

INTISARI

2-Methylacetonitril merupakan produk yang digunakan untuk pembuatan α -metakrilat, dan metakrilat. Selain itu 2-Methylacetonitril juga digunakan dalam produksi akrilat, poliakrilat, dan resin sintesis serta sebagai senyawa perantara dalam industri farmasi, pembuatan insektisida, dan pewangi atau parfum. Terdapat banyak industri kimia yang ada di Indonesia menggunakan 2-Methylacetonitril sebagai salah satu bahan pembantu namun produsen 2-Methylacetonitril di Indonesia belum mampu memenuhi kebutuhan pasar yang terus meningkat tiap tahunnya. Pabrik 2-Methylacetonitril dari Propanon dan Hidrogen Sianida dengan katalis Natrium Hidroksida dirancang dengan kapasitas 50.000 ton/tahun yang bekerja selama 330 hari dalam 1 tahun. Bahan baku Hidrogen Sianida diperoleh dari AnQore Smart chemicals di Belanda, Propanon diperoleh dari PT. Graha Jaya Pratama Kinerja, Jakarta Barat, dan Natrium Hidroksida akan dipenuhi dari PT. Asahimas di Cilegon. Pabrik direncanakan akan didirikan di Kawasan Industri Cilegon, Provinsi Banten, dengan luas tanah sebesar 44.300 m² dengan jumlah karyawan sebanyak 203 orang.

Proses pembuatan 2-Methylacetonitril dilakukan dengan cara mereaksikan Hidrogen Sianida dan Propanon dengan katalis Natrium Hidroksida dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan konversi 85% pada suhu 20°C dan tekanan 2 atm. Reaksi berjalan secara eksotermis sehingga perlu menggunakan pendingin, pendingin yang digunakan adalah ammonia. Hasil keluaran reaktor dialirkan menuju flash drum untuk memisahkan Hidrogen Sianida dan Propanon dari 2-Methylacetonitril, Natrium Hidroksida, dan Air. Hasil atas Flash Drum berupa Hidrogen Sianida dan Propanon dialirkan menuju Reaktor kemudian hasil bawahnya berupa 2-Methylacetonitril, Natrium Hidroksida, dan Air dialirkan menuju Netralizer. Pada Netralizer NaOH akan dinetralkan menggunakan Asam Sulfat sehingga terbentuk Natrium Sulfat. Hasil keluaran Netralizer kemudian dialirkan menuju Centrifuge untuk memisahkan padatan natrium sulfat dari campuran. fraksi berat pada Centrifuge akan dialirkan menuju Unit Pengolahan Lanjut (UPL) sedangkan hasil bawahnya dialirkan menuju Stripper untuk mendapatkan kemurnian 2-Methylacetonitril 99%. Hasil bawah Stripper merupakan produk utama dengan kemurnian mencapai 99% yang disimpan pada tangki penyimpanan. Hasil atas Stripper akan diumpungkan menuju Unit Pengolahan Lanjut (UPL).

Untuk mendukung jalannya proses produksi dan operasional pabrik, pabrik membutuhkan unit penunjang yang terdiri dari air sebanyak 412672,2010 kg/jam, air make-up 22981,123 kg/jam, ammonia sebanyak 1028,448 kg/jam, steam saturated sebanyak 5416,3616 kg/jam, listrik sebesar 254 kW yang diperoleh dari PT.PLN, sedangkan untuk cadangan digunakan generator dengan daya sebesar 300 kW. Bahan bakar boiler dan generator diperoleh dari PT. Pertamina sebanyak 0,3517 m³/jam.

Pabrik ini membutuhkan Fixed Capital Rp 417,397,287,934 + \$18,834,260.87 dan Working Capital \$ 4,860,673.95. Analisis ekonomi pabrik 2-Methylacetonitril ini menunjukkan nilai ROI sebelum pajak sebesar 34,70% dan ROI setelah pajak sebesar 29,50%. Nilai POT sebelum pajak adalah 2,24 tahun dan POT setelah pajak adalah 2,53 tahun. DCF rate sebesar 34,3%. BEP sebesar 41,26% dan SDP sebesar 16,81%. Berdasarkan data analisis ekonomi dan secara teknis, maka pabrik 2-Methylacetonitril untuk dikaji lebih lanjut.

