massa (mU), untuk massa m

Energi dalam ini tidak ada instrument yang dapat mengukurnya, sehingga energy dalam harus dinyatakan dalam variable lain, seperti: tekanan, volume, suhu atau komposisi.

2. Energi berupa kerja

Untuk memasukkan bahan ke dalam system, kerja tersebut dinyatakan dalam:

$$m_2(P_2V_2) - m_1(P_1V_1)$$

Dimana;

P = tekanan sistem

V = volume persatuan massa

3. Energi potensial

$$EP = m \times gL/gc \times h$$



Dimana:

H = beda tinggi terhadap reference, m

Gl = gravitasi ditempat ketinggian L, m/s² = konstanta gravitasi, m/s²

4. Energi kinetic

5. Energi dari bahan yang masuk dan keluar system dinyatakan dengan

$$EK = \frac{1}{2} mv^2 \quad (3.4)$$

Energi dapat dipindahkan dalam bentuk panas (Q) atau dalam bentuk kerja (W). Energi dapat masuk atau keluar bersama bahan atau tanpa bahan. Neraca zat memiliki energy karena posisinya, kecepatan atau keadaan fisisnya.

Ketentuan Skema :

1. Panas yang diserap system(+), yang dikeluarkan system(-).

2. Kerja yang dilakukan oleh system terhadap lingkungan (+), kerja yang dilakukan terhadap system(-).

3. Notasi

U = energy dalam K = energy kinetic

P = energy potensial m = massa

t1 = pada saat 1 t2 = pada saat 2

II.5 Rumus Perhitungan

Adapun dalam melakukan perhitungan efisiensi furnace ini menggunakan 3 metode yaitu :

1. Metode heat absorbed dan heat release :

a. Menghitung panas yang diserap Crude Oil (Qab) (heat absorbed)

Untuk masing –masing koil :

$$Q_{absorpsi} = Q_{out} - Q_{in}$$

Ket: Q = heat absorpsi (BTU/hr)

maka heat absorpsi total:

$$Q_{ab\ total} = Q_{abkoil\ 1.1} + Q_{abkoil\ 2.1} + Q_{abkoil\ 1.2} + Q_{abkoil\ 2.2}$$

Untuk menghitung panas yang dibawa Crude Oil tersebut maka digunakan rumus:

$$Q = m \times H \dots \text{ (bureau of energy efficiency)}$$

Ket: m = laju alir massa fluida (lb/hr) H = enthalpy fluida (BTU/lb)

dimana enthalpy (H) crude oil didapat dari grafik hubungan antara H vs K-



Uop. (nelson, 1936). Namun dikarenakan tidak adanya data analisis distilasi dari crude oil, maka digunakan cara lain untuk menghitung nya berdasarkan konsep enthalpy:

$$(H) = C_p \times T \dots (\text{Smith, 2001})$$

Ket: C_p = Specific Heat (BTU/ (lb.oF)

ΔT = perubahan temperature(oF)

Untuk mendapat nilai C_p , terlebih dahulu dihitung oAPI berdasarkan Specific Gravity (60/60 oF) fluida tersebut, lalu di plot pada grafik hubungan T vs C_p untuk hydrocarbon liquids (Kern, 1983)

b. Menghitung panas total masuk furnace (heat release)

Adapun untuk panas total yang dilepas kedalam furnace (bureau of energy efficiency) dapat dihitung sebagai berikut:

• Panas pembakaran fuel oil (Q1)

$$Q = m \times \text{LHV} (\text{Charles})$$

Untuk mendapatkan nilai LHV terlebih dahulu dihitung oAPI. Setelah didapat di plot pada grafik API vs HV (charles), sehingga didapat nilai LHV.

