

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang yang dituntut untuk giat melaksanakan pembangunan di segala bidang terutama di bidang industri. Salah satu sub industri yang sangat berperan di Indonesia adalah industri kimia. Industri kimia merupakan industri unggulan nasional yang mampu memberikan kontribusi untuk pertumbuhan ekonomi. Hal ini dibuktikan dengan data kapasitas produksi dalam negeri untuk industri kimia dari Kementerian Perindustrian Indonesia sebagai berikut (Kemenperin, 2012):

Tabel 1.1 Data Kapasitas Produksi Industri Kimia dalam Negeri

Tahun	Kapasitas (juta ton/ tahun)
2007	37,67
2008	38,24

Sedangkan data kebutuhan industri kimia yang diekspor dan diimpor pada tahun 2007 dan 2008 adalah sebagai berikut (Kemenperin, 2012):

Tabel 1.2 Data Kebutuhan Ekspor dan Impor Bahan Kimia di
Indonesia

Tahun	Kebutuhan Industri Kimia (Juta ton/ tahun)	
	Ekspor	Impor
2007	5,2	3,7
2008	5,36	3,8

Pertumbuhan konsumsi domestik diperkirakan akan meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi pasca 2010, pertumbuhannya sebesar 4,4%

Prarancangan Pabrik *Disodium Phosphate Heptahydrate*
 Dari *Sodium Carbonate* dan *Phosphoric Acid*
 Kapasitas 70.000 Ton/ Tahun

sehingga peluang produk industri kimia memenuhi pasar domestik masih terbuka luas.

Salah satu bahan kimia yang banyak dibutuhkan di industri kimia adalah *disodium phosphate*. *Disodium phosphate* adalah senyawa phosphate yang digunakan sebagai bahan baku ataupun bahan pembantu dalam industri kimia. Industri kimia yang menggunakan bahan baku *disodium phosphate* adalah industri detergen, industri tekstil, industri kertas dan lain sebagainya (Ulmann, 1999). Data produksi *disodium phosphate* di dunia disajikan pada Tabel 1.3. Berdasarkan data tersebut di Indonesia belum ada pabrik *disodium phosphate*.

Tabel 1.3 Data Produksi *Disodium Phosphate* Dunia Tahun 1988-1996
 (Ulmann, 1999)

Wilayah	Kapasitas per tahun (10^3 ton)			
	1988	1992	1994	1996
Eropa	27	29	35	40
Amerika	78	80	82	95
Asia	6	8	10	12

Disodium phosphate mempunyai nama lain *sodium phosphate dibasic*, *secondary sodium phosphate*, *sodium hydrogen phosphate* atau *sodium oethophosphate*. *Disodium phosphate* memiliki rumus kimia Na_2HPO_4 . Nama dagang *disodium phosphate* adalah *sodium phosphate*. Senyawa ini merupakan bahan dasar pembuatan *monosodium phosphate* (NaH_2PO_4), *sodium tripoliphosphate* ($\text{Na}_5\text{P}_2\text{O}_{10}$) dan *natrium triphosphate* (Na_3PO_4). *Disodium phosphate* banyak dijumpai dalam bentuk hidrat yaitu *disodium phosphate heptahydrate* ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (Ulmann, 1999).

Dari berbagai macam kegunaan tersebut *disodium phosphate heptahydrate* menjadi suatu produk yang sangat dibutuhkan konsumen di Indonesia. Kebutuhan yang sangat besar tidak sebanding dengan produksi *disodium*

phosphate heptahydrate dalam negeri. Oleh sebab itu pendirian pabrik *disodium phosphate heptahydrate* menjadi peluang yang bagus dan menjanjikan di masa yang akan datang.

1.2 Kapasitas Rancangan

Di dalam mendirikan pabrik *disodium phosphate heptahydrate* ini memerlukan beberapa pertimbangan antara lain ketersediaan bahan baku, kebutuhan *disodium phosphate heptahydrate* di Indonesia dan kapasitas minimal yang diperbolehkan.