Kata kunci: *2-Methylacetonitril, Propanon, Hidrogen Sianida, Reaktor Alir Tangki Berpengaduk.*



SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA 2-METHYLLACTONITRILE
DARI PROPANON DAN HIDROGEN SIANIDA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara berkembang, saat ini sedang banyak melaksanakan pembangunan di berbagai bidang, terutama bidang industri. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya pabrik kimia yang bertambah di Indonesia. Perkembangan industri di Indonesia sangat berpengaruh pada ketahanan ekonomi Indonesia yang akan menghadapi persaingan di pasar bebas nanti. Dari berbagai macam bidang industri, industri di bidang kimia merupakan salah satu yang sangat penting. Untuk itu, perlu dibangun industri yang menghasilkan produk bahan kimia yang dapat bersaing di pasaran Internasional.

Bahan kimia yang belum diproduksi di Indonesia salah satunya adalah *2-Methylactonitrile* atau yang lebih dikenal sebagai aseton sianohidrin. *2-Methylactonitrile* yang memiliki rumus kimia C_4H_7NO (nama IUPAC: 2-Hydroxy-2-methylpropanenitrile) merupakan senyawa organik golongan nitril, alifatik, dan hidroksil. *2-Methylactonitrile* berwujud cairan berwarna bening sampai kekuningan, jernih, dan larut dalam air. Senyawa ini memiliki kegunaan yaitu sebagai bahan untuk pembuatan *α -methacrylic acid*, dan *methyl methacrylate*. Selain itu *2-Methylactonitrile* juga digunakan dalam produksi *acrylic esters*, *polyacrylic plastics*, dan resin sintesis serta sebagai senyawa intermediet dalam industri farmasi, pembuatan insektisida, dan pewangi atau parfum.

Pabrik *2-Methylactonitrile* sendiri belum ada di Indonesia, sedangkan kebutuhan terhadap senyawa ini cukup tinggi baik di Indonesia maupun luar negeri. Ketersediaan bahan baku berupa propanon, natrium hidroksida, dan asam sulfat tersedia di dalam negeri, dari berbagai pabrik kimia di Indonesia. Adapun bahan baku hidrogen sianida dapat diimpor dari negara produsen di luar negeri. Pendirian pabrik *2-Methylactonitrile* memiliki prospek yang baik



SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA 2-METHYLLACTONITRILE
DARI PROPANON DAN HIDROGEN SIANIDA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

untuk saat ini dan masa mendatang. Diharapkan pabrik *2-Methylactonitrile* dari propanon dan hidrogen sianida dapat memenuhi kebutuhan nasional dan menjadi komoditas ekspor yang dapat menambah devisa negara serta membuka lapangan pekerjaan yang dapat mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia.

1.2 Prospek Pasar

2-Methylactonitrile merupakan senyawa yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan produk lain. Produk yang dibuat dari bahan *2-Methylactonitrile* termasuk dalam *commodity product* seperti berbagai jenis polimer, misalnya berupa PMMA; dan *specialty product* dalam hal ini dapat berupa produk farmasi ataupun berupa pewangi dan parfum. Oleh karena itu, *2-Methylactonitrile* akan selalu dibutuhkan dan memiliki nilai yang cukup tinggi. Maka dapat diprediksi bahwa jumlah konsumsi *2-Methylactonitrile* akan terus meningkat bahkan hingga tahun-tahun yang akan datang.

Data mengenai impor *2-Methylactonitrile* di Indonesia berdasarkan data Badan Pusat Statistik dari tahun 2017-2021.

Tabel 1 1 Data Impor *2-Methylactonitrile* di Indonesia berdasarkan data Badan Pusat Statistik dari tahun 2017-2021

Tahun	Impor (Ton)
2017	18.353
2018	14.648
2019	15.766
2020	16.595
2021	18.753

(Sumber: Badan Pusat Statistik, 2021)

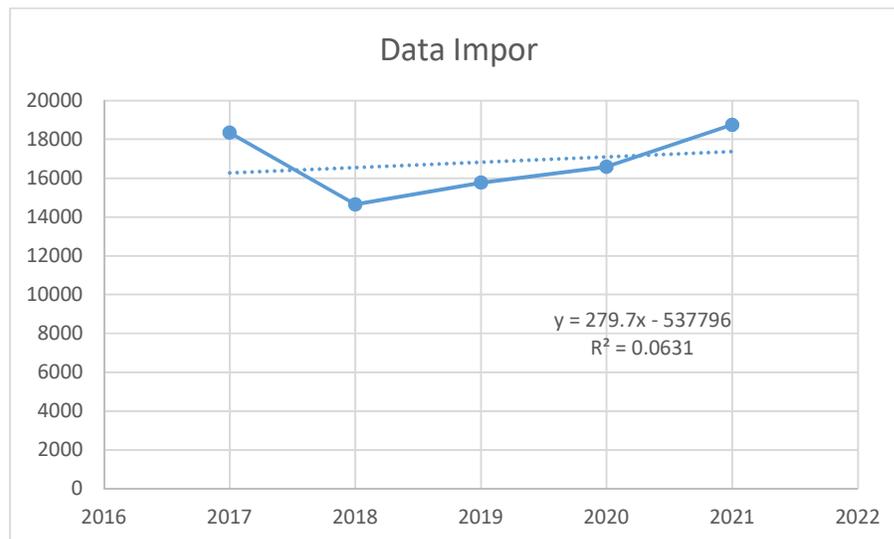
Indonesia masih mengimpor *2-Methylactonitrile* dari beberapa negara, seperti China, India, Singapura, dan Thailand. Dari tabel di atas, dapat diproyeksikan bahwa kebutuhan *2-Methylactonitrile* akan meningkat setiap tahunnya, sehingga perlu adanya upaya untuk mengurangi laju impor dengan



SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA 2-METHYLLACTONITRILE
DARI PROPANON DAN HIDROGEN SIANIDA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

cara mendirikan pabrik baru di Indonesia yang dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri yang semakin meningkat setiap tahunnya.

Kebutuhan *2-Methylactonitrile* di Indonesia mengalami peningkatan yang signifikan. Hingga kini pemenuhan kebutuhan *2-Methylactonitrile* dalam negeri masih dengan melakukan impor dari beberapa negara. Berdasarkan data impor *2-Methylactonitrile* yang diperoleh dari Biro Pusat Statistik (BPS) di Indonesia dari tahun 2017 hingga tahun 2021, proyeksi kebutuhan *2-Methylactonitril* akan semakin meningkat. Hal ini dapat diamati dari tabel 1.1 Data impor *2-Methylactonitrile* di Indonesia berdasarkan data Badan Pusat Statistik dari tahun 2017-2021, pada sub bab data ekspor – impor. Dari tabel tersebut dapat diperoleh grafik jumlah kebutuhan *2-Methylactonitrile* tiap tahun, sebagai berikut:



Gambar 1. 1 Jumlah Kebutuhan 2-Methylactonitrile di Indonesia tahun 2017-2021

Dilihat dari gambar 1.1 apabila pabrik direncanakan berdiri pada tahun 2025 maka dengan persamaan regresi linear kebutuhan dalam negeri dapat diprediksi.



SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA 2-METHYLLACTONITRILE
DARI PROPANON DAN HIDROGEN SIANIDA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

$$y = ax + b$$

Dimana:

$$y = \text{Kapasitas produksi (ton/tahun)}$$

$$a = \text{Konstanta}$$

$$b = \text{Koefisien regresi}$$

$$x = \text{Tahun}$$

Didapat persamaan regresi linear:

$$y = 279,9 x + 537,796$$

Maka kebutuhan pada tahun 2025:

$$y = 279,9 (2025) + 537,796$$

$$= 28.596 \text{ ton/tahun}$$

Pertimbangan lain adalah data kapasitas produksi *2-Methylactonitrile* di beberapa negara, yang disajikan pada tabel 1.2 sebagai berikut:

Tabel 1 2 Data Produsen 2-Methylactonitrile di Berbagai Negara.

Negara	Kapasitas (ton/tahun)
China	125.822
India	25.767
Singapura	2.976
Thailans	1.069

(Sumber: www.icis.com)

Kebutuhan *2-Methylactonitrile* hingga saat ini masih mengandalkan impor dari negara lain. Dengan mempertimbangkan pabrik yang telah ada maka dipilih kapasitas pabrik 50.000 ton/tahun agar dapat mencukupi kebutuhan dalam negeri dan memenuhi pasar luar negeri.

1.3 Sasaran Pasar

Sasaran pasar utama didirikannya pabrik *2-Methylactonitrile* ialah untuk memenuhi kebutuhan pabrik metil metakrilat, asam metakrilat, industry farmasi, atau industri insektisida. Selain untuk memenuhi kebutuhan



SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA 2-METHYLLACTONITRILE
DARI PROPANON DAN HIDROGEN SIANIDA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

di dalam negeri, diharapkan produk *2-Methylactonitrile* dapat diekspor ke negara-negara Asia. Sehingga devisa negara dapat meningkat dan memenuhi kebutuhan negara-negara yang membutuhkan *2-Methylactonitrile*.

Pabrik *2-Methylactonitrile* akan didirikan dekat dengan sumber bahan baku dan mudah untuk pemasarannya seperti di Cilegon, Banten. Pemilihan lokasi di daerah Cilegon ini sangat mendukung pemasaran produk *2-Methylactonitrile*, karena pabrik yang akan didirikan berada di dalam kawasan industri serta memiliki sarana transportasi yang sangat mendukung. Sarana transportasi darat, udara, dan laut di Cilegon terpenuhi dengan adanya jalan tol, Bandara, serta Pelabuhan Merak.

