

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini di Indonesia berada pada tahap yang penting di era industri. Tahap dimana disebut sebagai era tinggal landas, yaitu suatu keadaan dimana sektor industri mampu berkembang dengan tersedianya modal utama yang dimiliki. Dalam melaksanakan tahap ini, pemerintah melakukan pengembangan di berbagai industri. Salah satunya adalah dengan cara memenuhi kebutuhan bahan-bahan industri melalui pabrik-pabrik industri kimia.

Dicalcium Phosphate Dihydrate (DCPD) merupakan salah satu bahan kimia yang belum terpenuhi di dalam negeri. DCPD banyak diperlukan di beberapa industri, seperti industri pakan ternak, industri pasta gigi dan industri farmasi. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik Tahun 2018, impor DCPD ke Indonesia sebanyak 50190 ton. Selama ini kebutuhan Indonesai akan DCPD dapat terpenuhi dengan cara mengimpor dari luar negeri, seperti Cina. Kebutuhan DCPD akan mengalami pertambahan seiring dengan perkembangan industri-industri di Indonesia

Berhubungan dengan hal-hal tersebut, maka sangat tepat jika di Indonesia didirikan pabrik DCPD yang bertujuan untuk memanfaatkan sumber daya alam yang ada dan memenuhi kekurangan akan kebutuhan DCPD dalam negeri.

Sehingga alasan dibalik pendirian pabrik ini diantaranya :

- a. Pemanfaatan potensi yang ada di dalam negeri, bahan baku pembuatan *Dicalcium Phosphate Dihydrate* yaitu Asam Fosfat dan Kalsium Hidroksida yang di produksi di Indonesia cukup melimpah dan mudah didapatkan di Indonesia.
- b. Menghemat devisa negara karena dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga mengurangi ketergantungan impor *DCPD*.
- c. Mengurangi jumlah angka pengangguran di Indonesia dengan membuka lapangan kerja baru.

1.2 Penentuan Kapasitas Rancangan Pabrik

DCPD dapat dibuat dari beberapa sumber seperti asam fosfat (H_3PO_4) dan beberapa sumber kalsium seperti kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$). Berdasarkan data Badan Pusat Statistika (BPS) tahun 2018, batu kapur di Indonesia mencapai 53.745.686,43 ton (BPS,2018) yang tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia, sehingga ketersediaan sumber-sumber kalsium pun banyak. Potensi ini dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan nilai ekonomi sumber daya alam tersebut. Pabrik Dikalsium Fosfat Dihidrat (DCPD) dari Asam Fosfat dan Kalsium Hidroksida ini akan dibangun dengan kapasitas 50.000 ton/tahun untuk pembangunan pabrik di tahun 2024. Penentuan kapasitas ini dapat ditinjau dari beberapa pertimbangan, antara lain :

1.2.1 Kebutuhan/pemasaran Produk di Indonesia

Berdasarkan data statistik, kebutuhan DCPD di Indonesia mengalami peningkatan. Sampai saat ini, produksi DCPD di Indonesia masih belum dapat mencukupi kebutuhan dalam negeri sehingga mengakibatkan meningkatnya nilai impor.

Dalam perancangan kapasitas rancangan pabrik Dikalsium Fosfat Dihidrat ada beberapa pertimbangan :

a. Kebutuhan Dikalsium Fosfat Dihidrat dalam negeri

Dari data Badan Pusat Statistika menunjukkan bahwa nilai kebutuhan DCPD di Indonesia dari tahun 2009-2018 ditunjukkan pada table 1.1 :