1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku pembuatan *disodium phosphate heptahydrate* adalah *sodium carbonate* (Na_2CO_3) dan *phosphoric acid* (H_3PO_4). *Sodium carbonate* diperoleh dari PT. AKR Coorporindo Surabaya, Jawa Timur, sedangkan *phosphoric acid* diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik, Jawa Timur. Selain di Jawa Timur produsen *sodium carbonate* juga terdapat di beberapa wilayah Eropa dan *United States* (US). Dari data yang diperoleh di Eropa antara lain di Spanyol, Prancis, Italia ada pabrik Solvay SA, Belanda AKZO. Sedangkan di *United States* yaitu FMC Corporation, General Chemical Corp. dan North American Chemical (Ulmann, 1999).

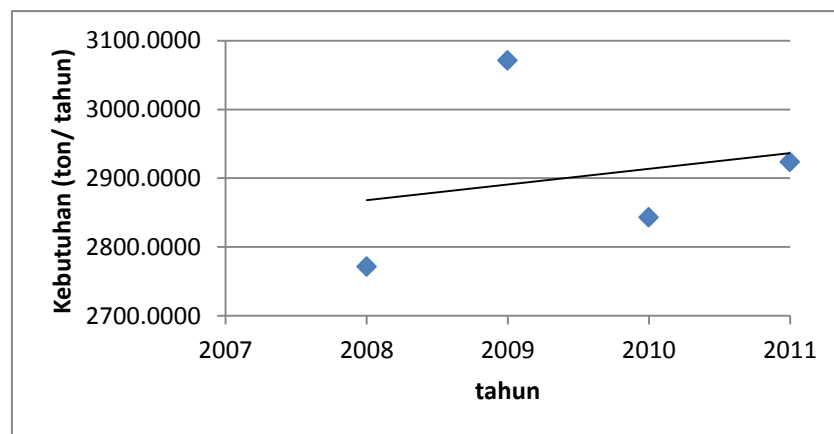
1.2.2 Kebutuhan *Disodium Phosphate Heptahydrate* di Indonesia

Kebutuhan ekspor dan impor *disodium phosphate heptahydrate* untuk lima tahun terakhir disajikan pada tabel berikut (Badan Pusat Statistik, 2013) :

Prarancangan Pabrik *Disodium Phosphate Heptahydrate*
 Dari *Sodium Carbonate* dan *Phosphoric Acid*
 Kapasitas 70.000 Ton/ Tahun

Tabel 1.4 Data Ekspor-Impor *Disodium Phosphate* di Indonesia

Tahun	Kebutuhan Impor (ton)
2008	2771,8260
2009	3071,1680
2010	2843,1350
2011	2923,7470
2012	2080,1560
2013	1185,6310



Gambar 1.1 Grafik Kebutuhan Impor *Disodium Phosphate Heptahydrate* di Indonesia 2008-2013

Kenaikan kebutuhan impor *disodium phosphate heptahydrate* di Indonesia sesuai dengan persamaan garis lurus $y = 22,773 - 42860$. Dari persamaan tersebut dapat diperkirakan kebutuhan *disodium phosphate* pada tahun 2017 adalah 3073,141 ton/tahun.

1.2.3 Kapasitas Minimum

Menurut Faith dan Clark (1975) kapasitas perancangan yang dapat memberikan keuntungan jika pabrik *disodium phosphate heptahydrate* didirikan adalah antara 35.000 ton/ tahun - 80.000 ton/tahun. Prarancangan

Prarancangan Pabrik *Disodium Phosphate Heptahydrate*
Dari *Sodium Carbonate* dan *Phosphoric Acid*
Kapasitas 70.000 Ton/ Tahun

sebelumnya oleh Sumardo (2006) dengan kapasitas 60.000 ton/ tahun. Dengan beberapa pertimbangan tersebut maka dalam perancangan pabrik *disodium phosphate heptahydrate* dipilih kapasitas sebesar 70.000 ton/ tahun.

1.3 Lokasi Pabrik

Lokasi suatu pabrik dapat mempengaruhi kelangsungan produksi pabrik dan persaingan. Pemilihan lokasi pabrik didasarkan pada beberapa faktor, sebagai berikut :

1. Faktor Primer
 - a. Letak pabrik terhadap pasar
 - b. Letak pabrik terhadap bahan baku
 - c. Transportasi
 - d. Tenaga kerja
 - e. Sumber air dan tenaga
2. Faktor Sekunder
 - a. Harga tanah dan gedung
 - b. Kemungkinan perluasan pabrik
 - c. Peraturan daerah setempat
 - d. Keadaan masyarakat setempat
 - e. Iklim
 - f. Keadaan tanah

