

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Industri kimia merupakan salah satu industri yang memegang peranan penting dalam pembangunan ekonomi suatu negara. Pengembangan industri kimia dapat mendukung tujuan pembangunan nasional untuk mewujudkan masyarakat adil dan makmur. Oleh karena itu, Indonesia perlu memperkuat pembangunan di berbagai bidang, khususnya pembangunan industri. Salah satu manfaat dari perkembangan industri kimia yang dapat dirasakan oleh masyarakat adalah penciptaan lapangan kerja yang luas dan peningkatan taraf hidup masyarakat Indonesia. Perkembangan industri kimia di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya, seperti industri bahan jadi dan industri bahan setengah jadi yang akan digunakan untuk industri bahan baku lainnya. Salah satu industri kimia penting yang akan dibangun di Indonesia adalah industri Guanidin Nitrat karena di Indonesia belum ada pabrik yang memproduksi bahan kimia Guanidin Nitrat. Negara yang memproduksi Guanidin Nitrat adalah China dan India, sehingga Indonesia masih tergantung dan diimpor dari China dan India.

Guanidin Nitrat adalah senyawa kimia yang umumnya dikenal sebagai aminothanamidine nitrat atau guanidinium nitrat. Guanidin nitrat adalah garam tidak berwarna, larut dalam air dan alkohol. Guanidin nitrat skala besar berfungsi sebagai bahan bakar berenergi tinggi yang digunakan dalam generator gas dan aplikasi peluncuran roket padat. Guanidin nitrat adalah senyawa dengan banyak manfaat. Bahan ini digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan disinfektan, peralatan fotografi, dan produksi monopropilena. Bahan ini juga digunakan sebagai pewarna di pabrik cat dan sebagai bahan baku untuk produksi airbag mobil. Selain itu, guanidin nitrat digunakan sebagai bahan peledak dan bahan bakar roket.

Dilihat dari manfaat yang ada, Guanidin Nitrat merupakan salah satu bahan vital bagi kehidupan. Dengan demikian, pendirian pabrik penghasil guanidin nitrat akan berdampak positif bagi Indonesia.

1.2 Penentuan Kapasitas Pabrik

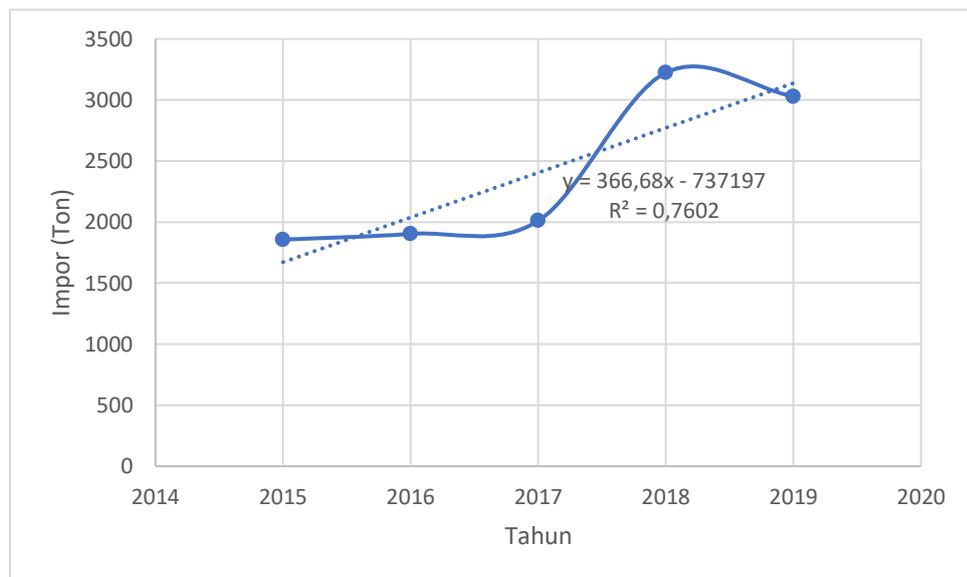
1. Proyeksi kebutuhan impor Guanidin Nitrat berdasarkan tahun ke tahun.
2. Ketersediaan bahan baku.
3. Kapasitas pabrik yang beroperasi.