• Panas sensibel steam atomizing (Q2)

$$Q = m \times \Delta H (\text{Nelson, 1936})$$

Nilai enthalpy steam didapat pada steam tabel dengan kondisi saturated vapor (Smith, 2001)

• Panas pembakaran fuel gas (Q3)

$$Q = m \times \text{LHV} (\text{Charles})$$

• Panas sensibel udara pembakaran bahan bakar (Q4)

$$Q = m \times \Delta H$$

Nilai Enthalpy udara didapat berdasarkan tabel enthalpy gas ideal (smith, 2001)

c. Menghitung efisiensi termal.(η)

Metode yang digunakan dalam perhitungan efisiensi pada permasalahan ini adalah metode heat released and absorbed.

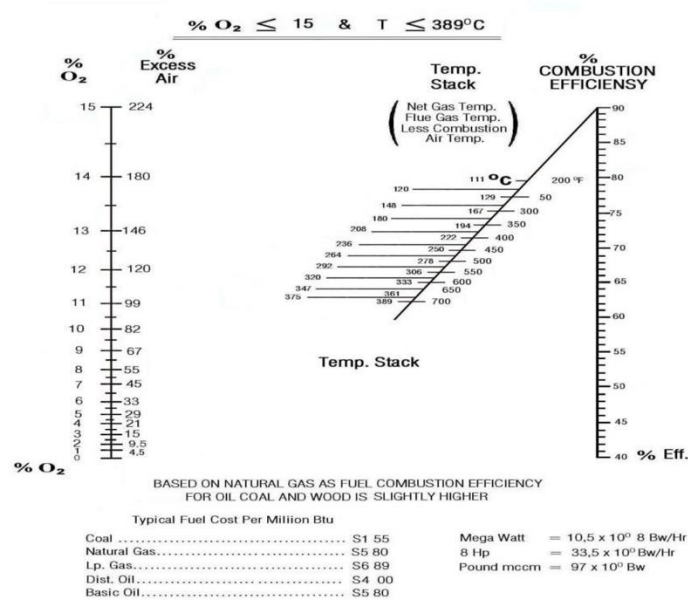
$$\eta = \frac{\text{totalheat absorb}}{\text{totalheat release}} \times 100 \%$$





2. Metode Gas Loss

Menghitung panas yang diserap Crude Oil dengan menggunakan grafik hubungan antara % O₂ Excess dengan temperature stack akan didapat efisiensi dari furnace tersebut.





masing-masing reaksi pembakarannya

2. Menghitung jumlah panas yang masuk (HV = Heating Value)

3. Menghitung panas yang hilang

Kerugian panas oleh radiasi (Heat Loss Radiation)

$$Q_r = 2,5 \% \times HV$$

(API Recommended Practice 532, 1982 : 9)

4. Menghitung Campuran H₂O dalam udara

$$= \frac{P_{vapour}}{14,696} \times \frac{RH}{100} \times \frac{18}{28,85}$$

(API Recommended Practice 532, 1982 : 45)

• Berat udara basah didalam udara / berat BB yang dibutuhkan

= udara kering yang dibutuhkan

1 – campuran H₂O dalam udara

• Berat campuran H₂O didalam udara / berat bahan bakar

• Berat H₂O / Berat bahan bakar (dalam flue gas)

= H₂O terbentuk + Berat campuran H₂O dalam udara

Berat bahan bakar

• Koreksi excess air (kelebihan udara) Berat excess air / Berat Bahan bakar

$$= (28,85 \times \%O_2) \left(\frac{N_2 \text{ terbentuk} + CO_2 \text{ terbentuk} + H_2O \text{ terbentuk}}{28 \quad 44 \quad 18} \right)$$

$$(23 - \%O_2) \left(\frac{1,6028 \times \text{Berat H}_2\text{O}}{\text{Berat udara basah yang di dalam udara}} + 1 \right)$$

(API Recommended Practice 532, 1982 : 45)