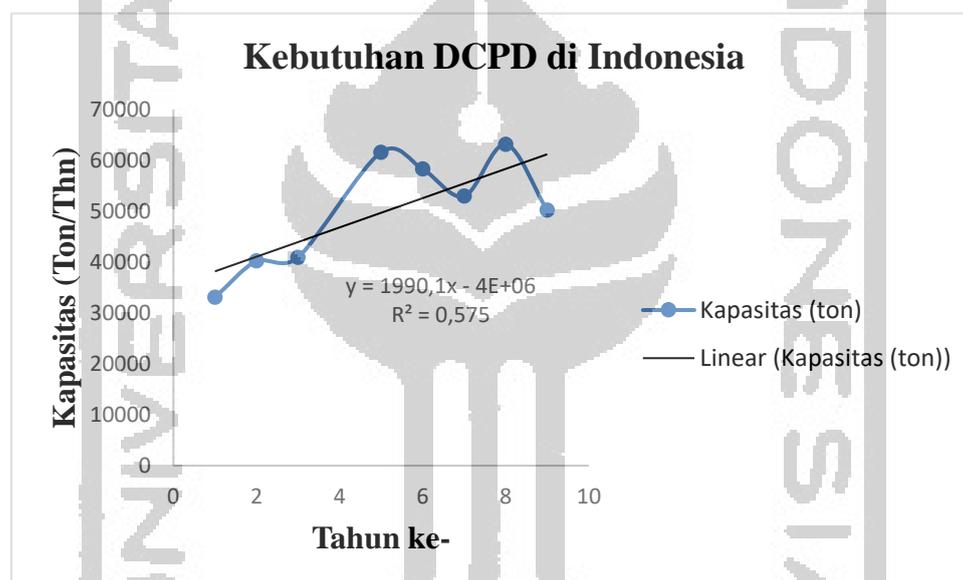
Tabel 1. 1DataImpor DCPD

Tahun	Kapasitas (ton)
1	33096
2	40207
3	40943
4	61595
5	58276
6	52965
7	63117

8	50190
---	-------

(Sumber : bps.go.id,2018)

Pabrik direncanakan berdiri pada tahun 2024. Oleh karena itu, perlu diketahui kebutuhan DCPD didalam negeri yang diambil dari data impor. Dari data impor diatas, kemudian dilakukan regresi linier untuk mendapatkan nilai kenaikan impor DCPD di Indonesia.



Gambar 1 1 Kebutuhan Impor DCPD di Indonesia

Perkiraan impor DCPD di Indonesia pada tahun yang akan datang saat pembangunan pabrik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan $y = 1990,1x - 4E+06$ dimana nilai x sebagai tahun dan y sebagai jumlah impor DCPD. Dari regresi linier terhadap data impor DCPD didapatkan persamaan regresi :

$$\begin{aligned}
 y &= 1990,1x - 4E+06 \\
 &= 1990,1(2024) - 4E+06
 \end{aligned}$$

= 27.962,4 ton/thn

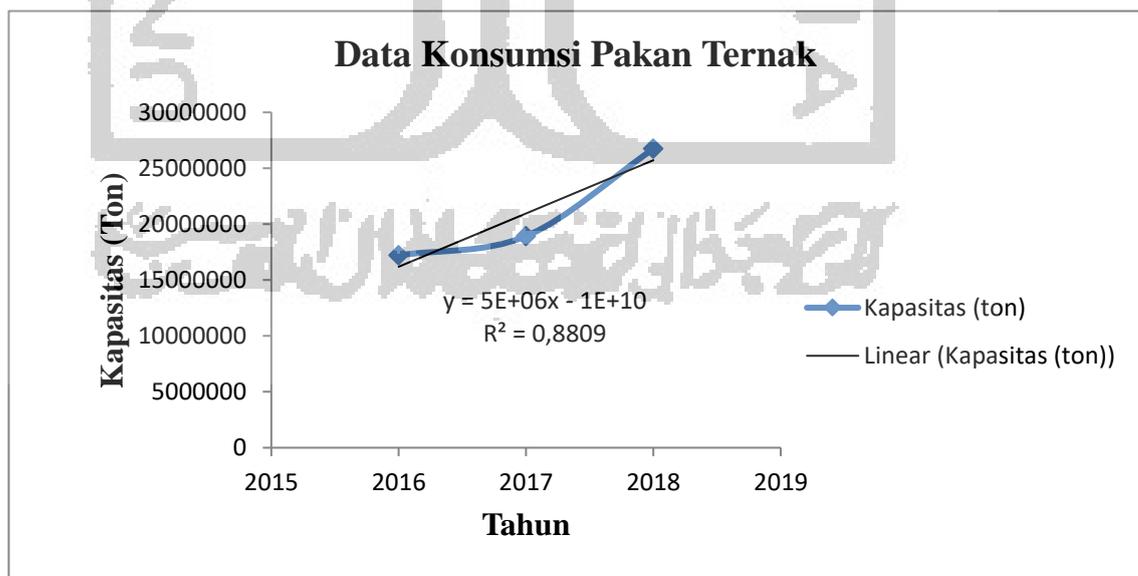
Dilihat juga dari data konsumsi pakan ternak di Indonesia pada tahun 2016-2018 ditunjukkan pada table 1.2 :

