



BAB II

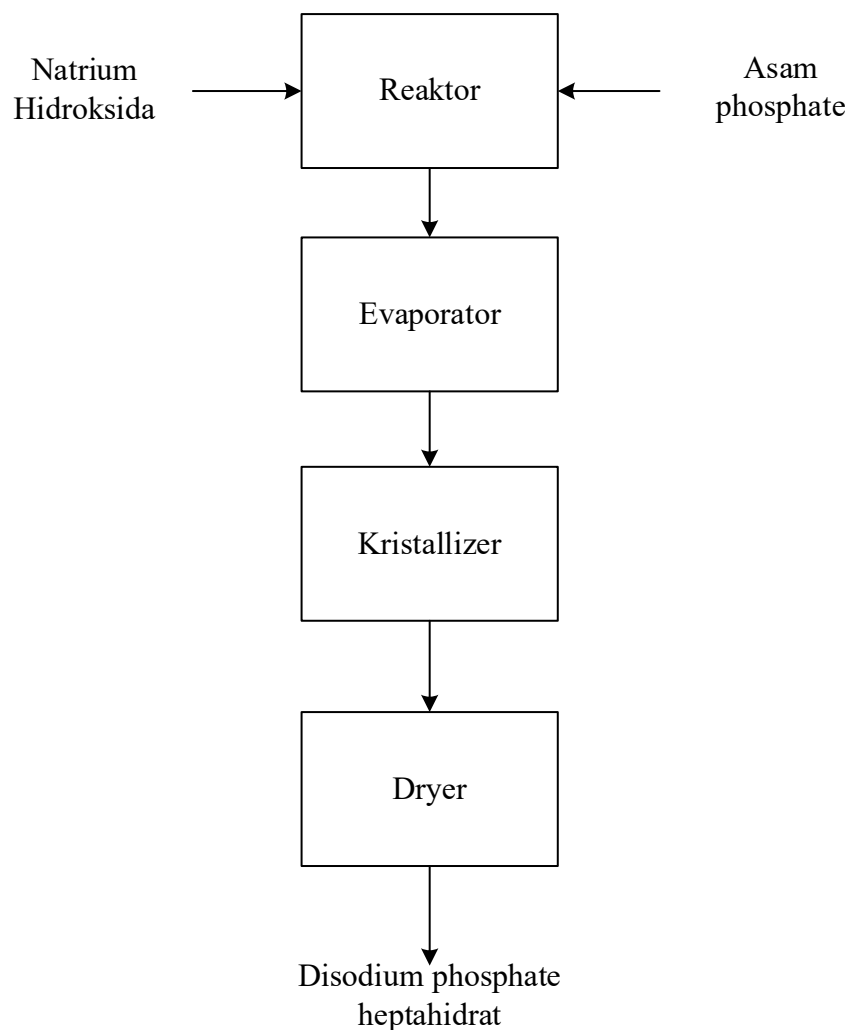
PEMILIHAN DAN URAIAN PROSES

II.1 Macam Proses

Pembuatan disodium phosphate heptahidrat secara umum dapat dilakukan dengan dua proses berdasarkan bahan baku yang digunakan, yaitu diantaranya

1. Proses kristalisasi
2. Proses Netralisasi

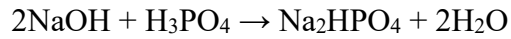
II.1.1 Proses Kristalisasi



(Miller, 1996)

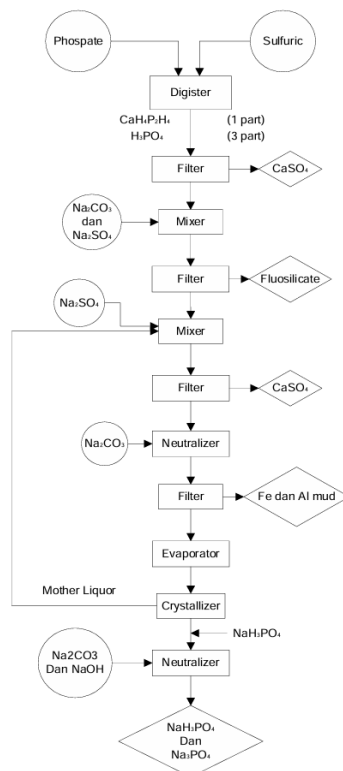
Gambar II. 1 Diagram Alir Proses Pembuatan Disodium Phosphate heptahidrat dengan Proses Kristalisasi

