

**PRA RENCANA
PABRIK PEMBUATAN VINIL KLORIDA
KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN**



SKRIPSI

**Dibuat untuk memenuhi salah satu syarat mengikuti
Ujian Sarjana pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

OLEH :

EDO WIJAYA 03031181320047

AFTHAR RESKI 03031181320083

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN VINIL KLORIDA KAPASITAS
60.000 TON/TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat
Memperoleh gelar sarjana

Oleh :

Edo Wijaya
NIM 03031181320047
Afthar Reski
NIM 03031181320083

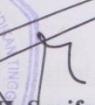
Indralaya, Januari 2018

Pembimbing


Hj. Tuty Emilia Agustina, S.T., M.T., Ph.D.
NIP 197208092000032001

Mengeahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia


Dr.Ir. H. Syaiful, DEA.

NIP 195810031986031003



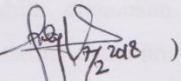
HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Pra Rencana Pabrik Pembuatan Vinil Klorida Kapasitas 60.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan **Edo Wijaya** dan **Afthar Reski** dihadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada 13 Januari 2018.

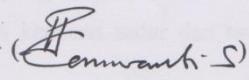
Indralaya, 13 Januari 2018

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Skripsi

1. Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.
NIP. 197502012000122001

()

2. Ir. Hj. Pamilia Coniwanti, M.T.
NIP. 195512151985032001

()

3. Dr. David Bahrin, S.T., M.T.
NIP. 198010312005011003

()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia,



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

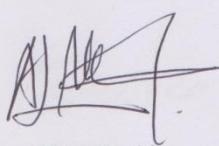
Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Afthar Reski
NIM : 03031181320083
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Vinil Klorida Kapasitas 60.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya didampingi pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsure penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, Januari 2018



Afthar Reski

NIM. 03031181320083



HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

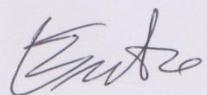
Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Edo Wijaya
NIM : 03031181320047
Judul Tugas Akhir : Pra Rencana Pabrik Pembuatan Vinil Klorida Kapasitas 60.000 Ton/Tahun
Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Kimia

Menyatakan bahwa skripsi ini merupakan hasil karya saya didampingi pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsure penjiplakan/plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Indralaya, Januari 2018



Edo Wijaya

NIM. 03031181320047



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, atas berkat, rahmat dan karunia-Nya tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Vinil Klorida Kapasitas 60.000 Ton/Tahun” dapat diselesaikan. Tugas akhir ini disusun sebagai syarat untuk menyelesaikan kurikulum akademik yang ada di Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.

Penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan selama penggerjaan tugas akhir ini, yaitu:

- 1) Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan baik secara materil maupun moril
- 2) Ibu HJ. Tuty Emilia Agustina, S.T., M.T., Ph.D, selaku dosen pembimbing tugas akhir.
- 3) Semua pihak yang telah berkontribusi hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Palembang, Desember 2017

Penulis

ABSTRAK

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN VINIL KLORIDA KAPASITAS 60.000 TON/TAHUN.

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi, 13 Januari 2018

Edo Wijaya dan Afhar Reski, Dibimbing oleh Tuty Emilia Agustina

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.

xviii + 333 halaman, 9 tabel, 7 gambar , 4 lampiran

ABSTRAK

Pabrik pembuatan Vinil Klorida berkapasitas 60.000 Ton/tahun direncanakan didirikan pada tahun 2022 berlokasi di daerah kawasan industri kota Cilegon, Provinsi Banten dengan luas area 4 Ha. Proses pembuatan Vinil Klorida ini mengacu pada WO 2016.076.959. Reaksi berlangsung pada reaktor PFR yang beroperasi pada temperatur 500°C dan tekanan reaktor 2,72 atm. Untuk membangun dan mengoperasikan pabrik ini akan didirikan perusahaan berbentuk perseroan terbatas (PT) yang dimimpin oleh direktur utama. Sistem organisasi perusahaan yang dipilih adalah *line and staff*, dengan jumlah karyawan 169 orang. Pabrik Pembuatan Vinil Klorida ini layak didirikan karena telah memenuhi persyaratan parameter ekonomi sebagai berikut:

- *Total Capital Investment (TCI)* : US \$ 124.798.182,98
- *Total Production Cost (TPC)* : US \$ 500.067.415,05
- Total penjualan per tahun (SP) : US \$ 649.436.918,57
- *Annual Cash Flow (ACF)* : US \$ 94.215.156,50
- *Pay Out Time* : 2 tahun
- *Rate of return on Investment (ROR)* : 97,91 %
- *Break Even Point (BEP)* : 38,72 %
- Service life : 11 tahun

Kata Kunci : Vinil Klorida, *Line and staff*, analisa ekonomi, dan Pabrik.
Kepustakaan : 17 (1961-2017)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN INTEGRITAS.....	iv
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Sejarah dan Perkembangan	1
1.3. Proses Pembuatan Vinil Klorida	2
1.4. Sifat Fisika dan Sifat Kimia	4
BAB II PERENCANAAN PABRIK	8
2.1. Alasan Pendirian Pabrik.....	8
2.2. Pemilihan Kapasitas	8
2.3. Pemilihan Bahan Baku	9
2.4. Pemilihan Proses	9
2.5. Uraian Proses	10
BAB III LOKASI DAN TATA LETAK PABRIK.....	14
3.1. Lokasi Pabrik	14
3.2. Tata Letak Pabrik	15
3.3. Perkirarn Luas Tanah yang Dibutuhkan.....	15

BAB IV NERACA MASSA DAN NERACA PANAS	19
4.1. Neraca Massa	19
4.2. Neraca Panas	30
BAB V UTILITAS	37
5.1. Unit Penngolahan Air (<i>Water Treatment Plant</i>)	37
5.2. Unit Penyediaan Steam	41
5.3. Unit Penyediaan Tenaga Listrik.....	41
5.4. Unit Penyediaan Bahan Bakar	43
5.5. Unit Pengadaan <i>Refrigrant</i>	44
 BAB VI SPESIFIKASI PERALATAN	45
 BAB VII ORGANISASI PERUSAHAAN.....	70
7.1. Bentuk Perusahaan	70
7.2. Struktur Organisasi	71
7.3. Tugas dan Wewenang	72
7.4. Sistem Kerja	75
7.5. Penentuan Jumlah Buruh.....	77
 BAB VIII ANALISA EKONOMI	80
8.1. Keuntungan (Profitabilitas).....	81
8.2. Lama Waktu Pengembalian Modal	82
8.3. Total Modal Akhir.....	85
8.4. Laju Pengembalian Modal	87
8.5. <i>Break Even Point</i> (BEP).....	88
 BAB IX KESIMPULAN	92
DAFTAR PUSTAKA	93
LAMPIRAN.....	94
DAFTAR NOTASI.....	334

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Kebutuhan Vinil Klorida.....	15
Tabel 5.1. Kebutuhan Air Pendingin.....	37
Tabel 5.2. Peralatan yang Menggunakan <i>Steam</i>	41
Tabel 5.3. Peralatan yang Menggunakan Tenaga Listrik.....	42
Tabel 5.4. Kebutuhan <i>Refrigerant</i> pada Alat.....	48
Tabel 7.1. Pembagian Jam Kerja Karyawan.....	76
Tabel 7.2. Perincian Jumlah Karyawan.....	79
Tabel 8.1. Angsuran Pengembalian Modal	84
Tabel 8.2. Kesimpulan Analisa Ekonomi.....	91

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1. Diagram Alir Proses Produksi Vinil Klorida.....	10
Gambar 2.2. Flowsheet Proses Pembuatan Vinil Klorida.....	13
Gambar 3.1. Lokasi Letak Pabrik dan Bahan Baku.....	16
Gambar 3.2. Lokasi Pabrik Pembuatan Vinil Klorida.....	16
Gambar 3.3. Tata Letak Pabrik.....	17
Gambar 3.4 Tata Letak Peralatan Pabrik.....	18
Gambar 8.1. Grafik <i>Break Event Point</i>	90

BAB I

PEMBAHASAN UMUM

1.1 Pendahuluan

Indonesia sebagai bagian negara-negara di dunia harus siap untuk menghadapi era perdagangan bebas yang akan segera dimulai. Saat ini bisa dikatakan Indonesia masih tertinggal dibanding negara-negara lain dalam menghadapi era tersebut. Oleh karena itu perlu dicari usaha-usaha baru agar Indonesia lebih bisa berkompetisi dengan negara-negara lain dan bukan hanya sekedar berpartisipasi. Salah satunya adalah dengan pemantapan di bidang industri kimia di Indonesia.