Tabel 1. 2 Data Konsumsi Pakan Ternak

Tahun	Kapasitas (ton)
2016	17200000
2017	18930000
2018	26730000

(sumber : bps.go.id)

Dari data konsumsi diatas, kemudian dilakukan regresi linier untuk mendapatkan nilai kenaikan konsumsi pakan ternak di Indonesia.



Gambar 1 2 Data Konsumsi Pakan Ternak

Dari regresi linier terhadap data konsumsi pakan ternak didapatkan persamaan regresi :

$$y = 5E+06x - 1E+10$$

$$= 5E+06(2024) - 1E+10$$

$$= 120.000.000 \text{ ton}$$

Dengan menghitung data konsumsi pakan ternak di Indonesia yang di asumsikan terdapat kandungan DCPD sebagai bahan pelengkap (*feed supplement/feed additive*) pada pakan ternak dan unggas sebanyak 0,75% (*Tropical Animal Science Journal, April 2018*) sehingga jumlah DCPD yang dibutuhkan untuk memproduksi pakan ternak :

$$= \text{Konsumsi pakan ternak} \times \text{kandungan DCPD}$$

$$= 120.000.000 \times 0,0075$$

$$= 90.000 \text{ ton}$$

Maka dari itu, untuk menentukan kapasitas yang di gunakan ;

$$= \text{Data Konsumsi} - \text{Data impor}$$

$$= 90.000 \text{ ton} - 27.962,4 \text{ ton}$$

$$= 62037,6 \text{ Ton/Tahun}$$

Berdasarkan persamaan dari data impor dan ekspor diatas dapat diperoleh bahwa kebutuhan DCPD di Indonesia pada tahun 2024 diperkirakan mencapai 62037,60 Ton/Tahun.

1.2.2 Kapasitas Komersial

Dalam menentukan besar kecilnya kapasitas Pabrik DCPD yang akan dirancang, kita harus mengetahui dengan jelas kapasitas pabrik yang sudah beroperasi dalam pembuatan DCPD baik di dalam negeri maupun di luar negeri atau biasanya dengan ekonomis. Hal ini dengan tujuan untuk mengetahui seberapa besar atau seberapa banyak pabrik dapat memproduksi DCPD. Saat ini di Indonesia sendiri belum ada pabrik yang memproduksi DCPD di Indonesia.

Tabel 1. 3 Perusahaan Pemroduksi DCPD di Luar Negeri

No	Pabrik	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	Anning Jin Di Chemical Co.,Ltd (China)	500.000
2	Synchem Internasional Co.,Ltd (China)	1700
3	CH. Phosphate Co. (United Kingdom)	4.800.000
4	Sun Era Internasional Co.,Ltd (Taiwan)	50.000
5	RK Phosphates Pvt. (India)	18.000

(Sumber : www.alibaba.com. Diakses : 11 Januari 2019)

Dengan mempertimbangkan besarnya konsumsi di Indonesia dan jumlah bahan baku yang tersedia serta data dari Pabrik Gypsum yang ada di luar negeri, maka Pabrik DCPD dari asam fosfat dan kalsium hidroksida ini akan dibangun dengan kapasitas perancangan 65.000 ton/tahun pada tahun 2024 dengan harapan mampu mengurangi ketergantungan impor DCPD dari luar negeri

walaupun tidak sepenuhnya mencukupi setidaknya dapat meminimalisir nilai impor dari produk tersebut.

1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan DCPD adalah Asam Fosfat dan Kalsium Hidroksida. Bahan baku Asam Fosfat diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik yang berlokasi di Gresik, Jawa Timur. Dimana kapasitas produksi Asam fosfat dari PT. Petrokimia Gresik saat ini mencapai 400.000 Ton/Tahun. Sedangkan untuk Kalsium Hidroksida sendiri diperoleh dari CV. Yudhistira Malang yang memiliki kapasitas produksi 5.000 Ton/Tahun.