1.4 Lokasi Pabrik

Lokasi pabrik sangat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup suatu pabrik, maka dalam menentukan tempat berdirinya pabrik tersebut perlu didasarkan pada perhitungan yang matang sehingga menguntungkan perusahaan baik dari segi teknis maupun segi ekonominya.

Lokasi yang dipilih untuk pabrik *2-Methylactonitrile* adalah Kawasan Industri Cilegon, Banten. Pendirian pabrik di lokasi ini diharapkan dapat memberikan keuntungan sebesar-besarnya. Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam pendirian pabrik *2-Methylactonitrile* ini antara lain, yaitu pengadaan bahan baku, pemasaran, letak daerah, tenaga kerja, tenaga ahli, sarana transportasi, faktor geografi, dan peraturan perundang-undangan.

Bahan baku pabrik *2-Methylactonitrile*, yaitu propanon akan dipenuhi dari PT. Graha Jaya Pratama Kinerja, Jakarta Barat serta bahan baku hidrogen sianida akan diperoleh dari *AnQore Smart chemicals* di Belanda. Katalis Natrium Hidroksida akan diperoleh dari PT. Asahimas di Cilegon, Banten dan Asam Sulfat diperoleh dari PT. *Indonesian Acids Industry* yang berada di Jakarta Timur.

Pemasaran *2-Methylactonitrile* ditujukan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri terutama industri-industri yang berada di Cilegon. Kawasan Industri Cilegon memiliki fasilitas-fasilitas penunjang seperti pelabuhan,



SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA 2-METHYLLACTONITRILE
DARI PROPANON DAN HIDROGEN SIANIDA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

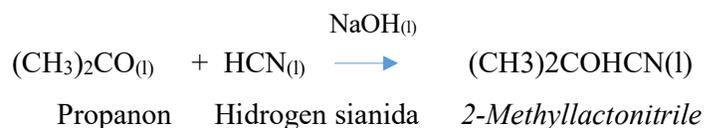
listrik, air, bahan bakar, dan dekat dengan jalan raya. Sarana transportasi darat, udara, dan laut di Cilegon terpenuhi dengan adanya jalan tol serta Pelabuhan Merak. Tenaga kerja dapat terpenuhi dengan mudah mengingat Cilegon merupakan wilayah industri. Berdasarkan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kota Cilegon menunjukkan bahwa jumlah pengangguran pada usia produktif sebanyak 5,86 % dari total penduduknya, yang setara dengan 4,15 jiwa (BPS, 2018a dan BPS, 2018b). Mengingat pabrik ini akan didirikan di dalam kawasan industri, sehingga perizinan dari masyarakat setempat dan Pemerintah tidak menjadi persoalan. Keadaan iklim dan cuaca di Cilegon umumnya baik dengan musim penghujan antara Bulan November hingga April, sedangkan musim kemarau terjadi antara Bulan Mei hingga Oktober. Wilayah Cilegon memiliki temperatur udara antara 26°C hingga 32°C.

1.5 Tinjauan Pustaka

a. Tinjauan Proses

Dalam pembuatan *2-Methylactonitrile* terdapat beberapa proses antara lain :

1. Reaksi Propanon dengan Hidrogen Sianida



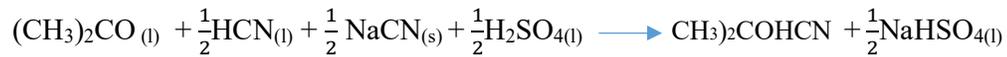
Proses produksi ini terbentuk dari reaksi antara propanon dan hidrogen sianida yang akan membentuk *2-Methylactonitrile* dengan katalis Natrium Hidroksida 1% dari umpan bahan baku. Reaksi ini dilakukan dalam Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) dengan tekanan 1 atm dan suhu 20 °C dengan konversi 90% - 97%.

(US3700718)



SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA 2-METHYLLACTONITRILE
DARI PROPANON DAN HIDROGEN SIANIDA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

2. Reaksi Propanon dengan Hidrogen Sianida dan penambahan natrium sianida



Proses produksi ini terbentuk dari reaksi antara propanon dan hidrogen sianida dengan penambahan natrium sianida serta asam sulfat. Proses ini menghasilkan nilai konversi 95% dan direaksikan pada kondisi tekanan 2 atm dan suhu 50 °C.