Pada pembuatan disodium phosphate heptahidrat larutan natrium hidroksida direaksikan dengan asam fosfat (60%-65%) dengan suhu reaksi antara 85-100 hingga membentuk disodium phosphate. Reaksi yang terjadi pada pembentukan disodium phosphate adalah:



Larutan disodium phosphate kemudian dipekatkan hingga jenuh dengan evaporator. Larutan disodium phosphate yang sudah jenuh kemudian dikristalisasi pada kristalizer yang kemudian akan membentuk kristal disodium phosphate heptahidrat ($\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). Campuran kristal dan mother liquor kemudian dipisahkan pada filter untuk memisahkan antara kristal dan mother liquor. Mother liquor yang terpisah kemudian direcycle kembali untuk proses selanjutnya, sedangkan kristal disodium phosphat heptahidrat kemudian dimasukkan ke dalam dryer untuk mengeringkan produk akhir. Yield yang didapat dengan proses ini sebesar 90%-95%. (Miller, 1996).

II.1.2 Proses Netralisasi



(Coleman, 1934)

Gambar II. 2 Diagram Alir Proses Pembuatan Disodium Phosphate heptahidrat dengan Proses Netralisasi



Pra Rancangan Pabrik

“Pabrik Disodium Phosphate Heptahidrat dari Natrium Hidroksida dan Asam Phosphate dengan Proses Kristalisasi”

Dalam proses pembuatan disodium fosfat melalui metode netralisasi, digunakan batuan fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) dan asam sulfat dengan rasio 3:1. Kedua bahan tersebut direaksikan dalam digester pada suhu 80°C , menghasilkan asam fosfat dan kalsium fosfat. Campuran dari digester kemudian disaring untuk memisahkan kalsium sulfat yang terbentuk, lalu diarahkan ke mixer (US Patent: 1961).

Campuran yang telah diumpankan ke mixer kemudian ditambahkan dengan natrium karbonat untuk direaksikan dengan asam phosphat dan akan menghasilkan monosodium phosphat. Produk mixer kemudian difiltrasi untuk memisahkan senyawa silikat. Larutan monosodium phosphat kemudian ditambahkan dengan natrium sulfat untuk mengendapkan senyawa kalsium, sehingga dihasilkan kalsium sulfat. (Us. Patent 1,961,127: 3-4).

Larutan monosodium phosphat dinetralsasi dengan penambahan natrium karbonat sehingga didapat endapan besi dan aluminium. Larutan monosodium phosphat kemudian dipekatkan pada evaporator sampai dengan kadar 60% secara vacuum dengan suhu 150°F (66°C). Larutan monosodium phosphat kemudian dikristalisasi pada crystallizer, sehingga dihasilkan kristal monosodium phosphat. (Us. Patent: 1961).

Kristal tersebut kemudian dinetralkan kembali dalam neutralizer menggunakan larutan encer soda ash (Na_2CO_3) dan sedikit larutan soda kaustik (NaOH), sehingga terbentuk disodium fosfat dodekahidrat. Produk ini kemudian dikeringkan dalam dryer, sehingga sebagian air menguap dari kristalnya dan terbentuklah disodium fosfat dihidrat. (US Patent: 1961). Proses ini menghasilkan yield sebesar 93%–95%. (US Patent: 1961).