1.3 Tinjauan Pustaka

Dicalcium Phosphate Dihydrate ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) nama IUPAC adalah kalsium hydrogen ortofosfat dihidrat; *the mineral brushite*. DCPD dapat dengan mudah di kristalkan dari larutan berair yang mengandung ion HPO_4^{2-} dan Ca^{2+} . Dalam kedokteran, DCPD digunakan dalam formulasi CaPO_4 pengaturan sendiri (Dorozhkin, 2013) dan sebagai perantara untuk remineralisasi gigi. DCPD ditambahkan ke pasta gigi baik untuk perlindungan karies (dalam hal ini, sering ditambah dengan senyawa yang mengandung F seperti NaF dan / atau $\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}$) dan sebagai agen pemoles lembut (Dorozhkin, 2013). Aplikasi lain termasuk flame retardant (Mostashari et al. 2006), pupuk rilis lambat, menggunakan dalam produksi gelas, serta suplemen kalsium dalam makanan, pakan dan sereal. Dalam industri makanan, ini berfungsi sebagai texturizer, improver bakery dan aditif retensi air. Dalam industri buku harian, DCPD

digunakan sebagai suplemen mineral. Selain itu, kristal DCPD yang seperti pelat dapat digunakan sebagai pigmen tidak beracun, antikorosi, dan pasif untuk beberapa cat lapisan dasar (Budavari et al. 1996).

1.3.1 Macam-macam Proses Pembuatan *Dicalcium Phosphate Dihydrate*

Proses untuk pembuatan DCPD ini dipilih berdasarkan bahan baku yang akan digunakan karena proses yang akan berlangsung dan produk yang akan dihasilkan akan bergantung pada bahan baku yang akan digunakan.

A. Pembuatan *Dicalcium Phosphate Dihydrate* dari Asam Fosfat (H_3PO_4) dan Kalsium Hidroksida ($Ca(OH)_2$) (*Jurnal Research and Design Trans IChemE Part A, 2007*)

Proses pembuatan DCPD dengan bahan baku H_3PO_4 dan $Ca(OH)_2$ dilakukan pada kondisi operasi $35\text{ }^{\circ}C$. H_3PO_4 yang digunakan dengan kemurnian 85% dan $Ca(OH)_2$ memiliki kemurnian sebesar 96%.

Konsentrasi larutan H_3PO_4 dan $Ca(OH)_2$ yang digunakan adalah 2 M. Proses pembuatan DCPD dilakukan dengan cara mereaksikan larutan H_3PO_4 dan larutan $Ca(OH)_2$ untuk membentuk endapan DCPD ($CaHPO_4 \cdot 2H_2O$). setelah terbentuk endapan, maka endapan dipisahkan dari larutan induknya. Karena ukuran partikel belum sesuai dengan ukuran standar untuk *feed additive* pada pakan ternak maka dilakukan proses kristalizer. Setelah itu, padatan dipisahkan dari larutan induknya kemudian dikeringkan.

B. Pembuatan *Dicalcium Phosphate Dihydrate* dari Diammonium Hidrogen Fosfat ((NH₄)₂HPO₄) dan Kalsium Klorida Dihidrat (CaCl₂·2H₂O) (*United States Patent No.3,095,269*)

Proses pembuatan DCPD dengan bahan dasar (NH₄)₂HPO₄ dan CaCl₂·2H₂O dilakukan pada temperatur 20-65 °C. Konsentrasi larutan (NH₄)₂HPO₄ dan CaCl₂·2H₂O yang digunakan antara 0,1 sampai 3 M. Proses pembuatan DCPD dilakukan dengan cara menambahkan larutan (NH₄)₂HPO₄ ke dalam larutan CaCl₂·2H₂O untuk membentuk endapan DCPD (CaHPO₄·2H₂O).