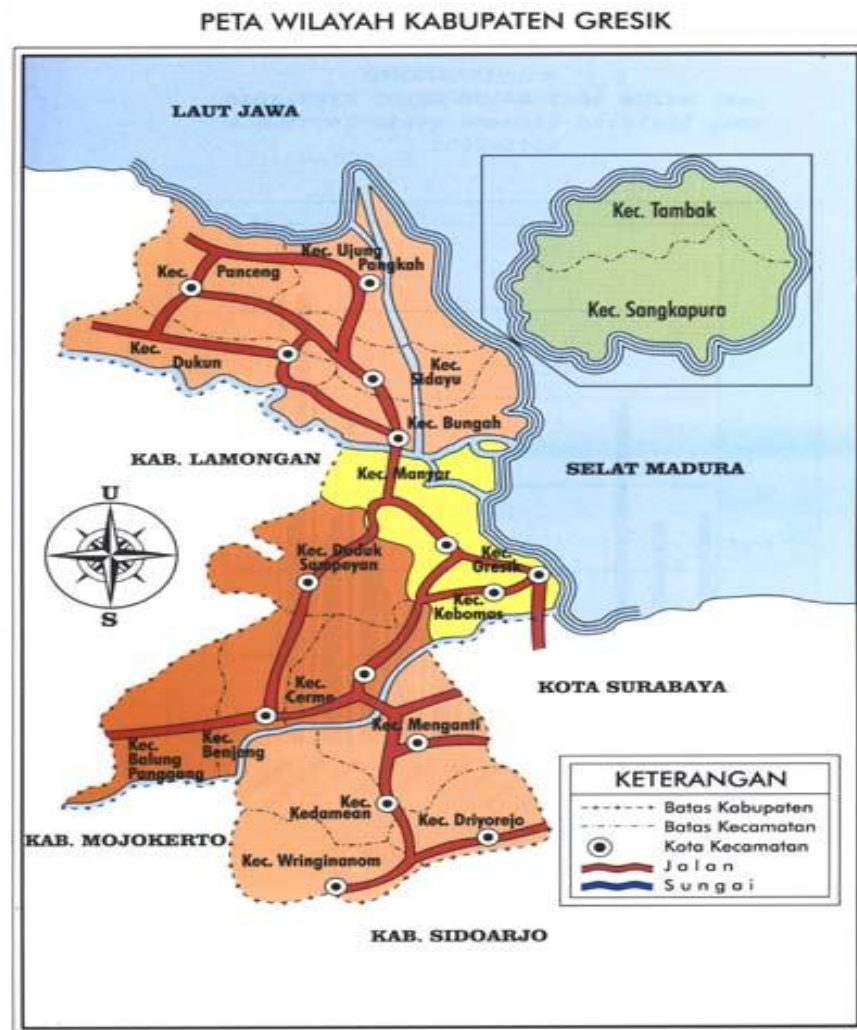
Dengan pertimbangan beberapa faktor tersebut, maka lokasi pabrik direncanakan didirikan di Gresik, Jawa Timur. Beberapa alasan pemilihan Gresik sebagai lokasi antara lain :

- a. Dekat dengan penyuplai bahan baku yaitu PT. Petrokimia Gresik dan PT. AKR Coorporindo Surabaya.
- b. Gresik dekat dengan pelabuhan, terminal sehingga mudah dalam pemasarannya.
- c. Dekat dengan pasar yaitu pabrik-pabrik pembuatan detergen dan tekstil yang kebanyakan di Jawa Timur misalnya pabrik deterjen Wings.

Prarancangan Pabrik *Disodium Phosphate Heptahydrate*
Dari *Sodium Carbonate* dan *Phosphoric Acid*
Kapasitas 70.000 Ton/ Tahun

- d. Tenaga kerja mudah diperoleh karena di pulau Jawa merupakan pulau padat penduduk.
- e. Terpenuhinya kebutuhan air yaitu dari air sungai dari Sungai Bengawan Solo.
- f. Sumber tenaga dan bahan bakar
Listrik disuplai dari Perusahaan Listrik Negara (PLN) sedangkan bahan bakar yaitu solar yang disuplai oleh PT. Pertamina.
- g. Kondisi geografis
Di Gresik jarang terjadi bencana alam, sehingga aman untuk pendirian pabrik.
- h. Peraturan pemerintah
Gresik telah ditetapkan sebagai kawasan industri sehingga hal-hal yang dibutuhkan untuk kelangsungan pabrik atau kelangsungan proses produksi pabrik telah tersedia.

