

BAB III

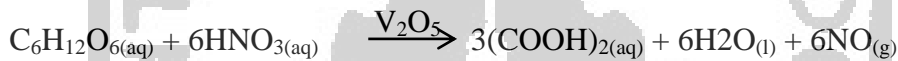
PERANCANGAN PROSES

3.1 Uraian Proses

3.3.1 Reaksi dan Kondisi Operasi

Asam oksalat dihidrat dibuat dari proses oksidasi karbohidrat dengan mereaksikan glukosa dan asam nitrat. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi eksotermis menggunakan katalis Vanadium Pentoksida.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



(G. Widiyarti, 2002)

Reaksi berlangsung pada fase cair-cair dengan suhu operasi 71°C, tekanan 1 atm, dan menghasilkan konversi sebesar 70%. Produk yang dihasilkan dari reaksi tersebut adalah asam oksalat anhidrat, air, dan gas nitrogen monoksida. Karena reaksi berlangsung secara eksotermis, maka akan terjadi peningkatan suhu yang akan menyebabkan penurunan konversi. Jadi, untuk mempertahankan suhu agar tetap konstan, reaktor harus dijalankan pada kondisi isothermal dengan menggunakan pendingin berupa jaket pendingin.

3.3.2 Langkah Proses

Langkah pembuatan asam oksalat dengan proses oksidasi karbohidrat dapat dikelompokkan menjadi 3 langkah proses :

a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Tahap persiapan bahan baku bertujuan untuk menyiapkan glukosa dan asam nitrat sebelum direaksikan dalam reaktor. Bahan baku yang digunakan adalah glukosa 84% dengan asam nitrat 68%.

- Unit persiapan glukosa

Bahan baku glukosa 84% dialirkan dari tangki penyimpanan glukosa (T-02) dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm menuju reaktor (R-01).

- Unit persiapan asam nitrat

Bahan baku asam nitrat 68% dari tangki penyimpanan asam nitrat (T-01) dengan suhu 30°C dan tekanan 1 atm menuju reaktor (R-01).

- Unit persiapan katalis vanadium pentoksida dan asam sulfat

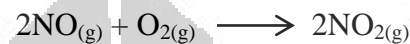
Katalis vanadium pentoksida dari bin katalis (B-01) dan larutan asam sulfat (H_2SO_4) dari tangki penyimpanan asam sulfat (T-03) dengan

kondisi operasi bin dan tangki pada suhu 30°C dan tekanan 1 atm diumpankan menuju mixer (M) dan dilanjutkan menuju reaktor (R-01).

b. Tahap Sintesis Produk

Glukosa, asam nitrat, katalis, dan asam sulfat sebelum masuk ke reaktor (R-01) dipanaskan dari suhu 30°C menjadi 71°C terlebih dahulu menggunakan heater (HE-01). Reaksi bersifat eksotermis berlangsung pada tekanan 1 atm dan suhu 71°C. Hasil keluaran reaktor (R-01) adalah

asam oksalat anhidrat, air, gas nitrogen monoksida, asam sulfat, dan katalis. Asam oksalat anhidrat dan air merupakan hasil bawah reaktor (R-01) yang akan diumpankan ke reaktor (R-02) dan dilanjutkan menuju *crystallizer* (CR). Sedang hasil atas reaktor (R-01) berupa gas nitrogen monoksida akan diumpankan ke reaktor alir pipa (R-03). Pada reaktor alir pipa, gas NO direaksikan dengan O₂ untuk membentuk NO₂, dengan reaksi :



Selanjutnya gas NO₂ akan diabsorb menggunakan H₂O untuk menghasilkan HNO₃ 68%.