I.2.1. Kebutuhan Impor Guanidin Nitrat

Tabel I. 1 Data Impor Guanidin Nitrat

Tahun	Impor (Ton)
2015	1.856,26
2016	1.903,57
2017	2.010,47
2018	3.223,73
2019	3.029,60

Sumber: Badan Pusat Statistik Nasional



Gambar I. 1 Grafik Impor Guanidin Nitrat

Dari persamaan linierisasi pada Gambar I.1 tersebut dapat dihasilkan data dan diolah ke excel garis linear menandakan rumus $y = 366,68x - 737197$ menggunakan x dalam tahun 2027, maka dihasilkan nilai output 6063,36 Ton.

I.2.2. Kapasitas Pabrik yang Sudah Berdiri

Pabrik Guanidin Nitrat yang beroperasi di berbagai negara di dunia. Total kapasitas produksi dapat diringkas sebagai berikut :

Tabel I. 2 Data Kapasitas Pabrik Guanidin Nitrat yang Sudah Beroperasi

No	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas (Ton/Tahun)
1	Ningxiabeilite Chemical Industri	China	50.000
2	Sanming Coffe Fine Chemical Industrial Co., Ltd	China	24.000
3	Ning Xia Yuanda Xingbo Chemical CO.,LTD	China	12.000
4	Canpex Chemical Pvt.Ltd	India	4.800
5	AlzChem Group	Germany	21.000

Tabel I. 3 Sasaran Pabrik Guanidin Nitrat di Indonesia

No	Nama Perusahaan	Kapasitas
1	PT Chandra Asri Petrochemical	470.000
2	PT Dahana	60.000
3	PT Polytama	240.000

Tabel I. 4 Data Negara yang Impor Guanidin nitrat

No	Negara	Jumlah (Ton)
1	US	16.000
2	Brazil	28.000
3	Meksiko	10.000
4	Jepang	5342
5	Turki	500

I.2.3. Penentuan Kapasitas Pabrik yang Berdiri

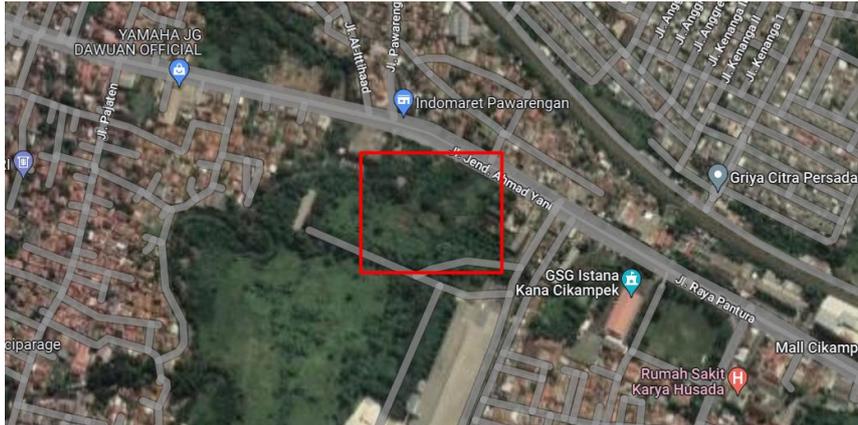
Berdasarkan proyeksi kebutuhan impor Guanidin Nitrat di Indonesia pada tahun 2027 yaitu sebesar 2848,415 ton/tahun, maka kapasitas pabrik yang akan didirikan mengacu pada hal tersebut, yaitu sebesar 15.000 ton/tahun. Pabrik yang akan didirikan diharapkan mampu memenuhi kebutuhan Guanidin Nitrat di dalam negeri, memberikan kesempatan berdirinya industri-industri lainnya yang menggunakan bahan baku Guanidin Nitrat. Jika memungkinkan Guanidin nitrat dapat diekspor ke luar negeri sehingga meningkatkan devisa negara.