II.2 Seleksi Proses

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dibandingkan antara kelebihan dan kekurangan dari proses kristalisasi dan proses netralisasi pada pembuatan Disodium Phosphate Heptahidrat yaitu sebagai berikut:



Pra Rancangan Pabrik

“Pabrik Disodium Phosphate Heptahidrat dari Natrium Hidroksida dan Asam Phosphate dengan Proses Kristalisasi”

Tabel II. 1 Perbandingan uraian proses pembuatan disodium phosphate heptahidrat

Uraian	Kristalisasi	Netralisasi
Bahan baku	NaOH dan H ₃ PO ₄	Ca ₃ (PO ₄) ₂ dan H ₂ SO ₄
Bahan Pendukung	-	NaOH, Na ₂ SO ₄ , Na ₂ CO ₃
Suhu proses	85-100 °C	80-100 °C
Yield	90-95%	93-95%
Proses	Sederhana	Kompleks

Dari perbandingan uraian proses pembuatan disodium phosphate heptahidrat diatas maka proses kristalisasi lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan proses netralisasi. Keuntungan dari proses kristalisasi adalah sebagai berikut :

1. Bahan baku yang diperlukan tersedia dengan jumlah yang melimpah di Indonesia.
2. Tidak memerlukan bahan pendukung seperti pada proses netralisasi.
3. Peralatan yang digunakan lebih sederhana dibandingkan proses lainnya.
4. Yield dan kemurnian produk yang diperoleh cukup tinggi.
5. Investasi lebih ekonomis, dengan menggunakan instalasi sederhana.

II.3 Potensial Ekonomi

II.3.1 Proses Kristalisasi

Basis: 1 kmol H₃PO₄

Yield: 95%

Bahan / Produk	Harga	BM
	(Rp/kg)	(kg/kmol)
NaOH	22.800	40
H ₃ PO ₄	16.100	98
Na ₂ HPO ₄	62.000	142

(Alibaba, 2026)

	2NaOH	+	H ₃ PO ₄	→	Na ₂ HPO ₄	+	2H ₂ O
m	2		1				
r	1,9		0,95		0,95		1,9
s	0,1		0,05		0,95		1,9



Pra Rancangan Pabrik

“Pabrik Disodium Phosphate Heptahidrat dari Natrium Hidroksida dan Asam Phosphate dengan Proses Kristalisasi”

$$\begin{aligned}
 \text{massa Na}_2\text{HPO}_4 &= \text{mol} \times \text{BM} \\
 &= 134,9 \quad \text{kg} \\
 \text{massa NaOH} &= \text{mol} \times \text{BM} \\
 &= 80 \quad \text{kg} \\
 \text{massa H}_3\text{PO}_4 &= \text{mol} \times \text{BM} \\
 &= 98 \quad \text{kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{massa Na}_2\text{HPO}_4 / \text{kg Na}_2\text{HPO}_4 &= 1 \quad \text{kg/kg Na}_2\text{HPO}_4 \\
 \text{massa NaOH} / \text{kg Na}_2\text{HPO}_4 &= 0,59303 \quad \text{kg/kg Na}_2\text{HPO}_4 \\
 \text{massa H}_3\text{PO}_4 / \text{kg Na}_2\text{HPO}_4 &= 0,72646 \quad \text{kg/kg Na}_2\text{HPO}_4
 \end{aligned}$$

$$\text{PE} = (\text{massa Na}_2\text{HPO}_4 / \text{kg Na}_2\text{HPO}_4 \times \text{harga}) - ((\text{massa NaOH} / \text{kg Na}_2\text{HPO}_4 \times \text{harga}) + (\text{massa H}_3\text{PO}_4 / \text{kg Na}_2\text{HPO}_4 \times \text{harga}))$$

$$\text{PE} = \text{Rp } 62.000 - \text{Rp } 26.996,26$$

$$\text{PE} = \text{Rp } 35.003,71 / \text{kg NaH}_2\text{PO}_4$$

II.3.2 Proses Netralisasi

Basis: 1 kmol H₃PO₄

Yield: 95%

Bahan / Produk	Harga	BM
	(Rp/kg)	(kg/kmol)
Ca ₃ (PO ₄) ₂	14.000	310
H ₂ SO ₄	20.500	98
H ₃ PO ₄	16.100	98
CaSO ₄	30.000	136
Na ₂ CO ₃	7000	106
Na ₂ HPO ₄	62.000	142