c. Tahap Pemurnian Produk

Hasil bawah reaktor (R-02) berupa cairan yang terdiri dari asam oksalat anhidrat, air, gas nitrogen monoksida, asam sulfat, dan katalis diumpankan menuju *crystallizer* (CR) yang sebelumnya didinginkan terlebih dahulu menggunakan *cooler* (HE-02) dari suhu 71°C menjadi 30°C. Keluaran *crystallizer* (CR) selanjutnya diumpankan menuju filter (RDVF) untuk mengurangi sebagian besar kandungan larutan asam oksalat anhidrat, air, asam sulfat, dan katalis yang akan dibuang ke Unit Pengolahan Limbah (UPL). Pada filter (RVDF) dilakukan penambahan air sebagai pencuci produk sebelum dimasukkan ke *rotary dryer* (RD). Fungsi air pencuci ini adalah untuk mengurangi kadar filtrat yang masih terbawa ke *cake*. Sehingga keluaran filter (RDVF) berupa kristal asam oksalat dihidrat dan sedikit larutan asam oksalat, air, asam sulfat, dan katalis dapat

diumpankan menuju *rotary dryer* (RD) untuk menghilangkan kadar HNO_3 dan H_2O sehingga akan menghasilkan kristal asam oksalat dihidrat dengan kemurnian 98%. H_2O dan HNO_3 keluar dari *rotary dryer* dalam fase gas yang terikat pada udara panas akan diolah kembali di UPL.



3.2 Spesifikasi Alat

1. Tangki Penyimpanan (T-01)

Fungsi alat : Menyimpan bahan baku asam nitrat
(HNO₃) 68% selama 15 hari dengan laju

alir 1405,3869 kg/jam

Tipe alat : Tangki silinder vertikal, *conical roof*

Tekanan operasi : 1 atm

Suhu operasi : 30°C

Dimensi

Diameter : 9,14 m

Tinggi : 7,74 m

Volume : 480,14 m³

Material : Stainless steel

Harga satuan : \$ 95.670,786

Jumlah alat : 1

2. Tangki Penyimpanan (T-02)

Fungsi alat : Menyimpan bahan baku glukosa (C₆H₁₂O₆)
84% selama 30 hari dengan laju alir

1033,5589 kg/jam

Tipe alat : Tangki silinder vertikal, *conical roof*

Tekanan operasi : 1 atm

Suhu operasi : 30°C

Dimensi

Diameter : 12,19 m

Tinggi : 8,08 m

Volume : 853,76 m³

Material : Carbon steel SA-283 grade C

Harga satuan : \$ 92.771,672

Jumlah alat : 1

3. Tangki Penyimpanan (T-03)

Fungsi alat : Menyimpan bahan baku asam sulfat
(H₂SO₄) 98% selama 15 hari dengan laju
alir 708,6168 kg/jam