I.3 Kegunaan Produk

Guanidin nitrat skala besar berfungsi sebagai bahan bakar berenergi tinggi yang digunakan dalam generator gas dan aplikasi peluncuran roket padat. Guanidin nitrat adalah senyawa dengan banyak manfaat. Bahan ini digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan disinfektan, peralatan fotografi, dan produksi monopropilena. Bahan ini juga digunakan sebagai pewarna di pabrik cat dan sebagai bahan baku untuk produksi airbag mobil. Selain itu, guanidin nitrat digunakan sebagai bahan peledak dan bahan bakar roket.

I.4 Pemilihan Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik dapat mempengaruhi posisi pabrik dalam hal persaingan usaha, distribusi dan pemasaran, yang akan menentukan kelangsungan proses produksi. Oleh karena itu, lokasi pabrik harus didirikan di Cikampek, Jawa Barat. Hal ini didasarkan pada sejumlah faktor yang menguntungkan perusahaan, baik dari segi ekonomi maupun teknis. Secara geografis, lokasi pabrik menentukan kemajuan dan kelangsungan pabrik saat ini dan masa depan karena mempengaruhi faktor-faktor yang memproduksi dan mendistribusikan produk pabrik. Pemilihan lokasi pabrik harus tepat berdasarkan perhitungan biaya produksi dan distribusi minimum serta pertimbangan sosiologis dan budaya masyarakat sekitar lokasi pabrik. Gambaran lokasi pabrik dapat dilihat pada Gambar berikut :



Gambar I. 2 Lokasi Pendirian Pabrik Guanidin Nitrat

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka planing pendirian pabrik Guanidin Nitrat ini berlokasi pada wilayah Cikampek, Jawa Barat. Faktor – faktor yang sebagai dasar pertimbangan pada memilih lokasi pabrik adalah menjadi berikut :

I.4.1. Kemudahan Transportasi

Lokasi yang dipilih dalam perancangan pendirian pabrik ini adalah area yang diperbesar dan direncanakan di dekat Jalan Pantai Utara (Pantura), sehingga pembelian bahan baku dan pemasaran produk dapat dilakukan melalui jalur darat. Pemasaran untuk keperluan dalam negeri dapat dilakukan melalui jalur darat, sedangkan untuk tujuan ekspor dapat dilakukan melalui jalur laut dimana pemerintah berencana membangun Pelabuhan Cilamaya di Cikampek.

I.4.2. Pemasaran Produk

Guanidin Nitrat adalah bahan setengah jadi yang digunakan oleh industri kimia lainnya untuk menghasilkan bahan finishing, seperti cat, fotografi, airbag otomotif, bahan peledak, bahan baku monopropilen dan bahan bakar roket, maka untuk melokasikan pabrik harus dekat dengan pabrik yang menggunakan bahan baku Guanidin nitrat. Produk Guanidin Nitrat dapat diangkut dengan truk melalui jalan pantura, sehingga memilih lokasi pabrik di cikampek merupakan keputusan yang baik karena selain terletak di seberang jalan pantura, tempat ini juga terdapat kawasan industri dan pemasaran industri lainnya yang tersebar di seluruh Indonesia.

Hal ini memudahkan pemasaran di tingkat nasional, maupun di luar negeri.

I.4.3. Ketersediaan Bahan Baku

Pabrik harus berlokasi di area yang cukup dekat dengan sumber bahan baku dan area pemasaran untuk memudahkan transportasi. Bahan baku utama yang digunakan adalah urea dan amonium nitrat. Bahan baku urea dari PT. Pupuk Kujang, Cikampek yang memproduksi 570.000 ton/tahun. Amonium nitrat diperoleh dari PT. Multi Nitrotama Kimia, Cikampek, yang memproduksi 140.000 ton/tahun. Sedangkan katalis silika yang diperoleh dari PT. Tirta Bening Mulya, Indramayu, Jawa Barat. Semua bahan baku dikirim melalui transportasi darat.