Prarancangan Pabrik *Disodium Phosphate Heptahydrate*
 Dari *Sodium Carbonate* dan *Phosphoric Acid*
 Kapasitas 70.000 Ton/ Tahun



Gambar 1.2 Peta Rencana Lokasi Pabrik (Google map, 2013)

1.4 Tinjauan Pustaka

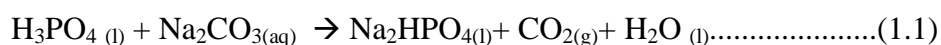
Disodium phosphate pertama kali dikembangkan oleh Dans dan Schreiner, setelah ditemukannya diagram fase *sodium arthophosphate*. Pada saat itu Na_2HPO_4 hanya digunakan untuk larutan penyangga (*buffer*). Pada abad ke-19 oleh Wendrow dan Kobe Na_2HPO_4 dibuat dari larutan H_3PO_4 yang direaksikan dengan Na_2CO_3 pada suhu 90°C untuk melepaskan gas CO_2 dari larutan (Othmer, 1978).

1.4.1 Proses Pembuatan Na_2HPO_4

Metode pembuatan *disodium phosphate heptahydrate* ada dua yaitu :

1.4.1.1 Pembuatan Na_2HPO_4 dengan Proses Kristalisasi

Disodium phosphate heptahydrate (Na_2HPO_4) dibuat dengan cara mereaksikan asam *phosphate* (H_3PO_4) dengan natrium karbonat (Na_2CO_3) menggunakan perbandingan 1:2 dengan Na_2CO_3 berlebih dalam reaktor alir berpengaduk (RATB) pada fase cair dengan suhu 90°C dan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



Kemudian hasil reaksi yang bercampur dengan pengotor dilewatkan ke filter untuk memisahkan produk dengan filtratnya. Selanjutnya produk dikristalkan dengan *crystallizer*. Lalu dimasukkan ke filter lagi untuk memisahkan kristal dengan cairan. Kemudian dimasukkan ke dalam *dryer* untuk mengeringkan produk akhir (Faith dan Clark, 1975).

1.4.1.2 Pembuatan *Disodium Phosphate* dengan Proses Netralisasi

Bahan baku yang digunakan pada proses ini adalah batuan *phosphate* ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) dan asam sulfat dengan perbandingan 3:1 yang direaksikan pada digester dengan suhu operasi 80°C , sehingga membentuk asam *phosphate* dan garam *calcium phosphate*. Produk *digester* kemudian diumpankan pada *mixer*. Pada *mixer*, campuran kemudian ditambahkan *soda ash* untuk bereaksi dengan asam *phosphate* menghasilkan *monosodium phosphate*. Produk *mixer* kemudian difiltrasi untuk memisahkan senyawa silikat. Larutan *monosodium phosphate* kemudian ditambahkan dengan asam sulfat untuk mengendapkan senyawa *calcinat*, sehingga dihasilkan *calcium sulfat* (US Patent, 1934).

Larutan *monosodium phosphate* dinetralisasi dengan penambahan *soda ash* sehingga didapat endapan besi dan aluminium. Larutan *monosodium phosphate* kemudian dipekatkan pada *evaporator* sampai dengan kadar 60% secara vakum dengan suhu 159°F (66°C). Larutan *monosodium phosphate*

Prarancangan Pabrik *Disodium Phosphate Heptahydrate*
 Dari *Sodium Carbonate* dan *Phosphoric Acid*
 Kapasitas 70.000 Ton/ Tahun

kemudian dikristalisasi pada *crystallizer*, sehingga dihasilkan kristal *monosodium phosphate*. Kristal *monosodium phosphate* kemudian dinetralisasi pada *neutralizer* dengan penambahan larutan encer soda ash (Na_2CO_3) dan sedikit larutan encer soda *caustic* (NaOH), sehingga dihasilkan *disodium phosphate dodecahydrate*. Produk *disodium phosphate dodecahydrate* dikeringkan pada *dryer* sehingga sebagian air akan lepas dan membentuk kristal *disodium phosphate*. *Yield* yang didapat dengan proses ini 93%-95% (US Patent, 1934).