(US 20030233007A1)

b. Pemilihan Proses

1. Aspek Ekonomis

Pemilihan proses dapat ditinjau secara ekonomis, yaitu dengan cara menghitung potensial ekonomi (PE) masing-masing proses.

$$\text{PE} = (\text{Value of product}) - (\text{Raw Material Cost})$$

Tabel 1 3 Harga Bahan Baku dan Produk.

Material	BM (kg/kmol)	Harga (US/kg)	BM x Harga (US/kg)
(CH ₃) ₂ CO	58	0,78	45,24
HCN	27	0,9	24,3
CH ₃) ₂ COHCN	85	1,76	149,6
NaOH	40	0,6	24
H ₂ SO ₄	98	0,3	58,8
NaCN	49	0,6	29,4
NaHSO ₄	121	0,3	36,3

(Sumber: www.alibaba.com)

*harga H₂O diabaikan

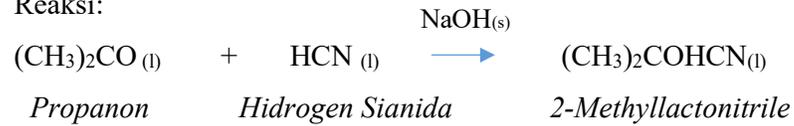
Berikut merupakan perhitungan potensial ekonomi pada masing-masing proses:



SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA 2-METHYLLACTONITRILE
DARI PROPANON DAN HIDROGEN SIANIDA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

i. Proses reaksi propanon dengan hidrogen sianida

Reaksi:



$$\text{PE} = (\text{BM} \times \text{Harga})_{\text{produk}} - (\text{BM} \times \text{Harga})_{\text{reaktan}}$$

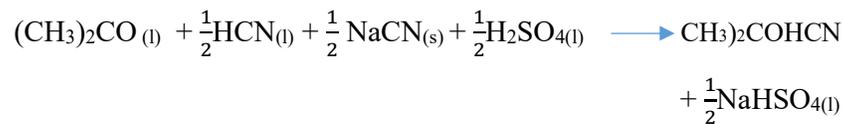
$$\text{PE} = \text{US \$ } [149,6 - (45,24 + 24,3)] / \text{kmol}$$

$$= \text{US \$ } 149,6 - 69,54$$

$$= \text{US \$ } 128,66 / \text{kmol}$$

ii. Proses reaksi propanon dengan hidrogen sianida dan penambahan natrium sianida

Reaksi:



$$\text{PE} = (\text{BM} \times \text{Harga})_{\text{produk}} - (\text{BM} \times \text{Harga})_{\text{reaktan}}$$

$$\text{PE} = \text{US \$ } [(149,6 + 36,3) - (45,24 + 24,3 + 29,4 + 58,8)] / \text{kmol}$$

$$= \text{US \$ } 185,9 - 157,74 / \text{kmol}$$

$$= \text{US \$ } 28,16 / \text{kmol}$$



SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA 2-METHYLLACTONITRILE
DARI PROPANON DAN HIDROGEN SIANIDA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

2. Aspek Teknis

Berdasarkan peninjauan berbagai proses pembuatan 2-Methylactonitrile, maka dapat dibuat matrik pemilihan proses pada tabel dibawah ini.

Tabel 1 4 Perbandingan Proses Pembuatan 2-Methylactonitrile

Parameter	Proses 1 Propanon dengan Hidrogen Sianida	Proses 2 Propanon dengan natrium sianida
Fase	Cair-cair ***	Cair-cair ***
Tekanan	1 atm ***	2 atm **
Suhu Operasi (°C)	20 **	50 ***
Reaktor	RATB ***	RATB ***
Konversi	90 - 97%***	95%***
Potensial Ekonomi	182,7 US\$***	143,40 US\$*
Jumlah	17	15

Keterangan:

(*) = Cukup

(**) = Baik

(***) = Sangat Baik

Kedua proses diatas telah terbukti dapat menghasilkan 2-Methylactonitrile. Berdasarkan tinjauan secara potensial ekonomi dan teknis, maka dipilih proses produksi 2-Methylactonitrile dari Propanon dan Hidrogen Sianida. Namun, atas dasar beberapa pertimbangan maka proses 1 dipilih pada perancangan pabrik 2-Methylactonitrile. Beberapa pertimbangan tersebut antara lain :

- 1) Aspek ekonomi yaitu harga bahan baku lebih rendah
- 2) Ditinjau dari segi teknis bahwa proses 1 merupakan proses yang lebih baik hal ini ditunjukkan pada jumlah bintang pada proses 1 lebih banyak.