Setelah terbentuk endapan, maka endapan dipisahkan dari larutan induknya kemudian dicuci dan dikeringkan di bawah temperatur 65 °C. Apabila proses dilakukan pada temperatur rendah maka akan dihasilkan kristal bentuk diamond dengan ukuran besar tetapi *yield*-nya rendah. Namun apabila dilakukan pada temperatur tinggi maka akan dihasilkan kristal bentuk kubik dengan ukuran lebih kecil dan *yield* akan meningkat.

C. Pembuatan *Dicalcium Phosphate Dihydrate* dari Potassium Dihidrogen Fosfat (KH₂PO₄) dan Kalsium Klorida Dihidrat (CaCl₂·2H₂O) (*Jurnal Philosophical Transactions of The Royal Society A,2010*)

Proses pembuatan DCPD dengan bahan kasar KH₂PO₄ dan CaCl₂·2H₂O dilakukan pada temperature 37 °C KH₂PO₄ yang digunakan memiliki kemurnian 99,5% dan CaCl₂·2H₂O memiliki kemurnian 99,9%. Larutan yang sudah terbentuk disaring terlebih dahulu untuk

menghilangkan impurities yang tidak terlarut. Filter yang digunakan adalah Polytetrafluoroethylene (PTFE) dengan ukuran 0,2 μm . Konsentrasi larutan KH_2PO_4 dan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang digunakan antara 0,1 M. Proses pembuatan DCPD dilakukan dengan cara menambahkan larutan ke dalam larutan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ untuk membentuk endapan DCPD ($\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). setelah terbentuk endapan maka endapan dipisahkan dari larutan induknya kemudia dicuci dan dikeringkan.

Tabel 1.4 Perbandingan Proses Pembuatan DCPD berdasarkan Bahan Baku

Parameter	Proses $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dan H_3PO_4	Proses $((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4)$ dan $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Proses (KH_2PO_4) dan $(\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$
Konversi (x)	95%	50%-90%	60%
Bahan Baku	Semua bahan baku mudah didapat didalam negeri	Semua bahan baku masih mengimpor dari negara lain.	Semua bahan baku masih mengimpor dari luar negeri
Suhu (T)	Menggunakan suhu rendah (35°C)	Menggunakan suhu tinggi ($> 60^\circ\text{C}$)	Menggunakan suhu rendah (37°C)
Tekanan (atm)	1 atm	1 atm	1 atm

Sumber : Jurnal Research and Design Trans IChemE Part A, 2007, United States Patent No.3,095,269, Jurnal Philosophical Transaction of The Royal Society A, 2010

1.3.2 Pemilihan Proses

Proses pembuatan *Dicalcium Phosphate Dihydrate* (DCPD) dipilih berdasarkan pertimbangan aspek termodinamika dan aspek ekonomi :

A.) Aspek Termodinamika

Pemilihan proses secara termodinamika bertujuan untuk mengetahui kelayakan proses secara komersial berdasarkan pada unjuk kerja reaksi. Hal ini dilakukan berdasarkan pada perhitungan nilai ΔG° reaksi. Perhitungan ΔG° reaksi dilakukan dengan menggunakan data pada

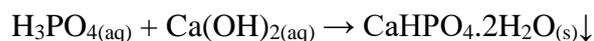
Tabel 1. 5 Nilai ΔG° Bahan Baku dan Produk

Senyawa	ΔG° (kJ/mol)
CaHPO ₄ .2H ₂ O	-2.154,75
Ca(OH) ₂	-897,50
CaCl ₂ .2H ₂ O	-748,80
H ₃ PO ₄	-1.123,60
(NH ₄) ₂ HPO ₄	-1.602,94
KH ₂ PO ₄	-1.415,90
HCl	-95,30
KCl	-408,50

Sumber : Standart Thermodynamic Properties of Chemical Substances

a.) Pembuatan *Dicalcium Phosphate Dihydrate* dari Asam Fosfat (H₃PO₄) dan Kalsium Hidroksida (Ca(OH)₂)

Reaksi :



$$\Delta G^\circ \text{ reaksi} = \Delta G^\circ \text{ produk} - \Delta G^\circ \text{ reaktan}$$

$$= [-2.154,75 \text{ kJ/mol}] - [-1.123,6 \text{ kJ/mol} + (-897,5 \text{ kJ/mol})]$$

$$= [-2.154,75 \text{ kJ/mol}] - [-1.123,6 \text{ kJ/mol} - 897,5 \text{ kJ/mol}]$$