(Alibaba, 2026)

Reaksi

Basis: 1 kmol H₃PO₄

Yield: 95%

	H ₃ PO ₄	+	Na ₂ CO ₃	→	Na ₂ HPO ₄	+	CO ₂	+	H ₂ O
m	1		1						
r	0,95		0,95		0,95		0,95		0,95
s	0,05		0,05		0,95		0,95		0,95



Pra Rancangan Pabrik

“Pabrik Disodium Phosphate Heptahidrat dari Natrium Hidroksida dan Asam Phosphate dengan Proses Kristalisasi”

$$\begin{aligned} \text{massa Na}_2\text{HPO}_4 &= \text{mol} \times \text{BM} \\ &= 134,9 \quad \text{kg} \\ \text{massa H}_3\text{PO}_4 &= \text{mol} \times \text{BM} \\ &= 98 \quad \text{kg} \\ \text{massa Na}_2\text{CO}_3 &= \text{mol} \times \text{BM} \\ &= 106 \quad \text{kg} \end{aligned}$$

$$\text{massa Na}_2\text{HPO}_4 / \text{kg Na}_2\text{HPO}_4 = 1 \quad \text{kg/kg Na}_2\text{HPO}_4$$

$$\text{massa Na}_2\text{CO}_3 / \text{kg Na}_2\text{HPO}_4 = 0,78577 \quad \text{kg/kg Na}_2\text{HPO}_4$$

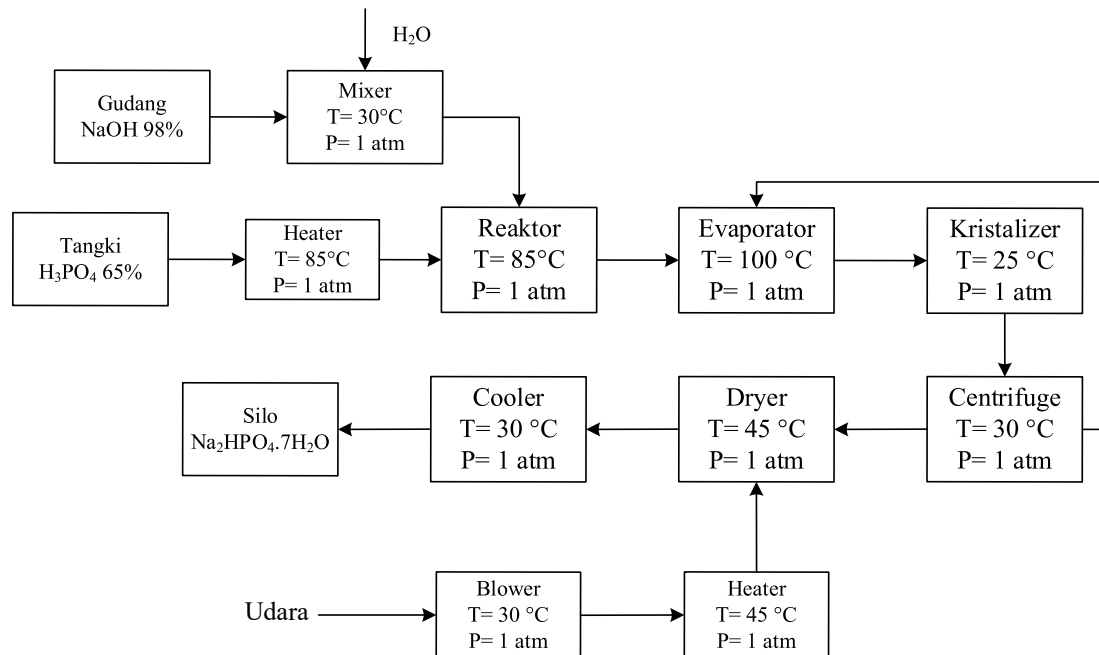
$$\text{massa H}_3\text{PO}_4 / \text{kg Na}_2\text{HPO}_4 = 0,72646 \quad \text{kg/kg Na}_2\text{HPO}_4$$