I.4.4. Tenaga Kerja

Penyediaan tenaga kerja yang berkualitas (terampil dan terdidik) untuk mengoperasikan peralatan industri harus diperhatikan. Untuk tenaga kerja, sumber tenaga kerja ini disediakan dari alumni sarjana tinggi di seluruh Indonesia dan luar negeri sesuai kebutuhan, sedangkan yang kurang berpendidikan dapat disediakan oleh penduduk sekitar dan pendatang untuk mengurangi pengangguran.

I.4.5. Kondisi Iklim

Untuk kondisi cuaca dan iklim di sekitaran lokasi pabrik cukup stabil.

I.4.6. Lingkungan dan Masyarakat

Untuk faktor undang-undang tidak menjadi masalah. Setelah studi kelayakan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL), masalah polusi atau pencemaran udara, pencemaran suara dan pencemaran air, dapat diatasi, karena lokasi pabrik ini dekat dengan kawasan industri dan beberapa pabrik besar, sehingga telah mendapat izin dari pemerintah daerah dan masyarakat sekitar juga bisa menerimanya dengan senang hati.

I.4.7. Sumber Air

Penyedia air utilitas tidak sulit dan murah dikarenakan tempat ini dekat Sungai Citarum yang tentunya bisa memenuhi kebutuhan air pada proses produksi.

I.4.8. Listrik

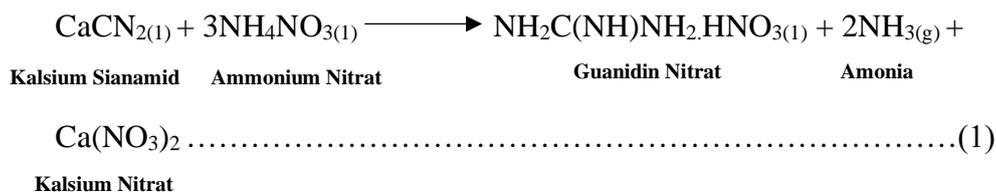
Penyedia energi listrik diperoleh dari PLN dan akses relatif dekat dengan pembangkit listrik PLN.

I.5 Tinjauan Pustaka

Guanidin Nitrat adalah senyawa organik beracun dan sangat reaktif, dalam bentuk padatan putih, larut dalam air dan alkohol. Pembuatan guanidin nitrat dapat dilakukan dengan tiga cara, yaitu:

A. Reaksi antara Kalsium Sianamid dan Ammonium Nitrat

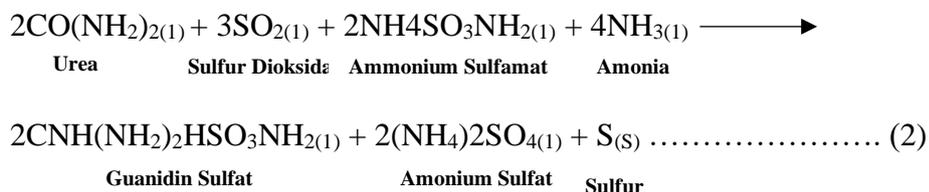
Reaksi :



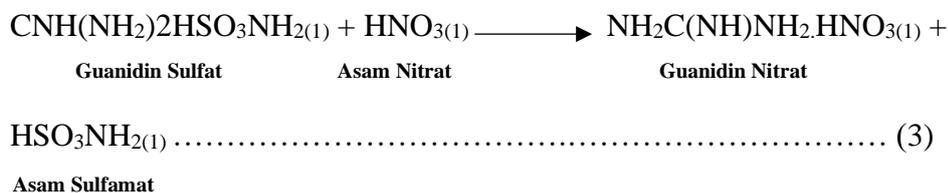
Pembentukan guanidin nitrat melalui reaksi kalsium sianamida dan amonium nitrat berlangsung antara 200 °C hingga 220 °C dan merupakan fase cair. Rasio molar kalsium sianamida dengan amonium nitrat adalah 1: 3. Waktu reaksi adalah 1 hingga 4 jam (US Paten 2,431.301 dan US Paten 2,1099.34).