1.4.1.3 Perbandingan Proses

Perbandingan kedua proses tersebut disajikan dalam tabel 1.5 :

Tabel 1.5 Perbandingan Proses Pembuatan Na_2HPO_4

No.	Kriteria	Kristalisasi (Faith dan Clark, 1975)	Netralisasi (US Patent, 1934)
1.	Bahan Baku Utama	Na_2CO_3 H_3PO_4	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, H_2SO_4
2.	Bahan Pembantu	-	NaOH , Na_2SO , Na_2CO_3
3.	Suhu Operasi	90°C	80°C
4.	Instalasi Peralatan	Sederhana	Kompleks
5.	Yield produk	90-95%	93-95%

Dari perbandingan proses tersebut dipilih proses pembuatan disodium phosphate heptahydrate secara kristalisasi. Beberapa pertimbangan memilih proses tersebut adalah :

1. Bahan baku lebih mudah diperoleh dan murah
2. Tidak menggunakan bahan pembantu atau katalis
3. Instalasi peralatan lebih sederhana

1.4.2 Kegunaan Produk

Disodium phosphate heptahydrate mempunyai banyak kegunaan antara lain (Ulmann, 1999) :

1. Sebagai bahan baku detergent
2. Sebagai pelunak air (*water treatment*)
3. Untuk pencelup tekstil
4. Untuk penyamakan kulit
5. Bahan industri kertas

1.4.3 Sifat Fisik dan Sifat Kimia Bahan Baku dan Produk

1.4.3.1 Bahan Baku

1. *Phosphoric Acid*

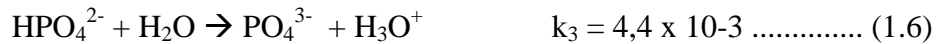
Sifat Fisik (Perry dan Green, 2008)

- a. Rumus molekul : H_3PO_4
- b. Berat molekul : 98 g/ mol
- c. Bentuk : cair
- d. Bau : tidak berbau
- e. Warna : tidak berwarna/ transparan
- f. *Spesific gravity* : 1,834 (28,2°C)
- g. Titik didih : 261°C
- h. Korosif terhadap logam besi dan paduannya.
- i. Kehilangan 0,5 H_2O pada suhu 312°C menjadi *pyrophosphate acid*.

Sifat Kimia

Disodium phosphate heptahydrate merupakan asam tribasa, pelepasan ion hidrogen yang pertama adalah ionisasi yang paling hebat. Ionisasi kedua adalah sedang dan yang ketiga sudah lemah. Hal ini bisa dilihat dari ketetapan penguraian ionisasi :





Phosphoric acid lebih kuat dari asam asetat, asam oksalat dan asam boraks tetapi lebih lemah dibandingkan asam nitrat, asam sulfat dan asam klorida. *Phosphoric acid* (H_3PO_4) dapat dibuat garam dengan mudah melalui satu atau lebih atom hidrogen (Othmer, 1978).

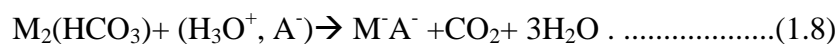
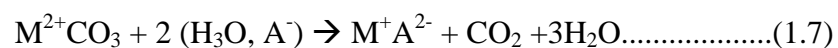
2. *Sodium Carbonate*

Sifat Fisik (Perry dan Green, 2008)

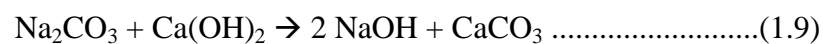
- | | |
|----------------------------|--|
| a. Rumus molekul | : Na_2CO_3 |
| b. Berat molekul | : 106 g/gmol |
| c. Bentuk | : kristal |
| d. Titik lebur | : 851°C |
| e. Warna | : putih |
| f. Tidak terbakar | |
| g. <i>Spesific gravity</i> | : 2,533 (30°C) |
| h. Kelarutan | : 7,1 gram/ gram H_2O pada suhu 0°C
50,5 gram/ gram H_2O pada suhu 30°C |

Sifat kimia (Othmer, 1978)

- Semua karbonat akan cepat bereaksi dengan asam kuat membentuk garam karbonat.

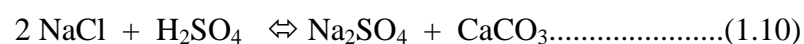


- Reaksi antara *sodium karbonate* dan kalsium hidroksida akan menghasilkan kalsium karbonat dan natrium hidroksida.