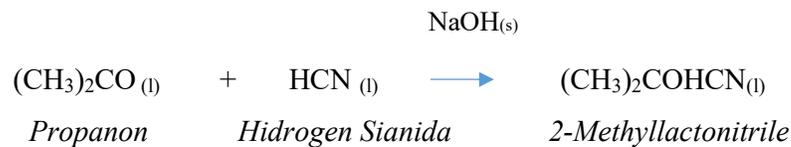


SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA 2-METHYLLACTONITRILE
DARI PROPANON DAN HIDROGEN SIANIDA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

c. Tinjauan Termodinamika

Tujuan dari tinjauan termodinamika adalah untuk mengetahui apakah reaksi dapat berjalan secara spontan atau tidak serta untuk mengetahui apakah reaksi tersebut bersifat endotermis atau eksotermis dilihat dari perhitungan energi Gibbs dan panas reaksi.

Reaksi:



Reaksi:

Fase reaktan	: Cair-cair
Jenis katalis	: Natrium Hidroksida (NaOH)
Fase katalis	: Padat
Suhu	: 20°C
Tekanan	: 2 atm

- Menghitung energi gibbs

Untuk mengetahui reaksi berjalan spontan atau tidak spontan dapat diketahui melalui perhitungan energi gibbs pada $T = 298^\circ\text{K}$ dan $P = 1 \text{ atm}$.

Mencari $\Delta G^\circ_{\text{standar}}$:

$$\Delta G = -R.T. \ln K$$

Dimana :

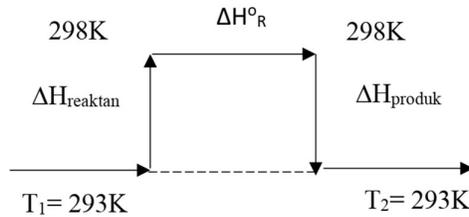
ΔG	= Energi gibbs (kjoule/mol)
R	= Tetapan gas umum (8,314 joule/mol.K)
T	= Suhu reaksi, (K)
K	= Konstanta keseimbangan

(Levenspiel, 1999)



SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA 2-METHYLLACTONITRILE
DARI PROPANON DAN HIDROGEN SIANIDA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

Menentukan Enthalpy reaksi :



Tabel 1 5 Data energi pembentukan Standar (ΔG°_{298})

Nama	ΔG_f° (kJ/mol)
(CH ₃) ₂ CO	-152,6
HCN	124,4
(CH ₃) ₂ COHCN	-30,97

$$\begin{aligned}\Delta G^\circ_{\text{standar}} &= \Delta G^\circ_{298} \text{ produk} - \Delta G^\circ_{298} \text{ reaktan} \\ &= [(-30,97) - (-152,6) + (124,4)] \\ &= -30,97 \text{ kJ/mol} - (-28,2) \text{ kJ/mol} \\ &= -2,77 \text{ kJ/mol} \\ &= -2770 \text{ J/mol}\end{aligned}$$

Dari perhitungan diperoleh hasil ΔG°_{298} bernilai negatif sehingga ΔG°_{298} akan bernilai negatif. ΔG°_{298} bernilai negatif (<0), sehingga reaksi berlangsung secara spontan.

- Menghitung panas Pembentukan Pada suhu 298 K
Reaksi pembentukan 2-Methylactonitrile jika ditinjau secara termodinamika, dengan harga nilai ΔH_f (panas pembentukan) untuk tiap komponen ditunjukkan dalam tabel.



SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA 2-METHYLLACTONITRILE
DARI PROPANON DAN HIDROGEN SIANIDA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

Tabel 1 6 Data panas pembentukan standar pada suhu 25°C

Nama	ΔH°_f (kJ/mol)
(CH ₃) ₂ CO	-217,57
HCN	130,1
(CH ₃) ₂ COHCN	-133

Sumber : (Yaws)

Mencari $\Delta H_{\text{standar}}$

$$\begin{aligned}\Delta H_r^{\circ} &= \Delta H^{\circ}_f \text{ produk} - \Delta H^{\circ}_f \text{ reaktan} \\ &= [(-133) - (-217,57) + (130,1)] \\ &= -45,53 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

ΔH_r° = bernilai negatif maka reaksi eksotermis

ΔH_r° = bernilai positif maka reaksi endotermis

Reaksi berlangsung secara eksotermis, hal ini dibuktikan dengan nilai ΔH_r yang diperoleh bernilai negative sehingga reaksi melepaskan panas.

Untuk mengetahui arah reaksi yang terjadi pada kondisi T= 293°K, dapat diketahui dengan cara menghitung konstanta kesetimbangan reaksi tersebut.