5. Menghitung rugi panas yang keluar ke cerobong asap (Qs)



6. Menghitung panas sensibel untuk udara pembakaran (H_a)

$$H_a = C_p \text{ Udara} \times (T_a - T_d) \times (\text{berat udara yang dibutuhkan} + \text{excess air})$$

(API Recommended Practice 532, 1982 : 9)

7. Mengitung panas sensibel untuk bahan bakar gas

$$(H_{fg}) H_{fg} = C_p \text{ fuel gas} \times (\text{Temperatur fuel gas} - T_d)$$

(API Recommended Practice 532, 1982 : 9)

$$\eta_{\text{furnace}} = \frac{(HV + H_a + H_{fg}) - (Q_r + Q_s)}{HV + H_a + H_{fg}} \times 100\%$$

(API Recommended Practice 532, 1982 : 9)

II.6 Pembahasan

Tabel 2. 1 Evaluasi Neraca Massa Dan Neraca Energi Pada Furnace B-1104 Pada Tanggal 10 Agustus

Data Evaluasi		
Pembakaran Sulfur	526,636 TH	
Dry Air	154643 NM/H	
Suhu Actual Input Sulfur	144 C	
Suhu Input	113 C	
Suhu Output	1070 C	
Hasil Neraca Massa		
Komponen	Alur Masuk (kg/hari)	Alur Keluar (kg/hari)
S	527705,7294	0
SO ₂	0	1054341,729
O ₂	1032034,057	505398,0568
N ₂	3398325,358	3398325,358
Total	4958065,144	4958065,144

Hasil Neraca Energi		
Aliran	Alur Masuk (Kj/Hari)	Alur Keluar (Kj/Hari)
Umpan Sulfur	49118853,24	0
Umpan Dry Air	415554852,6	0
Produk Output	0	5681826418
Panas Reaksi	0	-4886194638
qloss	0	-330958074,8
Total	464673705,8	464673705,8

Tabel 2. 2Evaluasi Neraca Massa Dan Neraca Energi Pada Furnace B-1104 Pada Tanggal 11 Agustus

Data Evaluasi		
Pembakaran Sulfur	527,296 TH	
Dry Air	154639 NM/H	
Suhu Actual Input Sulfur	144 C	
Suhu Input	113 C	
Suhu Output	1070 C	
Hasil Neraca Massa		
Komponen	Alur Masuk (kg/hari)	Alur Keluar (kg/hari)
S	528367,07	0
SO ₂	0	1055663,07
O ₂	1032007,362	504711,3622
N ₂	3398237,457	3398237,457
Total	4958611,889	4958611,889
Hasil Neraca Energi		
Umpan Sulfur	49180410,83	0
Umpan Dry Air	415544103,8	0
Produk Output	0	5680844138
Panas Reaksi	0	-4892318200



qloss	0	-323801423,3
Total	464724514,6	464724514,6

Tabel 2. 3Evaluasi Neraca Massa Dan Neraca Energi Pada Furnace B-1104 Pada Tanggal 12 Agustus

Data Evaluasi		
Pembakaran Sulfur	526,486 TH	
Dry Air	154687 NM/H	
Suhu Actual Input Sulfur	144 C	
Suhu Input	113 C	
Suhu Output	1070 C	
Hasil Neraca Massa		
Komponen	Alur Masuk (kg/hari)	Alur Keluar (kg/hari)
S	527554,4227	0
SO ₂	0	1054039,423
O ₂	1032327,698	505842,6977
N ₂	3399292,271	3399292,271
Total	4959174,391	4959174,391
Hasil Neraca Energi		
Aliran	Alur Masuk (Kj/hari)	Alur Keluar (Kj/Hari)
Umpan Sulfur	49104769,61	0
Umpan Dry Air	396436130,2	0
Produk Output	0	5427269826
Panas Reaksi	0	-4884793641
qloss	0	-96935285,68
Total	445540899,9	445540899,9

Tabel 2. 4Evaluasi Neraca Massa Dan Neraca Energi Pada Furnace B-1104 Pada Tanggal 13 Agustus