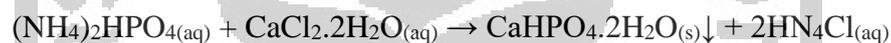
$$= [-2.154,75 \text{ kJ/mol}] - [-2.021,1 \text{ kJ/mol}]$$

$$= -2.154,75 \text{ kJ/mol} + 2.021,1 \text{ kJ/mol}$$

$$= -133,65 \text{ kJ/mol}$$

- b.) Pembuatan *dicalcium phosphate dihydrate* dari diammonium hidrogen fosfat ((NH₄)₂HPO₄) dan kalsium klorida dihidrat (CaCl₂·2H₂O)

Reaksi :



$$\Delta G^\circ \text{ reaksi} = \Delta G^\circ \text{ produk} - \Delta G^\circ \text{ reaktan}$$

$$= [-2.154,75 \text{ kJ/mol} + (2 \times (-202,9 \text{ kJ/mol}))] - [-1.602,94 \text{ kJ/mol} + (-748,8 \text{ kJ/mol})]$$

$$= [-2.154,75 \text{ kJ/mol} + (-405,8 \text{ kJ/mol})] - [-1.602,94 \text{ kJ/mol} - 748,8 \text{ kJ/mol}]$$

$$= [-2.560,55 \text{ kJ/mol}] - [-2.351,74 \text{ kJ/mol}]$$

$$= -2.560,55 \text{ kJ/mol} + 2.351,74 \text{ kJ/mol}$$

$$= -208,81 \text{ kJ/mol}$$

c.) Pembuatan *dicalcium phosphate dihydrate* dari potassium dihidrogen fosfat (KH_2PO_4) dan kalsium klorida dihidrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Reaksi:



$$\begin{aligned} \Delta G^\circ \text{ reaksi} &= \Delta G^\circ \text{ produk} - \Delta G^\circ \text{ reaktan} \\ &= [-2.154,75 \text{ kJ/mol} + (-408,5 \text{ kJ/mol}) + (-95,3 \text{ kJ/mol})] - \\ & \quad [-1.415,9 \text{ kJ/mol} + (-748,8 \text{ kJ/mol})] \\ &= [-2.154,75 \text{ kJ/mol} - 408,5 \text{ kJ/mol} - 95,3 \text{ kJ/mol}] - [-1.415,9 \\ & \quad \text{kJ/mol} - 748,8 \text{ kJ/mol}] \\ &= [-2.658,55 \text{ kJ/mol}] - [-2.164,7 \text{ kJ/mol}] \\ &= -2.658,55 \text{ kJ/mol} + 2.164,7 \text{ kJ/mol} \\ &= -493,85 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

B.) Aspek Ekonomi

Pemilihan bahan baku secara ekonomi ini ditentukan berdasarkan pada biaya bahan baku yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg DCPD.

Perhitungan biaya bahan baku dilakukan berdasarkan pada

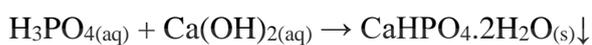
Tabel 1. 6 Harga Bahan Baku dan Produk yang dapat digunakan

Bahan	Harga (\$/Ton)
$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	850
$\text{Ca}(\text{OH})_2$	120
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	350
H_3PO_4	500
$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	1.030

(Sumber: www.alibaba.com. Dakses: 12 Januari 2019)

- a Pembuatan *dicalcium phosphate dihydrate* dari asam fosfat (H_3PO_4) dan kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$)

Reaksi:



Asumsi: Basis: 1 kg $CaHPO_{4 \cdot 2H_2O} = 0,00581$ kmol (BM= 172,09)

