

BAB II

PERANCANGAN PRODUK

2.1 Spesifikasi Produk Utama

2.1.1 Nitrogliserin

Rumus Molekul	: $C_3H_5N_3O_9$
Berat Molekul	: 227 kg/kgmol
<i>Specific Gravity</i> (pada 20°C)	: 1,26
Titik beku	: 13° C
Titik didih pada 760 mmHg	: 218° C
Wujud (pada 1 atm, 20° C)	: Cair
Warna	: Tak Berwarna
Kemurniaan	: 99,25 %
Kelarutan	: 0,0018 g/mL. H ₂ O

2.2 Spesifikasi Bahan Baku

2.2.1 Gliserin

Rumus Molekul	: $C_3H_8O_3$
Berat Molekul	: 92 kg/kgmol

Spesific Gravity (20° C) : 1,26

Titik leleh : 18° C

Titik didih pada 760 mmHg : 290° C

Temperature kritis : 450° C

Tekanan kritis : 39,48 atm

Bentuk (pada 1 atm, 20° C) : Cairan

Kemurniaan : 99,5 %

Kelarutan : larut dalam air

2.2.2 Asam Nitrat

Rumus Molekul : HNO_3

Berat Molekul : 63 kg/kgmol

Spesific Gravity (20° C) : 1,41

Titik leleh : -42° C

Titik didih pada 760 mmHg : 122° C

Temperature kritis : 247° C

Tekanan kritis : 68 atm

Bentuk (pada 1 atm, 20° C) : Cair

Kemurniaan : 70 %

Kelarutan : larut dalam air

2.2.3 Asam Sulfat

Rumus Molekul	: H_2SO_4
Berat Molekul	: 98 kg/kgmol
<i>Spesific Gravity</i> (20° C)	: 1,84
Titik leleh	: 10,35° C
Titik didih pada 760 mmHg	: 340° C
Temperature kritis	: 652° C
Tekanan kritis	: 63,16 atm
Bentuk (pada 1 atm, 20° C)	: Cair
Kemurniaan	: 98%

2.3 Bahan Baku Pembantu

2.3.1 Air

Berat Molekul	: 18
<i>Spesific Gravity</i> (20° C)	: 1
Titik leleh	: 0° C
Titik lebur	: 0° C
Titik didih pada 760 mmHg	: 100° C
Tekanan uap murni (pada 100° C)	: 760 mmHg
Temperature kritis	: 374° C
Tekanan kritis	: 218 atm
Wujud	: Cair

Viskositas (pada 20° C)	: 1,050 cp
Kemurniaan	: 100 %

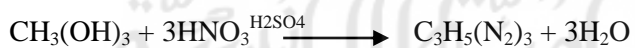
2.3.2 Natrium Karbonat (Na₂CO₃)

Berat Molekul	: 106
Titik lebur	: 851° C
Titik didih pada 760 mmHg	: 140° C
Wujud	: Padatan Putih
Kemurniaan	: 95 %

2.4 Tinjauan Kinetika

Reaksi pembuatan nitrogliserin merupakan reaksi antara asam nitrat dan gliserin dengan menggunakan bantuan katalis asam sulfat (H₂SO₄). Proses nitrasi gliserin menjadi nitrogliserin merupakan reaksi eksotermis.

Reaksi yang terjadi :



Dari segi kinetika, kecepatan reaksi akan bertambah dengan adanya kenaikan suhu.

Hal ini ditunjukkan oleh hubungan persamaan Arrhenius :

$$k = A e^{-E/RT} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

k = Konstanta kecepatan reaksi

A = Faktor tumbukan tingkat pencampuran zat-zat yang bereaksi

E = Energi aktivasi

R = Tetapan gas umum

T = Suhu mutlak

Reaksi :



Reaksi dianggap berorde 1 pada masing-masing a dan b menurut Tai Lu-Kei et al 2007, sehingga persamaan reaksi nya adalah :

$$(-r_A) = k C_A C_B$$

$$-r_A = -\frac{dC_A}{dt} = -\frac{dC_B}{dt} = k C_A C_B$$

$$(-r_A) = -\frac{dC_{A0}(1 - X_A)}{dt} = C_{A0} \frac{dX_A}{dt} = k C_{A0}(1 - X_A)(C_{B0} - C_{A0}X_A)$$

$$(-r_A) = C_{A0} \frac{dX_A}{dt} = k C_{A0}^2 (1 - X_A)(M - X_A)$$

$$-\int \frac{dX_A}{(1-X_A)(M-X_A)} = C_{A0} k \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{M-X_A}{M(1-X_A)} = \ln \frac{C_B C_{A0}}{C_{B0} C_A} = \ln \frac{C_B}{M C_A} = C_{A0} (M - 1) k t = (C_{B0} - C_{A0}) k t$$

$$k = \frac{1}{C_{A0}(M-1)t} \ln \left(\frac{M-X_A}{M(1-X_A)} \right)$$

Dengan,

k : Konstanta laju reaksi,

C_A : Konsentrasi reaktan, mol/m³

C_B : Konsentrasi reaktan, mol/m³

T : Waktu Operasi, jam

X_A : Konversi reaksi

$$k = \frac{1}{0,0139 (510,518-1)^1} \ln \left(\frac{510,518-0,9943}{510,518(1-0,9943)} \right)$$

$$k = 0,731 \text{ m}^3/\text{kmol.jam}$$

Dengan harga k yang besar akan diperoleh harga r yang besar pula. Sehingga reaksi berjalan cepat, begitu pula sebaliknya.