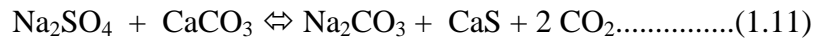
- Proses pembentukan sodium karbonat melalui tiga tahap :

- Konversi NaCl menjadi Na_2SO_4 dengan persamaan :

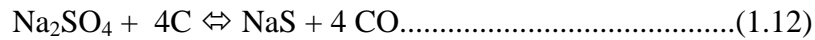


- Reaksi antara natrium sulfat dan kalsium karbonat dilakukan pada temperatur tinggi menghasilkan sodium karbonat.

Prarancangan Pabrik *Disodium Phosphate Heptahydrate*
 Dari *Sodium Carbonate* dan *Phosphoric Acid*
 Kapasitas 70.000 Ton/ Tahun



- Reduksi natrium sulfat menjadi natrium sulfida



- Natrium sulfida dicampur dengan CO_2 dan steam



4. Reaksi pembuatan ammonia



Ammonium karbonat yang dihasilkan pada reaksi (1.14) direaksikan dengan NaCl menghasilkan sodium karbonate :



1.4.3.2 Produk *Disodium Phosphate Heptahydrate*

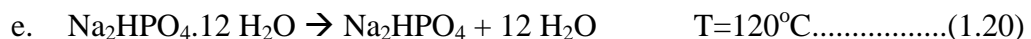
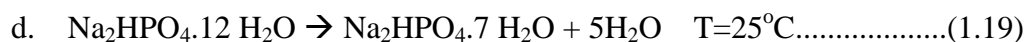
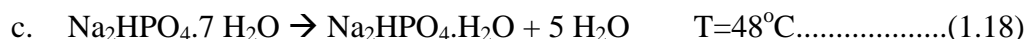
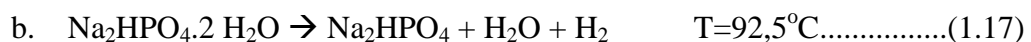
Disodium phosphate ditemui dalam bentuk kristal *anhydrous* (Na_2HPO_4), *disodium phosphate dihydrate* ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) dan *heptahydrate* ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$).

Sifat Fisik (Perry dan Green, 2008):

- | | | |
|--|---|--|
| a. Rumus molekul | : | $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ |
| b. Berat molekul | : | 268,09 g/ gmol |
| c. Warna | : | tidak berwarna |
| d. Bentuk | : | kristal monoklin tembus cahaya |
| e. <i>Specific gravity</i> | : | 1,679 g/cc |
| f. Larut dalam air dan sangat larut dalam alkohol. | | |

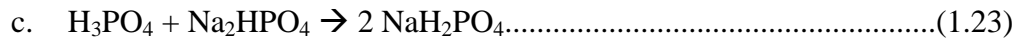
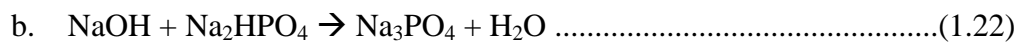
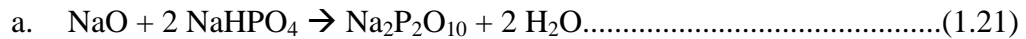
Sifat Kimia

1. Beberapa reaksi hidrasi :



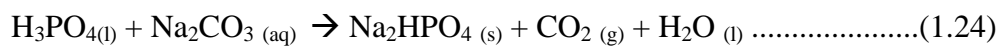
2. Reaksi yang lain

Prarancangan Pabrik *Disodium Phosphate Heptahydrate*
 Dari *Sodium Carbonate* dan *Phosphoric Acid*
 Kapasitas 70.000 Ton/ Tahun



1.4.4 Tinjauan Proses Secara Umum

Proses pembuatan *disodium phosphate* dari *phosphoric acid* dan *sodium carbonate* merupakan netralisasi. Disebut netralisasi karena adanya reaksi antara ion *hydrogen* dari asam dan ion hidroksil dari basa membentuk molekul air dan garam. Reaksi yang terjadi :



Reaksi ini terjadi pada kondisi cair-cair, *phosphoric acid* maupun sodium karbonat dalam bentuk larutan. Kondisi operasi pada suhu 90°C dan tekanan 1 atm pada reaktor alir berpengaduk (RATB). Konversi pembentukan Na_2HPO_4 terhadap H_3PO_4 sebesar 98%.