B. Reaksi antara Guanidin Sulfat dan Asam Nitrat

Reaksi pertama :



Reaksi kedua :

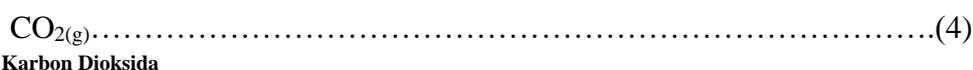
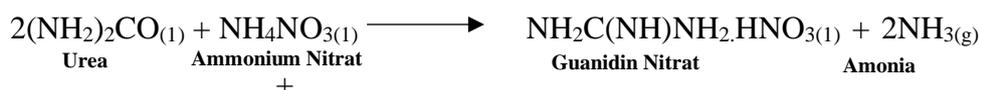


Reaksi ini berlangsung dalam 2 langkah reaksi. Reaksi pertama adalah pembentukan guanidin sulfat dari urea, sulfur dioksida, amonium sulfat dan amonia. Reaksi pertama dilakukan pada 315 °C dan konversinya yaitu 85%, dengan waktu tinggal 10 sampai 30 menit. Reaksi pertama menghasilkan

sejumlah kecil produk samping dalam bentuk produk siklik seperti melamin dan ammelin. Sedangkan reaksi kedua adalah pembentukan guanidin nitrat dari guanidin sulfat dan asam nitrat. Reaksi kedua terjadi pada suhu 50 °C dan tekanan lebih tinggi dari tekanan atmosfer. (US paten 2,895.994)

C. Reaksi antara Ammonium Nitrat dan Urea

Reaksi yang terjadi adalah :



Reaksi berlangsung dalam fasa cair dalam RATB pada suhu 190 °C. konversi adalah 88-90%. Reaksi ini menggunakan silika padat sebagai katalis.

Berdasarkan peninjauan berbagai proses pembuatan Guanidin nitrat, maka dapat dibuat matrik pemilihan proses, yang terlihat pada Tabel 1.4. (US Paten SK SINHA, US Paten 3,043.878 dan US Paten 4,390,726).

Tabel I. 5 Perbandingan Proses Pembuatan Guanidin Nitrat

Spesifikasi	Proses 1	Proses 2	Proses 3
Bahan Baku	Kalsium Sianamid & Ammonium nitrat	Guanidin Sulfat & Asam Nitrat	Ammonium Nitrat & Urea
Produk samping	Amonia & Kalsium Nitrat	Asam Sulfamat	Amonia & Karbon Dioksida
Reaktor	RATB (****)	RATB (****)	RATB (****)
Fase reaksi	CAIR (****)	CAIR (****)	CAIR (****)
Suhu	200°C – 220°C (***)	315°C (*)	190°C (****)

Tekanan	13,6 – 15,3 atm (**)	27,2 – 68 atm (*)	1 atm (****)
Katalis	Tidak ada (*)	Tidak ada (*)	Silika (****)
Konversi	90% (****)	85% (***)	88-90% (****)
Nilai	18	14	24

Keterangan:

(*) = Kurang

(***) = Baik

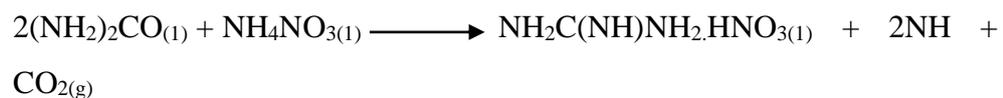
(**) = Cukup

(****) = Sangat Baik

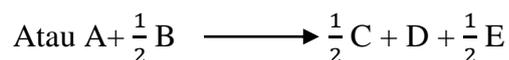
Berdasarkan matriks pemilihan proses maka dipilih pembuatan guanidin nitrat dari amonium nitrat yang direaksikan dengan urea karena dari aspek teknis, reaksi ketiga lebih aman dan murah karena bekerja pada suhu yang lebih rendah.