Reaksi nitrasi antara gliserin dan asam nitrat merupakan fase cair-cair bersifat eksotermis dan ditetapkan pada suhu operasi 20°C, tekanan sebesar 1 atm diterapkan pada reaktor dengan konversi 99,43 %. Perbandingan mol reaktan antara gliserin dan asam adalah 1 : 6. Campuran asam terdiri dari asam nitrat dan asam sulfat dengan menggunakan perbandingan 40% : 60% (Tai Lu-Kai. *et al.* 2008)

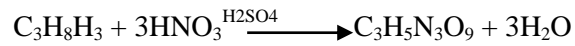
2.5 Tinjauan Termodinamika

Untuk menentukan sifat reaksi apakah berjalan eksotermis atau endotermis maka diperlukan perhitungan panas pembentukan standar (ΔH_f°) pada 1 atm dan 20°C = 293K.

Harga ΔH_f° masing-masing komponen

Komponen	Harga ΔH_f° (Kj/mol)
Gliserin (C ₃ H ₈ O ₃)	-582,800
Asam Nitrat (HNO ₃)	-131,380
Nitrogliserin (C ₃ H ₅ N ₃ O ₉)	-270,900
Air (H ₂ O)	-241,814

(Yaws, 1999)



$$\Delta H^\circ_{f_{293}} = \Delta H^\circ_{f_{\text{produk}}} - \Delta H^\circ_{f_{\text{reaktan}}}$$

$$= (\Delta H^\circ_f \text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9 + 3 \cdot \Delta H^\circ_f \text{H}_2\text{O}) - (\Delta H^\circ_f \text{C}_3\text{H}_8\text{H}_3 + 3 \cdot \Delta H^\circ_f \text{HNO}_3)$$

$$= [(-270,900 + 3(-241,814)) - (-582,800 + 3(-131,380))]$$

$$= -19,402 \text{ kJ/mol (Eksotermis)}$$

Harga ΔG°_f masing-masing komponen

Komponen	Harga ΔG°_f (Kj/mol)
Gliserin ($\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$)	-448,490
Asam Nitrat (HNO_3)	-74,700
Nitrogliserin ($\text{C}_3\text{H}_8\text{N}_3\text{O}_9$)	-97,900
Air (H_2O)	-288,590

(Yaws, 1999)

$$\Delta G^\circ_{f_{293}} = \Delta G^\circ_{f_{\text{produk}}} - \Delta G^\circ_{f_{\text{reaktan}}}$$

$$= (\Delta G^\circ_f \text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9 + 3 \cdot \Delta G^\circ_f \text{H}_2\text{O}) - (\Delta G^\circ_f \text{C}_3\text{H}_8\text{H}_3 + 3 \cdot \Delta G^\circ_f \text{HNO}_3)$$

$$= [(-97,900 + 3(-288,590)) - (-448,490 + 3(-74,700))]$$

$$= -291,080 \text{ kJ/mol}$$

KOMPONEN	A	B	C	D
H2SO4	26,004	7,034E-01	-1,3856E-03	1,034E-06
H ₂ O	92,0530	-3,995E-02	-2,1103E-04	5,347E-07
HNO3	214,480	-7,676E-01	1,4970E-03	-3,021E-07
C3H8O3	132,145	8,601E-01	-1,97450,E-03	1,860700,E-06
C3H5N3O9	104,87	6,594E-01	-1,65080,E-03	-1,764900E-06

ΔA	ΔB	ΔC	ΔD
-394,556	1,982371	-0,00480039	-1,1153E-06

$$IDCPH = \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_P^0}{R} dT$$

$$IDCPH = (\Delta A)T_0(\tau - 1) + \frac{\Delta B}{2}T_0^2(\tau^2 - 1) + \frac{\Delta C}{3}T_0^3(\tau^3 - 1) + \frac{\Delta D}{T_0}\left(\frac{\tau-1}{\tau}\right)$$

$$IDCPH = (\Delta A)T_0\left(\frac{T}{T_0} - 1\right) + \frac{\Delta B}{2}T_0^2\left(\frac{T^2}{T_0^2} - 1\right) + \frac{\Delta C}{3}T_0^3\left(\frac{T^3}{T_0^3} - 1\right) + \frac{\Delta D}{T_0}\left(\frac{\frac{T}{T_0} - 1}{\frac{T}{T_0}}\right)$$

$$IDCPH = -394,556 \times 298 \left(\frac{298}{293} - 1\right) + \frac{1,982371}{2} (298^2) \left(\frac{298^2}{293^2} - 1\right) + \frac{-0,00480039}{3} (298^3) \left(\frac{298^3}{293^3} - 1\right) + \frac{-1,1153E-06}{298} \left(\frac{\frac{293}{298} - 1}{\frac{293}{298}}\right)$$