Data Evaluasi		
Pembakaran Sulfur	529,576TH	
Dry Air	154877 NM/H	
Suhu Actual Input Sulfur	144 C	
Suhu Input	113 C	
Suhu Output	1070 C	
Hasil Neraca Massa		
Komponen	Alur Masuk (kg/hari)	Alur Keluar (kg/hari)
S	530651,7013	0
SO ₂	0	1060227,701
O ₂	1033595,692	504019,6921
N ₂	3403467,577	3403467,577
Total	4967714,97	4967714,97
Hasil Neraca Energi		
Aliran	Alur Masuk	Alur Keluar
Umpan Sulfur	49393064,32	0
Umpan Dry Air	396923067,5	0
Produk Output	0	5435323152
Panas Reaksi	0	-4913472325
qloss	0	-75534695,18
Total	446316131,8	446316131,8



Tabel 2. 5Evaluasi Neraca Massa Dan Neraca Energi Pada Furnace B-1104 Pada Tanggal 14 Agustus

Data Evaluasi		
Pembakaran Sulfur	525,819TH	
Dry Air	154416 NM/H	
Suhu Actual Input		
Sulfur	144 C	
Suhu Input	113 C	
Suhu Output	1070 C	
Hasil Neraca Massa		
Komponen	Alur Masuk (kg/hari)	Alur Keluar (kg/hari)
S	526887,0698	0
SO ₂	0	1052706,07
O ₂	1030519,137	504700,1371
N ₂	363602,1953	363602,1953
Total	1921008,402	1921008,402
Hasil Neraca Energi		
Aliran	Alur Masuk	Alur Keluar
Umpan Sulfur	49042652,4	0
Umpan Dry Air	117975353,5	0
Produk Output	0	1852830810
Panas Reaksi	0	-4878614409
qloss	0	3192801605
Total	167018005,9	167018005,9



Tabel 2. 6Evaluasi Neraca Massa Dan Neraca Energi Pada Furnace B-1104 Pada Tanggal 15 Agustus

Data Evaluasi		
Pembakaran Sulfur	525,570 TH	
Dry Air	154886 NM/H	
Suhu Actual Input Sulfur	144 C	
Suhu Input	113 C	
Suhu Output	1070 C	
Hasil Neraca Massa		
Komponen	Alur Masuk (kg/hari)	Alur Keluar (kg/hari)
S	526637,5641	0
SO ₂	0	1052207,564
O ₂	1033655,755	508085,755
N ₂	363430,0126	363430,0126
Total	1923723,332	1923723,332
Hasil Neraca Energi		
Aliran	Alur Masuk	Alur Keluar
Umpan Sulfur	49019428,4	0
Umpan Dry Air	118217189,6	0
Produk Output	0	1855915950
Panas Reaksi	0	-4878614409
qloss	0	3189935077
Total	167236618	167236618

Berdasarkan Tabel Diatas didapatkan hasil yang di peroleh diatas ialah, neraca massa dan neraca energi yang di dapatkan dengan hasil tertingginya ialah pada tanggal 13 Agustung yang dimana didapatkan hasil input maupun outputnya pada neraca massa sebesar 4967714,97 sedangkan pada neraca energinya sebesar 446316131,8.pada hasil yang paling kecil pada neraca massa yaitu pada tanggal 15





**PETROKIMIA
GRESIK**

Memupuk Kesuburan, Menebar Kemakmuran

LAPORAN PRAKTEK KERJA LAPANG

**PT PETROKIMIA GRESIK
DEPARTEMEN PRODUKSI IIB**

agustus yang dimana hasil input maupun outputnya ialah sebesar 1923723,332 dan pada neraca energinya ialah sebesar 167236618.



**Program Studi S-1 Teknik
Kimia Fakultas Teknik
UPN Veteran Jawa Timur**