I.6 Tinjauan Kinetika

Menurut Sinha Chaudhuri dan Das (1963), reaksi pembentukan Guanidin nitrat dari urea dan ammonium nitrat :



Atau dimisalkan :



mengikuti model persamaan kinetika orde satu (untuk urea, A) pada rentang temperature/suhu 150°C - 200°C, dimana: $r = kCA$

Ketergantungan nilai k pada temperatur (T) didekati dengan persamaan Arrhenius

yang diperoleh dari data eksperimen pada Tabel 2 (Sinha dkk, 1963):

no	T (oC)	T (Kelvin)	k(1/menit)	y= ln k	x= 1/T	x2	x.y	y hitung	k(1/menit)
1	150	423	0,0006954	-7,27102334	0,00236407	5,5888E-06	-0,017189179	-7,306785393	0,00067097
2	160	433	0,001781	-6,33058028	0,00230947	5,3336E-06	-0,014620279	-6,394753301	0,001670298
3	170	443	0,0039273	-5,53980311	0,00225734	5,0956E-06	-0,012505197	-5,523896472	0,00399027
4	180	453	0,007616	-4,87750398	0,00220751	4,8731E-06	-0,010767119	-4,691488068	0,009173026
5	185	458	0,01227	-4,40059802	0,00218341	4,7673E-06	-0,009608292	-4,288915009	0,013719803
6	190	463	0,02315	-3,7657605	0,00215983	4,6649E-06	-0,008133391	-3,895036831	0,020342625
7	200	473	0,04746	-3,04786803	0,00211417	4,4697E-06	-0,006443696	-3,132262179	0,043619012
Σ				-35,2331373	0,01559578	3,4793E-05	-0,079267153		

Persamaan Arrhenius:

$$K = A \exp\left(-\frac{Ea}{RT}\right)$$

Linierisasi menjadi:

$$\ln K = \ln A - \frac{Ea}{RT} \frac{1}{T}$$

$$Y = a + b \frac{1}{T}$$

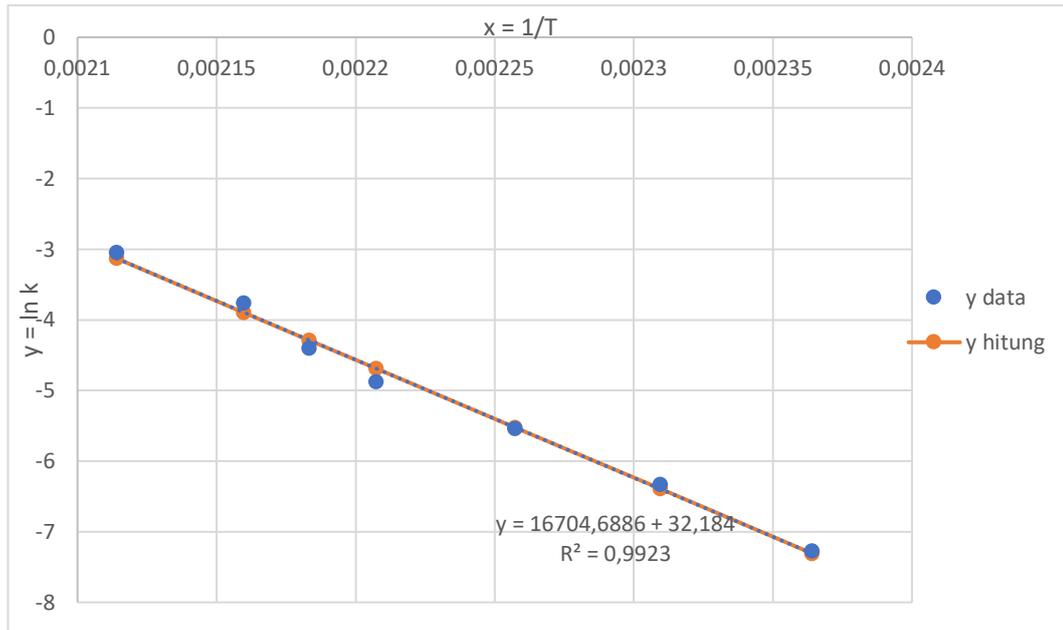
Dimana:

$$A = \ln A$$

$$A = \exp(a)$$

$$b = -\frac{Ea}{R}$$

$$Ea = -b.R$$



Gambar I. 3 Grafik Hubungan Y data dengan Y hitung

$$A = \exp(a)$$

$$= \exp(32,18420421)$$

$$= 9,49341 \times 10^{13} \text{ l/menit}$$

$$b = -\frac{Ea}{R}$$

$$Ea = -b.R$$

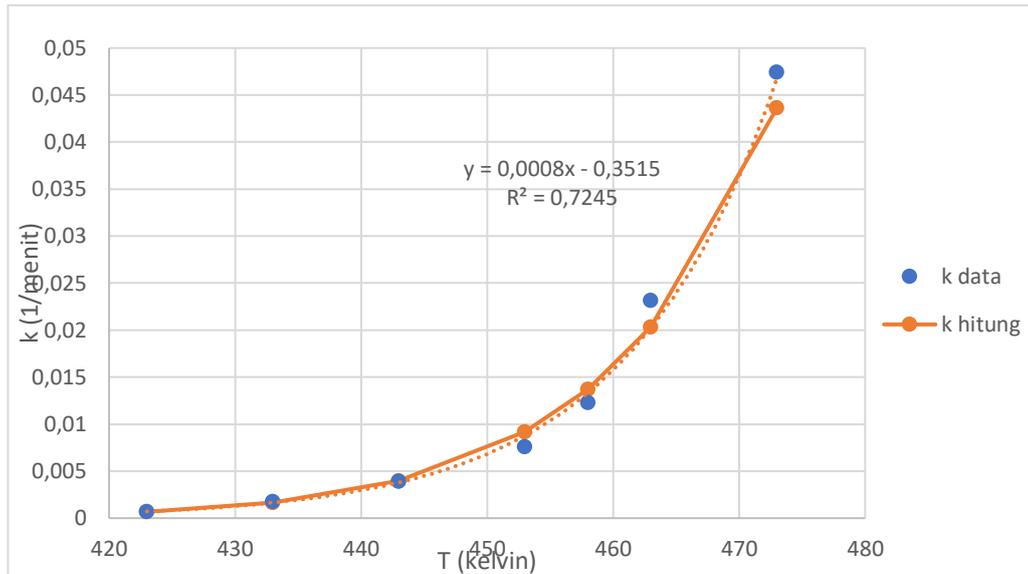
$$= 16704,6886 \times 8,314$$

$$= 138882,781 \text{ kJ/mol}$$

$$k = 9,49341 \times 10^{13} \exp\left(\frac{-16704,6886}{T}\right) \left(\frac{1}{\text{menit}}\right)$$

Pada suhu 190°C, maka

$$k = 9,49341 \times 10^{13} \exp\left(\frac{-16704,6886}{463}\right) = 0,020342625 \left(\frac{1}{\text{menit}}\right)$$



Gambar I. 4 Grafik Hubungan antara Suhu dengan Konstanta Laju Reaksi

I.7 Tinjauan Termodinamika

Reaksi :



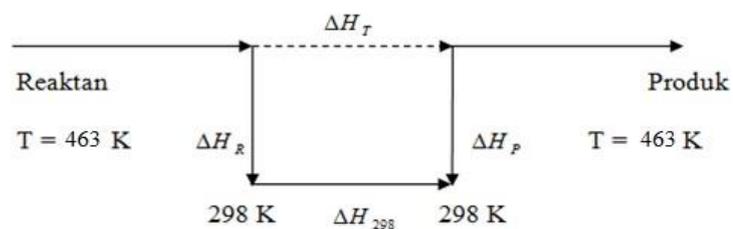
Fasa reaktan : Cair

Suhu reaksi : 190°C

Jenis katalis : Silika

Fasa katalis : padat

Tekanan : 1 atm



Tabel I. 6 Enthalpy of Formation Reaktan dan Produk

Senyawa	$\Delta H_f^0(298)$ (kJ/mol)
Urea	-333,6
Ammonium Nitrat	-365,6
Guanidin Nitrat	-389,112