Tipe alat : Tangki silinder vertikal, *conical roof*

Tekanan operasi : 1 atm

Suhu operasi : 30°C

Dimensi

Diameter : 6,10 m

Tinggi : 7,64 m

Volume : 213,04 m³

Material : Stainless steel

Harga satuan : \$ 53.923,534

Jumlah alat : 1

4. Bin (B-01)

Fungsi alat : Menyimpan katalis V_2O_5 selama 10 tahun

Tipe alat : Tangki silinder vertikal, *conical bottom*

Tekanan operasi : 1 atm

Suhu operasi : 30°C

Dimensi

Diameter : 1,74 m

Tinggi : 4,37 m

Volume : 9,01 m³

Material : Carbon steel SA-283 grade C

Harga satuan : \$ 12.756,105

Jumlah alat : 1

5. Bin (B-02)

Fungsi alat : Menyimpan produk asam oksalat dihidrat
selama 14 hari

Tipe alat : Tangki silinder vertikal, *conical bottom*

Tekanan operasi : 1 atm

Suhu operasi : 30°C

Dimensi

Diameter : 7,27 m

Tinggi : 10,85 m

Volume : 647,40 m³

Material : Carbon steel SA-283 grade C

Harga satuan : \$ 170.467,947

Jumlah alat : 1



6. Mixer (M)

Fungsi alat : Mencampurkan katalis dengan asam sulfat
(H_2SO_4) 98%

Tipe alat : Tangki silinder vertikal berpengaduk

Tekanan operasi : 1 atm

Suhu operasi : 30°C

Dimensi

Diameter : 1,02 m

Tinggi : 1,26 m

Volume : 0,82 m³

Pengaduk

Jenis : *Six blade turbin agitator*

Jumlah : 1

Diameter : 0,33 m

Kecepatan pengaduk : 190 rpm

Power : 1/8 Hp

Material : Carbon steel SA-283 grade C

Harga satuan : \$ 9.856,990

Jumlah alat : 1

7. Reaktor (R-01) dan (R-02)

Fungsi alat : Mereaksikan glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dengan asam nitrat (HNO_3) menjadi asam oksalat ($C_2H_2O_4$)

Tipe alat : Reaktor alir tangki berpengaduk

Tekanan operasi : 1 atm

Suhu operasi : $71^\circ C$

Spesifikasi

Diameter : 1,68 m

Tinggi : 2,33 m

Volume : $3,24 m^3$

Pendingin : Air

Tipe pendingin : Jaket pendingin

Pengaduk

Jenis : *Six blade turbin agitator*

Jumlah : 1

Diameter : 0,55 m

Kecepatan pengaduk : 125 rpm

Power : 1 Hp

Material : Stainless steel

Harga satuan : \$ 90.452,380

Jumlah alat : 2

8. Reaktor (R-03)

Fungsi alat : Mereaksikan gas NO dengan O₂ menjadi gas NO₂

Tipe alat : Reaktor alir pipa

Tekanan operasi : 1 atm

Suhu operasi : 40°C

Spesifikasi

Diameter : 0,30 m

Panjang : 1,83 m

Volume : 0,15 m³

Pendingin : Air

Tipe pendingin : Jaket pendingin

Material : Carbon steel

Harga satuan : \$ 927,717

Jumlah alat : 1

9. Absorber (AB)

Fungsi alat : Mereaksikan gas NO₂ dengan H₂O menjadi asam nitrat (HNO₃) 68%

Tipe alat : *Packed-column absorber*

Tekanan operasi : 8 atm

Suhu operasi : 40°C

Spesifikasi

Diameter : 0,80 m

Tinggi : 2,93 m
 Jenis packing : *Raschig ring*
 Bahan isian : *Ceramic*

Material : Stainless steel

Harga satuan : \$ 35.506,489

Jumlah alat : 1

10. *Crystalizer (CR)*

Fungsi alat : Mengkristalkan asam oksalat cair menjadi asam oksalat padat

Tipe alat : *Continuous Stirred Tank Crystallizer*

Tekanan operasi : 1 atm

Suhu operasi : 30°C

Spesifikasi

Diameter : 1,37 m

Tinggi : 1,44 m

Volume : 1,31 m³

Pendingin : Air

Tipe pendingin : Jaket pendingin

Pengaduk

Jenis : *Six blade turbin agitator*

Jumlah : 2

Diameter : 0,46 m

Kecepatan pengaduk : 190 rpm

Power	: 7 1/2 Hp
Material	: Stainless steel
Harga satuan	: \$ 57.054,578
Jumlah alat	: 1

11. *Filter (RVDF)*

Fungsi alat : Memisahkan kristal asam oksalat dengan larutannya

Tipe alat : *Rotary drum vacuum filter*

Tekanan operasi : 1 atm

Suhu operasi : 30°C

Spesifikasi

Diameter : 0,83 m

Panjang : 1,66 m

Waktu 1 siklus : 60 s

Power : 5 Hp

Material : Stainless steel

Harga satuan : \$ 113.065,475

Jumlah alat : 1

12. *Dryer (RD)*

Fungsi alat : Mengurangi kandungan air dan asam nitrat dalam produk asam oksalat dihidrat