Mencari nilai K_{298} :

Keterangan :

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

$$T = 298^{\circ}\text{K}$$

K = konstanta keseimbangan

Sehingga,

$$\begin{aligned}K_{298} &= \exp\left(\frac{-\Delta G^{\circ}_{\text{standar}}}{R \cdot T}\right) \\ &= \exp\left(\frac{-(-277 \frac{\text{J}}{\text{mol}})}{8,314 \cdot \frac{\text{J}}{\text{mol}}\cdot\text{K} \times 298 \text{ K}}\right)\end{aligned}$$



SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA 2-METHYLLACTONITRILE
DARI PROPANON DAN HIDROGEN SIANIDA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

$$K_{298} = \exp(1,118)$$

$$K_{298} = 3,0587$$

Mencari nilai K_{293} :

Persamaan Van't Hoff

$$d(\ln K) = \frac{\Delta H^{\circ}_r}{R.T^2} dT$$

Pada kondisi operasi temperature 293 K

$$\begin{aligned} \ln \frac{K_{293}}{K_{298}} &= \frac{\Delta H^{\circ}_r}{R} \left(-\frac{1}{T_{293}} + \frac{1}{T_{298}} \right) \\ \frac{K_{293}}{K_{298}} &= \exp \left[\frac{-4,53}{8,314 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{mol} \cdot \text{K}}} \left(-\frac{1}{293} + \frac{1}{298} \right) \right] \end{aligned}$$

$$\frac{K_{293}}{3,4526} = 1,3683$$

$$K_{293} = 4,7243$$

Nilai $K_{293} \gg 1$ maka keseimbangan akan kearah kanan, dan reaksi bersifat *irreversible* (searah), sehingga diperoleh persamaan gibbs :

$$\Delta G^{\circ}_{293} = -R.T \ln K_{293}$$

$$\Delta G^{\circ}_{293} = -(8,314 \cdot 10^{-3} \text{ kJ/mol.K})(293 \text{ K})(4,7243)$$

$$\Delta G^{\circ}_{293} = -11,5085 \text{ kJ/mol}$$

Keterangan :

$$\Delta G < 0 \quad = \text{sangat layak berlangsung}$$

$$0 < \Delta G < 50 \text{ kJ/mol} \quad = \text{layak berlangsung}$$

$$\Delta G > 50 \text{ kJ/mol} \quad = \text{tidak layak berlangsung}$$

(Carl.L.Yaws, 1999)

Dari hasil perhitungan didapatkan ΔG°_{293} bernilai $-11,5085$ kJ/mol, sehingga dari keterangan dapat disimpulkan reaksi sangat layak berlangsung.

- Menghitung Panas Reaksi Keseluruhan (ΔH_{reaksi})

Mencari ΔH_{reaksi} :



SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA 2-METHYLLACTONITRILE
DARI PROPANON DAN HIDROGEN SIANIDA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

Tabel 1 7 Data Koefisien Panas Kapasitas Panas (C_p) Reaktan dan Produk

Komponen	A	B	C	D
$(\text{CH}_3)_2\text{CO}$	46,878	0,6265	-2,0761E-03	2,9583E-06
HCN	-123,155	1,7769	-5,8083E-03	6,9129E-06
$(\text{CH}_3)_2\text{COHCN}$	123,447	0,721	-1,8599E-03	2,2848E-06

Sumber : (Yaws)

Reaksi pembentukan 2-Methylactonitrile merupakan reaksi yang eksotermis. Hal tersebut dibuktikan dengan menghitung panas reaksi keseluruhan.

Menghitung ΔH Total :

$$\Delta H_{\text{total}} = \Delta H_{\text{produk}} + \Delta H_{\text{reaktan}} + \Delta H_{298}$$

Produk : $(\text{CH}_3)_2\text{COHCN}$

$$\Delta H_{\text{produk}} = \int_{298}^{353} C_p (\text{CH}_3)_2\text{COHCN} dT$$

$$\begin{aligned} \int_{298}^{293} C_p (\text{CH}_3)_2\text{COHCN} dT &= \int_{298}^{293} (A + BT + CT^2 + DT^3) dT \\ &= \left(AT + \frac{1}{2} BT^2 + \frac{1}{3} CT^3 + \frac{1}{4} DT^4 \right) \Big|_{298}^{293} \\ &= -1.151,9571 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{produk}} &= \int_{298}^{293} C_p (\text{CH}_3)_2\text{COHCN} dT \\ &= -1.151,9571 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$