Pembangunan industri kimia di Indonesia sebagai bagian dari usaha pembangunan jangka panjang diarahkan untuk mencapai struktur ekonomi yang lebih kuat, yaitu struktur ekonomi dengan titik berat industri yang maju. Untuk itu, proses industrialisasi lebih dimantapkan untuk mendukung berkembangnya industri sebagai penggerak peningkatan laju pertumbuhan ekonomi dan perluasan lapangan kerja, mengurangi ketergantungan impor bahan kimia dari negara lain.

Sehubungan dengan hal tersebut diatas maka dibuatlah suatu pra rencana pabrik pembuatan Vinil Klorida. Vinil Klorida merupakan salah satu bahan industri kimia yang paling banyak dikonsumsi oleh industri kimia dalam negeri. Kebutuhan akan Vinil Klorida ini masih didatangkan dari luar negeri seperti Amerika Serikat, Saudi Arabia, Australia, dan beberapa negara Eropa.

Vinil Klorida merupakan senyawa organik dengan rumus molekul $\text{CH}_2 = \text{CHCl}$, banyak digunakan sebagai bahan baku plastik seperti pipa, *sliding, frame*, keperluan kontruksi, *magnetic tape film* dan lain sebagainya. Konsumen utama Vinil Klorida di Indonesia adalah pabrik *Poly Vinyl Chloride* (PVC).

1.2 Sejarah dan Perkembangan

Vinil Klorida Monomer pertama kali disintesa secara komersial pada tahun 1930 oleh V. Regoult melalui reaksi antara *acetylene* dengan *hydrogen chloride*. Pembuatan *Vinyl Chloride* terus berkembang sampai akhirnya pada tahun 1950

ditemukan proses *Oxychlorinasi Ethylene* yang menghasilkan 1,2 *Dichloroethane*, selanjutnya 1,2 *Dichloroethane* ini digunakan sebagai bahan baku pembuatan Vinil Klorida Monomer dengan proses *thermal cracking*. Beberapa tahun kemudian, ditemukan bahan baku pembuatan Vinil Klorida Monomer dari Ethane.

Di Indonesia, pabrik Vinil Klorida pertama didirikan oleh PT. Asahimas Chemical (ASC) pada tanggal 8 September 1986 dan mulai beroperasi pada bulan Juni tahun 1989. Pabrik tersebut sampai sekarang berproduksi mencapai 70 % dari kebutuhan di Indonesia. Proses yang digunakan adalah proses *intermediate* (proses pembuatan 1,2 *Dichloroethane* dan dilanjutkan dengan proses VCM).

1.3 Proses Pembuatan Vinil Klorida

Proses pembuatan Vinil klorida secara garis besar dalam skala industri dikenal ada beberapa proses, diantaranya:

1.3.1 Hydrochlorinasi Acetylene

Pada proses ini menggunakan *acetylene* dan *hydrogen chloride* sebagai bahan baku.

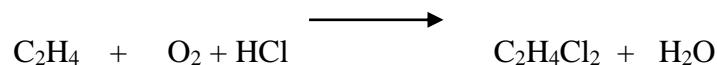


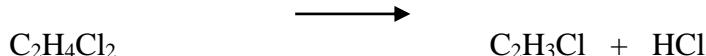
Acetylene yang sebelumnya dibebaskan dari komponen yang dapat merusak katalis, seperti sulfur dimasukkan ke dalam reaktor *fixed bed* dengan katalis *Mercury (II) Chloride*. Kondisi operasi reaktor pada temperatur 100-250 °C dari tekanan 0,1 – 0,3 Mpa pada waktu kontak 0,1 - 1 detik.