Tipe alat : *Rotary dryer*

Tekanan operasi : 1 atm

Suhu operasi : 90°C

Spesifikasi

Diameter : 0,57 m

Panjang : 2,38 m

Power : 0,75 Hp

Material : Carbon steel

Harga satuan : \$ 1.739,469

Jumlah alat : 1

13. Pompa (P-01)

Fungsi alat : Mengalirkan HNO₃ 68% dari T-01 ke
Reaktor (R-01)

Tipe alat : *Centrifugal pump*

Power : 1/6 Hp

Material : Stainless steel

Harga satuan : \$ 5.102,442

Jumlah alat : 2

14. Pompa (P-02)

Fungsi alat : Mengalirkan C₆H₁₂O₆ 84% dari T-02 ke
Reaktor (R-01)

Tipe alat : *Centrifugal pump*

Power : 1/8 Hp

Material : Carbon steel

Harga satuan : \$ 4.870,513

Jumlah alat : 2

15. Pompa (P-03)

Fungsi alat : Mengalirkan H_2SO_4 98% dari T-03 ke Mixer (M)

Tipe alat : *Centrifugal pump*

Power : 1/12 Hp

Material : Stainless steel

Harga satuan : \$ 4.406,654

Jumlah alat : 2

16. Pompa (P-04)

Fungsi alat : Mengalirkan larutan H_2SO_4 dan katalis dari Mixer (M) ke Reaktor (R-01)

Tipe alat : *Centrifugal pump*

Power : 1/12 Hp

Material : Stainless steel

Harga satuan : \$ 4.406,654

Jumlah alat : 2

17. Pompa (P-05)

Fungsi alat : Mengalirkan larutan keluaran Reaktor (R-01) menuju Reaktor (R-02)

Tipe alat : *Centrifugal pump*

Power : 1/4 Hp

Material : Stainless steel

Harga satuan : \$ 6.030,159

Jumlah alat : 2

18. Pompa (P-06)

Fungsi alat : Mengalirkan larutan keluaran
Reaktor (R-02) menuju *Crystallizer* (CR)

Tipe alat : *Centrifugal pump*

Power : 1/4 Hp

Material : Stainless steel

Harga satuan : \$ 5.798,229

Jumlah alat : 2

19. Pompa (P-07)

Fungsi alat : Mengalirkan larutan keluaran
Crystallizer (CR) menuju Filter (RVDF)

Tipe alat : *Rotary gear pump*

Power : 1 Hp

Material : Stainless steel

Harga satuan : \$ 4.870,513

Jumlah alat : 2

20. Pompa (P-08)

Fungsi alat : Mengalirkan larutan filtrat keluaran
Filter (RVDF) ke UPL

Tipe alat : *Centrifugal pump*

Power : 1/3 Hp

Material : Stainless steel

Harga satuan : \$ 4.870,513

Jumlah alat : 2

21. Pompa (P-09)

Fungsi alat : Mengalirkan H₂O dari Utilitas ke
Absorber (AB)

Tipe alat : *Centrifugal pump*

Power : 1 1/2 Hp

Material : Carbon steel

Harga satuan : \$ 4.406,654

Jumlah alat : 2

22. Pompa (P-10)

Fungsi alat : Mengalirkan HNO₃ 68% dari
Absorber (AB)

Tipe alat : *Centrifugal pump*

Power : 1/6 Hp

Material : Stainless steel

Harga satuan : \$ 4.870,513

Jumlah alat : 2

23. Pompa (P-11)

Fungsi alat : Mengalirkan H₂O dari Utilitas ke RVDF

Tipe alat : *Centrifugal pump*

Power : 1/12 Hp

Material : Stainless steel

Harga satuan : \$ 3.478,938

Jumlah alat : 2

24. Heat Exchanger (HE-01)

Fungsi alat : Memanaskan larutan umpan reaktor

Tipe alat : *Double pipe heat exchanger*

Spesifikasi

A : 2,03 ft²

Pemanas : *Saturated steam*

Jumlah hairpin : 1

Tin pemanas : 150°C

Tout pemanas : 150°C

Tin larutan : 30°C

Tout larutan : 71°C

Material : Stainless steel

Harga satuan : \$ 1.971,398

Jumlah alat : 1



25. Heat Exchanger (HE-02)

Fungsi alat : Mendinginkan gas NO hasil atas keluaran
Reaktor (R-01) dan Reaktor (R-02)