- H_3PO_4 yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg $CaHPO_{4 \cdot 2H_2O}$
 $= \text{kmol } CaHPO_{4 \cdot 2H_2O} \times \text{BM } H_3PO_4$
 $= 0,00581 \text{ kmol} \times 98 \text{ kg/kmol}$
 $= 0,569 \text{ kg}$
- $Ca(OH)_2$ yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg $CaHPO_{4 \cdot 2H_2O}$
 $= \text{kmol } CaHPO_{4 \cdot 2H_2O} \times \text{BM } Ca(OH)_2$
 $= 0,00581 \text{ kmol} \times 74,093 \text{ kg/kmol}$
 $= 0,431 \text{ kg}$

Diketahui kapasitas produksi DCPD: 65.000.000 kg/tahun

Maka :

- H_3PO_4 yang dibutuhkan per tahun
 $= \frac{0,569 \text{ kg } H_3PO_4}{1 \text{ kg } CaHPO_{4 \cdot 2H_2O}} \times 65.000.000 \text{ kg } CaHPO_{4 \cdot 2H_2O}$
 $= 36.985.000 \text{ kg}$

= 36.985 ton

- $Ca(OH)_2$ yang dibutuhkan per tahun
 $= \frac{0,431 \text{ kg } Ca(OH)_2}{1 \text{ kg } CaHPO_{4 \cdot 2H_2O}} \times 65.000.000 \text{ kg } CaHPO_{4 \cdot 2H_2O}$

$$= 28.015.000 \text{ kg}$$

$$= 28.015 \text{ ton}$$

Biaya bahan baku per tahun sebesar :

$$= (36.985 \times \$500) + (28.015 \times \$120)$$

$$= \$18.492.500 + 3.361.800$$

$$= \$21.854.300$$

Biaya Produksi per kg DCPD

$$= \frac{\text{biaya bahan baku per tahun}}{\text{Kapasitas produksi per tahun}}$$

$$= \frac{\$21.854.300}{65.000.000}$$

$$= \$0,3362/\text{kg}$$

$$= \$0,3362/\text{kg} \text{ (Asumsi } \$1 = \text{Rp } 15.000)$$

$$= \text{Rp. } 5.040/\text{kg}$$

Keuntungan yang diperoleh setiap 1 kg DCPD

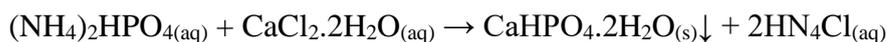
$$= \text{harga jual produk} - \text{biaya bahan baku per kg produk}$$

$$= \$0,850/\text{kg} - \$0,3362/\text{kg}$$

$$= \$0,5138/\text{kg}$$

- b. Pembuatan *dicalcium phosphate dihydrate* dari diammonium hidrogen fosfat ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$) dan kalsium klorida dihidrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Reaksi:



$$\text{Asumsi: Basis: } 1 \text{ kg CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 0,00581 \text{ kmol (BM= } 172,09)$$

- $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 $= \text{kmol CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \times \text{BM } (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$

$$= 0,00581 \text{ kmol} \times 132,07 \text{ kg/kmol}$$

$$= 0,767 \text{ kg}$$

- $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

$$= \text{kmol } \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \times \text{BM } \text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

$$= 0,00581 \text{ kmol} \times 147,01 \text{ kg/kmol}$$

$$= 0,749 \text{ kg}$$

Diketahui kapasitas produksi DCPD: 65.000.000 kg/tahun

Maka :

- $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ yang dibutuhkan per tahun

$$= \frac{0,767 \text{ kg } (\text{NH}_3)_4\text{HPO}_4}{1 \text{ kg } \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \times 65.000.000 \text{ kg } \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

$$= 49.855.000 \text{ kg}$$

$$= 49.855 \text{ ton}$$

- $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang dibutuhkan per tahun

$$= \frac{0,749 \text{ kg } \text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}{1 \text{ kg } \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \times 65.000.000 \text{ kg } \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

$$= 48.685.000 \text{ kg}$$

$$= 48.685 \text{ ton}$$

Biaya bahan baku per tahun sebesar :

$$= (49.855 \times \$1.030) + (48.685 \times \$350)$$

$$= \$51.350.650 + \$17.039.750$$

$$= \$68.390.400$$

Biaya Produksi per kg DCPD

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{biaya bahan baku per tahun}}{\text{Kapasitas produksi per tahun}} \\
 &= \frac{\$68.390.400}{65.000.000} \\
 &= \$1,0522/\text{kg} \text{ (Asumsi } \$1 = \text{Rp } 15.000) \\
 &= \text{Rp. } 15.783/\text{kg}
 \end{aligned}$$