Gas yang keluar reaktor dikompres dan dialirkan ke tower pertama. Sebagian besar Vinil kolrida dialirkan sebagai liquid dari *bottom tower* dan sebagian lagi dilewatkan melalui *top tower* berupa HCl, C₂H₂ dan C₂H₃Cl yang *direcycle* ke reaktor. Produk dari tower pertama dialirkan ke tower kedua untuk pemurnian produk yang diinginkan berupa Vinil Klorida.

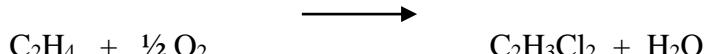
1.3.2 Proses Oxyrochlorinasi Ethylene (OHC)

Reaksi:





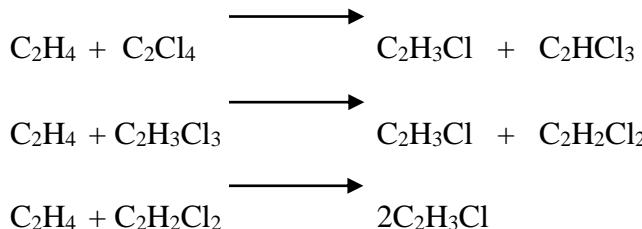
Overall Reaksi:



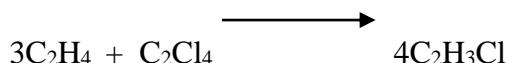
Proses *oxychlorinasi* ini menggunakan *Ethilen*, HCl dan O₂ yang diambil langsung dari udara sebagai bahan bakunya. Dimana direaksikan di dalam Reaktor *fixed Bed* pada temperatur 210° C – 300° C dengan tekanan 1,5 – 14 atm. Gas-gas hasil reaksi di reaktor dipisahkan di separator dan *ethylen dichloride* yang masih mengandung 1,2 *trichloroethane* dipisahkan dari H₂O dengan dekanter kemudian dimurnikan di EDC tower. *Ethylen dichloride* dicracking di *furnace* untuk mendapatkan Vinil Klorida. HCl dari hasil pemisahan dengan Vinil Klorida tower di *recycle* kembali ke reaktor kemudian Vinil Klorida dimurnikan untuk mendapatkan produk yang diinginkan.

1.3.3 Proses Chlorinasi Ethylene

Reaksi:



Reaksi Overall:



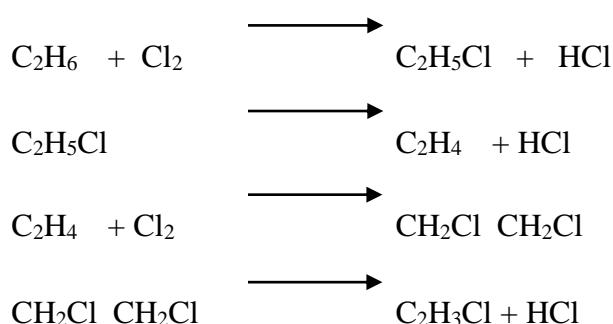
Proses *chlorinasi ethylene* ini menggunakan *ethylen* dan *perchloroethylene* sebagai bahan baku. Dimana bahan baku direaksikan di dalam reaktor *bubble coulom* pada temperatur 350 °C–550 °C tekanan 5–20 atm. Secara garis besar proses *chlorinasi ethylen* terdiri dari dua tahap, yaitu tahap reaksi dan tahap *recovery* produk.

Ethylen dan *perchloroethylene* dikombinasikan dengan *recycle ethylene* dan *recycle perchloroethylene*. Campuran dari reaktor didinginkan untuk memisahkan produk dan reagent yang tidak bereaksi. Gas etilen yang tidak

terkonsumsi di *recycle* ke reaktor. $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ direcovery sebagai produk. C_2HCl_3 dan $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$ diambil sebagai produk atau *direcycle* bersama-sama dengan C_2Cl_4 yang tidak bereaksi untuk di *recycle* ke reaktor. Liquid dari *quenching tower* dialirkan ke VCM tower, dimana *chloroethylene* didistilat dan *direcovery* pada *overhead* sebagai produk kotor. *Heavier stream* dari Vinil Klorida tower dialirkan ke *perc tower*. Aliran bottom *perc tower* di *recycle* kembali ke reaktor. Aliran ini mengandung C_2Cl_4 yang tidak bereaksi, dan mengandung $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$ dan C_2HCl_3 .