Tipe alat : *Double pipe heat exchanger*

Spesifikasi

A	: 10,58 ft ²
Pendingin	: Air pendingin
Jumlah hairpin	: 1
Tin pendingin	: 25°C
Tout pendingin	: 45°C
Tin gas	: 71°C
Tout gas	: 40°C
Material	: Carbon steel
Harga satuan	: \$ 2.319,292
Jumlah alat	: 1

26. Heat Exchanger (HE-03)

Fungsi alat : Memanaskan udara masuk Reaktor (R-03)

Tipe alat : *Shell and tube heat exchanger*

Spesifikasi

A	: 217,71 ft ²
Pemanas	: <i>Saturated steam</i>
Tin pemanas	: 150°C
Tout pemanas	: 150°C

Tin gas	: 30°C
Tout gas	: 40°C
Material	: Carbon steel
Harga satuan	: \$ 7.400,000
Jumlah alat	: 1

27. Heat Exchanger (HE-04)

Fungsi alat	: Mendinginkan larutan HNO ₃ 68% keluaran Absorber (AB)
Tipe alat	: <i>Double pipe heat exchanger</i>
Spesifikasi	
A	: 19,12 ft ²
Pendingin	: Air pendingin
Jumlah hairpin	: 5
Tin pendingin	: 25°C
Tout pendingin	: 37°C
Tin larutan	: 40°C

Tout larutan	: 30°C
Material	: Stainless steel
Harga satuan	: \$ 8.465,415
Jumlah alat	: 1

28. *Heat Exchanger (HE-05)*

Fungsi alat : Memanaskan udara masuk *Dryer (RD)*

Tipe alat : *Shell and tube heat exchanger*

Spesifikasi

A	: 388,22 ft ²
Pemanas	: <i>Saturated steam</i>
Tin pemanas	: 150°C
Tout pemanas	: 150°C
Tin gas	: 30°C
Tout gas	: 100°C
Material	: Carbon steel
Harga satuan	: \$ 26.207,997
Jumlah alat	: 1

29. *Kompresor (K)*

Fungsi alat : Menaikkan gas keluar Reaktor (R-03)
dari 1 atm ke 8 atm

Tipe alat : *Centrifugal compressor intercooler*

Spesifikasi

Tin	: 40°C
Tout	: 40°C
Pin	: 1 atm
Pout	: 8 atm
Power	: 20 Hp

Material : Carbon steel
 Harga satuan : \$ 69.578,754
 Jumlah alat : 1

30. Blower (BL-01)

Fungsi alat : Mengalirkan gas NO keluar Reaktor (R-01)
 Dan Reaktor (R-02) ke Reaktor (R-03)

Tipe alat : *Blower* sentrifugal
 Power : 1/3 Hp
 Material : Carbon steel
 Harga satuan : \$ 20.873,626
 Jumlah alat : 1

31. Blower (BL-02)

Fungsi alat : Mengalirkan udara menuju Reaktor (R-03)

Tipe alat : *Blower* sentrifugal
 Power : 1/3 Hp
 Material : Carbon steel

Harga satuan : \$ 52.184,065

Jumlah alat : 1

32. Blower (BL-03)

Fungsi alat : Mengalirkan udara menuju *Dryer* (RD)

Tipe alat : *Blower* sentrifugal

Power : 1/12 Hp

Material : Carbon steel

Harga satuan : \$ 22.033,272

Jumlah alat : 1

33. *Fan cooler* (FC)

Fungsi alat : Mendinginkan produk keluar *Dryer* (RD)

Tipe alat : *Grate cooler*

Spesifikasi

Panjang : 1,33 m

Lebar : 0,88 m

Tinggi : 0,22 m

Volume : 0,21 m³

Power : 0,125 Hp

Material : Carbon steel

Harga satuan : \$ 6.262,088

Jumlah alat : 1

34. *Filter* (F-01)