Keuntungan yang diperoleh setiap 1 kg DCPD

$$\begin{aligned}
 &= \text{harga jual produk} - \text{biaya bahan baku per kg produk} \\
 &= \$ 0,850/\text{kg} - \$1,0522/\text{kg} \\
 &= \$ -0,2022/\text{kg}
 \end{aligned}$$

- c. Pembuatan *dicalcium phosphate dihydrate* dari potassium dihidrogen fosfat (KH_2PO_4) dan kalsium klorida dihidrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Reaksi:



Asumsi: Basis: 1 kg $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 0,00581 \text{ kmol}$ (BM= 172,09)

- KH_2PO_4 yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

$$= \text{kmol } \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \times \text{BM } \text{KH}_2\text{PO}_4$$

$$= 0,00581 \text{ kmol} \times 136,09 \text{ kg/kmol}$$

$$= 0,791 \text{ kg}$$

- $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

$$= \text{kmol } \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \times \text{BM } \text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

$$= 0,00581 \text{ kmol} \times 147,01 \text{ kg/kmol}$$

$$= 0,749 \text{ kg}$$

Diketahui kapasitas produksi DCPD: 65.000.000 kg/tahun

Maka :

- KH_2PO_4 yang dibutuhkan per tahun

$$= \frac{0,791 \text{ kg } \text{H}_3\text{PO}_4}{1 \text{ kg } \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \times 65.000.000 \text{ kg } \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

$$= 51.415.000 \text{ kg}$$

$$= 51.415 \text{ ton}$$

- $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ yang dibutuhkan per tahun

$$= \frac{0,749 \text{ kg } \text{Ca}(\text{OH})_2}{1 \text{ kg } \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} \times 65.000.000 \text{ kg } \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$$

$$= 48.685.000 \text{ kg}$$

$$= 48.685 \text{ ton}$$

Biaya bahan baku per tahun sebesar :

$$= (51.415 \times \$1300) + (48.685 \times \$350)$$

$$= \$66.839.500 + \$17.039.750$$

$$= \$83.879.250$$

Biaya Produksi per kg DCPD

= biaya bahan baku per tahun

Kapasitas produksi per tahun

$$= \$83.879.250$$

$$\underline{\underline{65.000.000}}$$

$$= \$1,2904/\text{kg} \text{ (Asumsi } \$1 = \text{Rp } 15.000)$$

$$= \text{Rp. } 19.356,75/\text{kg}$$

Keuntungan yang diperoleh setiap 1 kg DCPD
 = harga jual produk – biayan bahan baku per kg produk
 = \$ 0,850/kg - \$1,2904/kg
 = \$ -0,4404/kg

Tabel 1. 7 Hasil Perhitungan Aspek Termodinamika dan Aspek Ekonomi

Bahan Baku		Δ^0G Reaksi Kj/mol	Keuntungan Kotor (\$/kg produk)
Sumber Kalsium	Sumber Fosfat		
Ca(OH) ₂	H ₃ PO ₄	-133,65	0,5138
CaCl ₂ .2H ₂ O	(NH ₄) ₂ HPO ₄	-208,81	-0,2022
CaCl ₂ .2H ₂ O	KH ₂ PO ₄	-493,85	-0,4404

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan dari Tabel 1.6, maka dipilihlah proses pembuatan *Dicalcium Phosphate Dihydrate* (DCPD) dari Asam Fosfat (H₃PO₄) dan Kalsium Hidroksida (Ca(OH)₂).

1.3.3 Kegunaan Produk

Dicalcium Phosphate Dihydrate (DCPD) banyak digunakan sebagai bahan baku utama maupun bahan baku penunjang di berbagai dunia industri diantaranya sebagai berikut :

1. Industri pakan ternak sebagai pelengkap (*feed supplement/feed additive*) pada pakan ternak dan unggas
2. Industri pembuatan pasta gigi sebagai *abrasive agent* pada pasta gigi
3. Industri farmasi sebagai zat aditif untuk menghasilkan tablet kalsium