1.3.4 Proses Klorinasi Etana

Reaksi:



Proses klorinasi etana ini menggunakan etana dan gas klorin sebagai bahan baku. Dimana bahan baku direaksikan di dalam reaktor *plug flow reactor* pada temperatur 300° C - 500° C tekanan 2-3 atm. Secara garis besar proses klorinasi etana terdiri dari dua tahap, yaitu tahap reaksi dan tahap recovery produk.

Etana dan klorin dikombinasikan dengan *recycle ethylene* dan *recycle Ethylchloride*. Campuran dari reaktor didinginkan untuk memisahkan produk dan *reagent* yang tidak bereaksi. Gas etilen yang tidak terkonsumsi di *recycle* ke reaktor. $\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}$ direcovery sebagai produk. Asam Klorida diambil sebagai produk atau *direcycle* bersama-sama dengan aliran *recycle ethylene* untuk di *recycle* ke reaktor sebagai *inert*. Pemisahan produk dilakukan dengan kolom destilasi. Pemisahan secara fraksionasi pertama untuk memisahkan asam klorida dari *Heavier stream* yang masih mengandung vinil klorida. Pemisahan secara fraksionasi kedua untuk memisahkan vinil klorida dari fraksi yang lebih berat.

1.4 Sifat Fisika dan Kimia

a. Klorin

Wujud	: Gas
Rumus Molekul	: Cl ₂
Berat Molekul	: 70,9060
Titik Didih, °C	: -34,6
Cp, Joule/mol °C	: $27,213 + 3,04 \times 10^{-2}T - 3,34 \times 10^{-5}T^2 + 1,60 \times 10^{-8}T^3 - 2,70 \times 10^{-12}T^4$

Etana

Wujud	: Gas
Rumus Molekul	: C ₂ H ₆
Berat Molekul	: 30,0694
Titik Didih, °C	: -88
Cp, Joule/mol °C	: $28,146 + 4,34 \times 10^{-2}T + 1,89 \times 10^{-4}T^2 - 1,91 \times 10^{-7}T^3 - 5,33 \times 10^{-11}T^4$

b. Hidrogen Klorida

Wujud	: Gas
Rumus Molekul	: HCl
Berat Molekul	: 36,4609
Titik Didih, °C	: -85
Cp, Joule/mol °C	: $29,244 - 1,26 \times 10^{-3}T + 1,12 \times 10^{-6}T^2 + 4,97 \times 10^{-9}T^3 - 2,50 \times 10^{-12}T^4$

c. Etilen

Wujud	: Gas
Rumus Molekul	: C ₂ H ₄
Berat Molekul	: 28,05
Titik Didih, °C	: -103,7
Cp, Joule/mol °C	: $32 - 1,0 \times 10^{-2}T + 2,5 \times 10^{-4}T^2 - 2,4 \times 10^{-7}T^3 + 6,8 \times 10^{-11}T^4$

d. Etil Klorida

Wujud	: Gas
-------	-------

Rumus Molekul	: C ₂ H ₅ Cl
Berat Molekul	: 64,5147
Titik Didih, °C	: 12,35
Cp, Joule/mol °C	: 36 + 5,2 x 10 ⁻² T + 2,0 x 10 ⁻⁴ T ² + -2,3 x 10 ⁻⁷ T ³ + 6,9 x 10 ⁻¹¹ T ⁴

e. Vinil Klorida

Wujud	: Gas
Rumus Molekul	: C ₂ H ₃ Cl
Berat Molekul	: 62,4989
Titik Didih, °C	: -13,35
Cp, Joule/mol °C	: 17 + 1,5 x 10 ⁻¹ T - 6,4 x 10 ⁻⁵ T ² - 3,2 x 10 ⁻⁹ T ³ + 6,8 x 10 ⁻¹² T ⁴

f. 1,1 Dikloro Etana

Wujud	: Gas
Rumus Molekul	: C ₂ H ₄ Cl ₂
Berat Molekul	: 98,96
Titik Didih, °C	: 57,2
Cp, Joule/mol °C	: 16 + 2,6 x 10 ⁻¹ T + -2,1 x 10 ⁻⁴ T ² + 9,6 x 10 ⁻⁸ T ³ + -1,8 x 10 ⁻¹¹ T ⁴