Amonia	-45,898
Karbon Dioksida	-393,52

(Yaws,1999 dan Urbanski,1984)

$$\begin{aligned} \Delta H_{r(298K)}^0 &= (\sum y_i \cdot \Delta H_f^0 \text{produk} - \sum y_i \cdot \Delta H_f^0 \text{reaktan}) \\ &= [\Delta H_f^0 \text{NH}_2\text{C}(\text{NH})\text{NH}_2 \cdot \text{HNO}_3 + 2 \cdot \Delta H_f^0 \text{NH}_3 + \Delta H_f^0 \text{CO}_2] - \\ &\quad [2 \cdot \Delta H_f^0 (\text{NH}_2)_2\text{CO} + \Delta H_f^0 \text{NH}_4\text{NO}_3] \\ &= [-389,112 + 2 \cdot (-45,898) + (-393,52)] - [2 \cdot (-333,6) + \\ &\quad (-365,6)] \text{kJ/mol} \\ &= 158,372 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari perhitungan diatas adalah harga ΔH_{298}^0 menunjukkan harga yang positif, maka reaksi merupakan reaksi endotermis.

Konstanta kesetimbangan:

$$\Delta G = -RT \ln K$$

$$R = 8,314 \cdot 10^{-3} \text{ kJ/mol.K}$$

Tabel I. 7 Energi Gibbs Bahan Reaktan dan Produk

Senyawa	$\Delta G_f^0(298)$ (kJ/mol)
Urea	-197,150
Ammonium Nitrat	-183,9
Guanidin Nitrat	-7,436
Amonia	-16,401
Karbon Dioksida	-394,41

(Yaws,1999)

$$\begin{aligned} \Delta G_{(298K)} &= \sum y_i \cdot \Delta G_f^0 \text{produk} - \sum y_i \cdot \Delta G_f^0 \text{reaktan} \\ &= [(-7,436 + (-2 \times 16,401) + (-394,41))] - [(2 \times -197,150) \\ &\quad + (-183,9)] \\ &= 43,552 \text{ kJ/mol.} \end{aligned}$$

$$\ln K_{298} = \frac{\Delta G}{-RT}$$

$$\ln K_{298} = \frac{43,552 \text{ kJ/mol}}{\frac{(-0,008314) \text{ kJ}}{\text{mol.K}} (298 \text{ K})} = -17,579$$

*Nilai K pada suhu 190°C = 463 K

$$d \ln K = \frac{\Delta HR}{RT^2} dT \quad (\text{Smith, 1987})$$

$$\int_{\ln K_{298}}^{\ln K_{463}} d \ln K = \int_{298}^{463} \frac{\Delta HR}{RT^2} dT$$

$$\ln \frac{K(463)}{K(298)} = \frac{\Delta H(298)}{R} \left(\frac{1}{463} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln \left(\frac{K(463)}{K(298)} \right) = \frac{158,372}{-0,008314} \left(\frac{1}{463} - \frac{1}{298} \right)$$

$$\ln K_{(463)} - \ln K_{(298)} = 22,7801$$

$$\ln K_{(463)} - (-17,579) = 22,7801$$

$$K_{(463)} = 181,47175$$

$$*\Delta G_{(463 \text{ k})} = -RT \ln K$$

$$= \left(\frac{(-0,008314) \text{ kJ}}{\text{mol.K}} \times (463 \text{ k}) \times (181,47175) \right)$$

$$= -698,55408 \text{ kJ/mol.}$$

Dari perhitungan diperoleh ΔG° di suhu 463°K yang nilainya negatif (-), yang menunjukkan bahwa reaksi dapat berlangsung pada suhu 463°K. Dari hasil yang diperoleh dapat diketahui bahwa harga K bernilai positif ($K > 1$), reaksi kesetimbangan cenderung ke arah produk. Sehingga konsentrasi produk lebih besar dari konsentrasi reaktan pada kesetimbangan. Di bawah ini adalah Tabel 1.7. nilai yang layak ΔG° :

Tabel I. 8 Nilai kelayakan ΔG°

ΔG° (kJ/mol)	Tingkat Kelayakan
$\Delta G^\circ < 0$	Sangat layak

$0 < \Delta G^\circ < 50$	Layak
$\Delta G^\circ > 50$	Tidak layak

(Yaws,1999)

ΔG_{343} bernilai $-698,55408$ kJ/mol, sehingga reaksi sangat layak berlangsung dan reaksi berlangsung secara spontan.