Reaktan : $(\text{CH}_3)_2\text{CO}$ dan HCN

$$\Delta H_{\text{reaktan}} = \int_{293}^{298} C_p (\text{CH}_3)_2\text{CO} dT + \int_{293}^{298} C_p \text{HCN} dT$$

$$\begin{aligned} \int_{293}^{298} C_p (\text{CH}_3)_2\text{CO} dT &= \int_{293}^{298} (A + BT + CT^2 + DT^3) dT \\ &= \left(AT + \frac{1}{2} BT^2 + \frac{1}{3} CT^3 + \frac{1}{4} DT^4 \right) \Big|_{293}^{298} \\ &= 242,1351 \text{ kJ/mol} \end{aligned}$$



SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA 2-METHYLLACTONITRILE
DARI PROPANON DAN HIDROGEN SIANIDA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

$$\begin{aligned}\int_{293}^{298} C_p \text{ HCN } dT &= \int_{293}^{298} (A + BT + CT^2 + DT^3) dT \\ &= \left(AT + \frac{1}{2} BT^2 + \frac{1}{3} CT^3 + \frac{1}{4} DT^4 \right) \Big|_{293}^{298} \\ &= -593,8047 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_{reaktan} &= \int_{293}^{298} C_p (\text{CH}_3)_2\text{CO } dT + \int_{293}^{298} C_p \text{ HCN } dT \\ &= 242,1351 \text{ kJ/mol} + -593,8047 \text{ kJ/mol} \\ &= -351,6695 \text{ kJ/mol}\end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}\Delta H_{r293} &= \Delta H_r^\circ + \int_{T_{ref}}^T \sum \Delta C_{pi} dT \\ &= -45,53 \text{ kJ/mol} + -1.151,9571 \text{ kJ/mol} + -351,6695 \text{ kJ/mol}) \\ &= -398,3515 \text{ kJ/mol (eksotermis, menghasilkan panas)}\end{aligned}$$

Karena harga ΔH_{reaksi} negatif (-), maka reaksi bersifat eksotermis. Jika nilai dari ΔG° adalah negatif menunjukkan bahwa reaksi tersebut merupakan reaksi spontan, maka nilai $K > 1$. Jika nilai $K > 1$, maka reaksi akan cenderung pada terbentuknya produk dan bersifat *irreversible*.

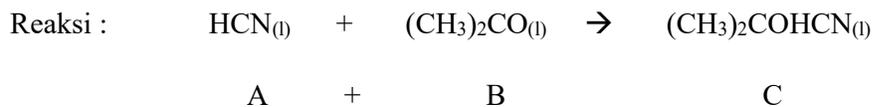


SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA 2-METHYLLACTONITRILE
DARI PROPANON DAN HIDROGEN SIANIDA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

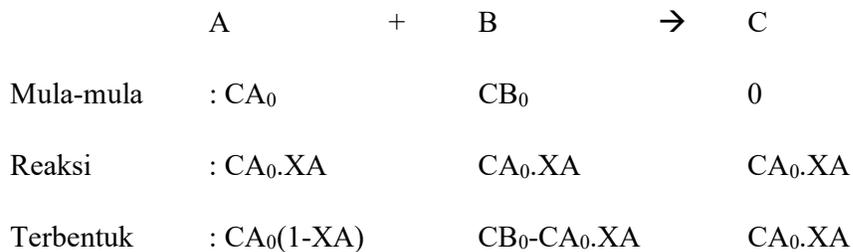
d. Tinjauan Kinetika

Kecepatan reaksi kimia sangat berhubungan dengan kinetika. Suhu, tekanan, dan konsentrasi sangat berpengaruh pada konstanta kecepatan reaksi maupun pada kecepatan reaksi.

Persamaan Reaksi



Dari segi kinetika pembentukan dari *2-Methylactonitrile* diasumsikan orde 2 sebagai berikut :



Persamaan kecepatan reaksi

$$(-r_A) = k [\text{CA}][\text{CB}]$$

Dengan :

$(-r_A)$: Laju Reaksi (kmol/l.jam)

k : Konstanta laju reaksi (l/kmol.jam)

CA : Konsentrasi komponen A saat setimbang (kmol/l)

CB : Konsentrasi komponen B saat setimbang (kmol/l)

Reaksi diatas terjadi pada kondisi operasi 20°C dengan tekanan 2 atm. Konversi yang dapat dicapai dari reaksi tersebut sebesar 85%. Perbandingan reaktan A : B = 1 : 2,1. Waktu tinggal yang terjadi pada reaksi



SKRIPSI
PRARANCANGAN PABRIK KIMIA 2-METHYLLACTONITRILE
DARI PROPANON DAN HIDROGEN SIANIDA
KAPASITAS 50.000 TON/TAHUN

tersebut selama 30 menit. Nilai dari konstanta laju reaksi (k) dapat dihitung dari data-data tersebut.