g. 1,2 Dikloro Etana

Wujud	: liquid
Rumus Molekul	: C ₂ H ₄ Cl ₂
Berat Molekul	: 98,97
Titik Didih, °C	: 83
Cp, Joule/mol °C	: 37 + 1,4 x 10 ⁻¹ T + 1,0 x 10 ⁻⁵ T ² - 7,8 x 10 ⁻⁸ T ³ + 2,9 x 10 ⁻¹¹ T ⁴

h. 1,1,1, Trikloroetana

Wujud	: Gas
Rumus Molekul	: C ₂ H ₃ Cl ₃
Berat Molekul	: 133,40

Titik Didih, °C	: 74
Cp, Joule/mol °C	: $19 + 3,3 \times 10^{-1}T - 3,5 \times 10^{-4}T^2 + 1,9 \times 10^{-7}T^3 - 4,1 \times 10^{-11}T^4$

i. 1,1,2, Trikloro Etana

Wujud	: gas
Rumus Molekul	: <chem>C2H3Cl3</chem>
Berat Molekul	: 133,40
Titik Didih, °C	: 110
Cp, Joule/mol °C	: $29 + 2,5 \times 10^{-1}T - 1,8 \times 10^{-4}T^2 + 5,3 \times 10^{-8}T^3 - 3,6 \times 10^{-12}T^4$

j. Viniliden Klorida

Wujud	: gas
Rumus Molekul	: <chem>C2H4Cl2</chem>
Berat Molekul	: 96,94
Titik Didih, °C	: 32
Cp, Joule/mol °C	: $21 + 2,0 \times 10^{-1}T - 1,8 \times 10^{-4}T^2 + 8,3 \times 10^{-8}T^3 - 1,5 \times 10^{-11}T^4$

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Provinsi Banten. 2017. *Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Banten 2010-2030*. Diakses pada 26 Oktober 2017 dari bappeda.bantenprov.go.id
- Badan Pusat Statistika. 2017. *Data Ekspor dan Impor Bahan Industri Kimia*. Jakarta: BPS, Departemen Perindustrian dan Perdagangan RI.
- Coulson, J.M. Richardson, J.F. Sinnot, R.K. 1983. *Chemical Engineering Volume 6 (SI Units)*. Oxford: Pergamon Press.
- Dahl, Ivan M, dkk. 2001. *On-The Gas Phase Chlorination of Ethane*. Ind. Eng. Chem. Res., Volume 40, Halaman 2226-2235.
- Evans, Frank. 1961. *L. Jr. Equipment Design Handbook*, 2nd Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Felder, Richard M. and Rousseau, Ronald W. 2000. *Elementary Principles of Chemical Process*, 3rd Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Kern, D.Q, et al. *Process Heat Transfer*. Auckland: McGraw-Hill International Edition.
- Levenspiel, O. et al. *Chemical Reaction Engineering*, 2nd Edition. New Delhi: John Wiley Eastern Private Limited.
- McCabe, W.L. Smith, J.C. Harriot, P. 1994. *Operasi Teknik Kimia*, Jilid 1, Edisi Keempat. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Perry, R.H. and Green, D. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th Edition. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Peters, M.S. and Timmerhaus, K.D. 1991. *Plant Design And Economics For Chemical Engineers*. Singapore: McGraw-Hill Book Co.

Smith, J.M. 1981. *Chemical Engineering Kinetics*, 3rd Edition. New York: McGraw-Hill Book Co.

Treybal, R.E. *Mass Transfer Operations*, 3rd Edition. Rhode Island: McGraw-Hill Book Co.

Van Ness, Smith, et al. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 5th Edition. New York: McGraw-Hill International Edition.

Walas, Stanley M. 1988. *Chemical Process Equipment Selection and Design*. USA: Butterworth Publishers.

WO Patent No. 2016/076959 A1. Fish Barry B et al. 2016. *Process for the production of ethylene, hydrogen chloride, and vinyl chloride from ethane*. Diakses pada 26 November 2016 dari www.google.com/patents.

Yaws, C.L. 1996. *Handbook Of Thermodynamic Diagrams*. Gulf Publishing Company. Texas.