Fungsi alat : Menyaring debu yang terbawa oleh udara

Tipe alat : Bag house filter

Spesifikasi

Diameter bag : 0,20 m

Panjang bag : 2,44 m

Jumlah bag : 15 buah

Material : Carbon steel

Harga satuan : \$ 20.409,768

Jumlah alat : 1

35. *Filter* (F-02)

Fungsi alat : Menyaring debu yang terbawa oleh udara

Tipe alat : Bag house filter

Spesifikasi

Diameter bag : 0,20 m

Panjang bag : 2,44 m

Jumlah bag : 24 buah

Material : Carbon steel

Harga satuan : \$ 25.744,139

Jumlah alat : 1

36. *Expansion valve* (EV-01)

Fungsi alat : Menurunkan tekanan gas keluar Absorber
(AB) dari 8 atm menjadi 1 atm

Tipe alat : *Expansion valve*

Harga satuan : \$ 324,701

Jumlah alat : 1

37. *Expansion valve* (EV-02)

Fungsi alat : Menurunkan tekanan larutan keluar
Absorber (AB) dari 8 atm menjadi 1 atm

Tipe alat : *Expansion valve*

Harga satuan : \$ 173,947

Jumlah alat : 1



38. *Conveyor* (BC-01)

Fungsi alat : Mengangkut katalis V_2O_5 ke Mixer (M)

Tipe alat : *Belt conveyor*

Spesifikasi

Panjang : 17,55 m

Lebar : 14 in

Power : 1/20 Hp

Harga satuan : \$ 177.394,688

Jumlah alat : 1

39. *Conveyor* (BC-02)

Fungsi alat : Mengangkut produk *Dryer* (RD) ke B-02

Tipe alat : *Belt conveyor*

Spesifikasi

Panjang : 14,13 m

Lebar : 14 in

Power : 1/12 Hp

Harga satuan : \$ 15.075,397

Jumlah alat : 1

40. *Conveyor* (SC)

Fungsi alat : Mengangkut *cake* dari Filter (RDFV)
menuju *Dryer* (RD)

Tipe alat : *Belt conveyor*

Spesifikasi

Panjang	: 30 m
Diameter	: 3 in
Power	: 1/8 Hp
Harga satuan	: \$ 7.537,698
Jumlah alat	: 1

3.3 Perencanaan Produksi

3.3.1 Analisa Kebutuhan Bahan Baku

Analisa kebutuhan bahan baku dilakukan untuk mengetahui ketersediaan bahan baku terhadap kebutuhan kapasitas pabrik. Bahan baku Asam Nitrat diperoleh dari PT. Multi Nitrotama Kimia dan Glukosa dari Budi Starch Sweetener di Indonesia.

Tabel 3. 1 Kebutuhan Bahan Baku

Komponen	Kebutuhan bahan baku (ton/tahun)	Ketersediaan bahan baku (ton/tahun)
Kebutuhan Asam Nitrat = 2.681 kg/jam	21.233	150.000
Kebutuhan Glukosa = 1.034 kg/jam	8.189	108.000

Berdasarkan tabel diatas dapat disimpulkan bahwa ketersediaan bahan baku asam nitrat dan glukosa di Indonesia dapat memenuhi kebutuhan pabrik atau dapat dikatakan aman untuk proses produksi.

3.3.2 Analisa Kebutuhan Peralatan Proses

Analisa kebutuhan peralatan proses dilakukan untuk mengetahui kemampuan peralatan proses dan umur atau jam kerja dari peralatan yang digunakan, serta untuk mengetahui perawatan yang tepat untuk masing-masing peralatan yang digunakan. Dengan adanya analisis kebutuhan alat proses maka dapat diketahui berapa banyak biaya yang dibutuhkan untuk membeli peralatan proses dan untuk perawatannya.