$$\text{PE} = (\text{massa Na}_2\text{HPO}_4 / \text{kg Na}_2\text{HPO}_4 \times \text{harga}) - ((\text{massa Na}_2\text{CO}_3 / \text{kg Na}_2\text{HPO}_4 \times \text{harga}) + (\text{massa H}_3\text{PO}_4 / \text{kg Na}_2\text{HPO}_4 \times \text{harga}))$$

$$\text{PE} = \text{Rp}62.000,00 - \text{Rp}17.196,44$$

$$\text{PE} = \text{Rp}44.803,56 / \text{kg Na}_2\text{HPO}_4$$

II.4 Uraian Proses



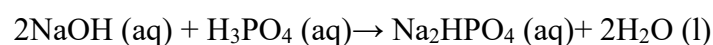
Gambar II. 3 Blok Diagram Proses Pembuatan Disodium Phosphate Heptahidrat dengan proses Kristalisasi

1. Persiapan bahan baku

Bahan baku dalam proses ini adalah Natrium Hidroksida (NaOH) yang didapatkan dari PT. Asahimas Chemichal (ASC) dengan konsentrasi 98%. Natrium Hidroksida dilakukan pelarutan dan pengenceran terlebih dahulu hingga mencapai 53% dengan penambahan air proses pada *mixing tank*. Bahan baku lain yang digunakan adalah Asam Fosfat konsentrasi 65% yang didapatkan dari PT. Petrokimia Gresik. Sebelum direaksikan, larutan Natrium Hidroksida dan Larutan Asam Fosfat dipanaskan terlebih dahulu hingga mencapai suhu 85 °C.

2. Tahap reaksi disodium phosphate

Larutan natrium hidroksida dari mixing tank diumpankan pada reaktor kemudian direaksikan dengan asam fosfat dari tangki penyimpanan. Rasio natrium hidroksida dan asam fosfat sebesar 2:1. Reaksi berlangsung pada suhu 85 °C dan tekanan 1 atm dengan waktu tinggal 1 jam. pH reaksi dijaga pada rentang 8.0-9.5. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Hasil dari reaksi ini berupa larutan disodium phosphate. Larutan disodium phosphate kemudian dipekatkan pada evaporator pada suhu 100 °C hingga mencapai jenuh.

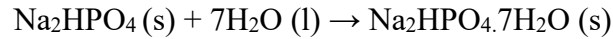


Pra Rancangan Pabrik

“Pabrik Disodium Phosphate Heptahidrat dari Natrium Hidroksida dan Asam Phosphate dengan Proses Kristalisasi”

3. Tahap kristalisasi disodium phosphate heptahidrat

Larutan disodium phosphate yang telah mencapai jenuh dialirkan ke crytallizer untuk dikristalkan menjadi disodium phosphate heptahidrat.



Proses kristalisasi berlangsung pada suhu ruang agar terbentuk hidrasi $7\text{H}_2\text{O}$.

4. Tahap pemurnian disodium phosphate heptahidrat

Kristal yang terbentuk selanjutnya dipisahkan dari mother liquor melalui proses penyaringan menggunakan centrifuge sehingga diperoleh kristal disodium phosphate heptahidrat yang terpisah dari larutan induknya. Kristal tersebut kemudian rotary dryer beroperasi pada suhu 45°C untuk mencegah terjadinya dehidrasi kristal yang dapat menyebabkan perubahan bentuk hidrat. Kristal disodium phosphate heptahidrat kemudian didinginkan menggunakan cooling screw conveyor hingga mencapai suhu ruangan. Kristal disodium phosphate heptahidrat kemudian ditampung pada silo dan dilakukan pengemasan.