- $IDCPH = 1139,7330$

$$\text{IDCPS} = \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_P^\circ dT}{R T}$$

$$\text{IDCPS} = \Delta A \ln \tau + \left[\Delta B T_0 + \left(\Delta C T_0^2 + \frac{\Delta D}{\tau^2 T_0^2} \right) \left(\frac{\tau+1}{2} \right) \right] (\tau - 1)$$

$$\text{IDCPS} = \Delta A \ln \frac{T}{T_0} + \left[\Delta B T_0 + \left(\Delta C T_0^2 + \frac{\Delta D}{\left(\frac{T}{T_0} \right)^2 T_0^2} \right) \left(\frac{\frac{T}{T_0} + 1}{2} \right) \right] \left(\frac{T}{T_0} - 1 \right)$$

$$\begin{aligned} \text{IDCPS} = & -394,556 \ln \frac{293}{298} + [1,982371 \cdot 298 + \\ & (-0,00480039 \cdot 298^2 + \frac{-1,1153E-06 \cdot (\frac{293}{298} + 1)}{(\frac{293}{298})^2 \cdot 298^2}) \cdot (\frac{293}{298} - 1)] \end{aligned}$$

- IDCPS = 3,8569

$$\frac{\Delta G^\circ}{RT} = \frac{\Delta G_0^\circ - \Delta H_0^\circ}{RT_0} + \frac{\Delta H_0^\circ}{RT} + \frac{1}{T} \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_P^\circ}{R} dT - \int_{T_0}^T \frac{\Delta C_P^\circ}{R T} dT$$

$$\frac{\Delta G}{RT} = \frac{-291,080 - (-19,402)}{8,314 \times 298} + \frac{-19,402}{8,314 \times 298} + \left(\frac{1}{293} \times 1139,7330 \right) - 3,8569$$

$$\frac{\Delta G}{RT} = -0,0847$$

$$\ln K = -\frac{\Delta G}{RT} = -(-0,0847)$$

$$K = 1,0884 \text{ kJ/kmol (Irreversible)}$$

2.6 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (*Quality Control*) di dalam pabrik nitroglicerina hakikatnya dilakukan dengan tujuan mengendalikan mutu produk yang dihasilkan agar sesuai dengan standar yang ditentukan. Pengendalian ini meliputi

pengendalian kualitas bahan baku, pengendalian kualitas saat proses berlangsung, dan pengendalian kualitas pada hasil atau produk.

2.6.1 Pengendalian Kualitas Bahan Baku

Pengendalian kualitas pada bahan baku dilakukan untuk menjaga agar kualitas dari bahan baku tersebut sesuai dengan spesifikasi produk yang diinginkan. Dengan pemeriksaan juga dapat diketahui apakah bahan baku akan menghambat proses produksi yang dijalankan secara normal. Oleh karena itu sebelum dilakukan proses produksi, dilakukan pengujian terhadap kualitas bahan baku yang berupa gliserin dan campuran asam (*mixed acid*) dengan tujuan agar bahan yang digunakan dapat diproses di dalam pabrik.

2.6.2 Pengendalian Proses Produksi

Pengendalian proses produksi dilakukan agar dapat mengetahui analisa produk sesuai atau tidak dengan yang diharapkan. Maka jika ada kesalahan pada proses produksi dapat diketahui dan diatasi lebih cepat. Pada pengendalian proses produksi pabrik nitrogliserin dibagi menjadi dua yaitu alat sistem kontrol dan aliran sistem kontrol.

2.6.2.1 Alat Sistem Kontrol

- a. Sensor, digunakan untuk identifikasi variabel-variabel proses. Alat yang digunakan manometer untuk sensor aliran fluida, tekanan dan level, *termocouple* untuk sensor suhu.
- b. *Controller* dan Indikator, meliputi level indikator dan *control*, *temperature indicator control*, *flow control*, dan *interface level control*.

2.6.2.2 Aliran Sistem Kontrol

- a. Aliran *electric* (aliran listrik) digunakan sebagai tenaga penggerak untuk peralatan proses dan *controller*.
- b. Aliran mekanik (aliran gerakan/perpindahan level) digunakan untuk *flow* dari sensor ke *controller*.

2.4.3 Pengendalian Kualitas Produk

Untuk memperoleh mutu produk standar maka diperlukan bahan yang berkualitas, pengawasan serta pengendalian terhadap proses yang ada dengan cara *system control* sehingga didapatkan produk yang berkualitas dan dapat dipasarkan.

