

NASKAH PUBLIKASI SKRIPSI

**PRARANCANGAN PABRIK BODIESEL
DARI *Crude Palm Oil* (CPO) DAN METANOL
KAPASITAS 700.000 TON/TAHUN**



Disusun oleh:

Hendri Susanto

D 500 080 005

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2014

HALAMAN PENGESAHAN

Naskah Publikasi Skripsi ini telah disahkan oleh Dosen Pembimbing Skripsi
Fakultas Teknik Jurusan Kimia Universitas Muhammadiyah Surakarta

Menyetujui

Dosen Pembimbing I



Rois Fatoni, ST.,M.Sc.,P.hD
NIDN. 0603027401

Dosen Pembimbing II



Kusmiyati, ST.,MT., P.hD
NIDN. 06017037102

Mengetahui

Ketua Jurusan



Rois Fatoni, ST.,M.Sc.,P.hD
NIDN. 0603027401

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) di Indonesia merupakan suatu hal yang tidak dapat dihindari dan akan semakin meningkat dari tahun ke tahun. Namun laju konsumsi BBM tersebut diperparah dengan semakin menurunnya produksi minyak bumi dalam negeri. Sebuah fakta menyatakan bahwa Indonesia telah menjadi net importir minyak dari tahun 2005. Kenaikan harga minyak mentah dunia akhir-akhir ini juga memberikan dampak yang besar bagi perekonomian nasional. Salah satu solusi untuk menanggulangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil adalah dengan mendirikan pabrik biodiesel yang berasal dari *Crude Palm Oil* dan Metanol dengan kapasitas 700.000 ton/tahun dan direncanakan beroperasi selama 330 hari per tahun. Pabrik akan didirikan di Barito Kuala, Kalimantan Selatan dengan luas tanah 27.500m².

Biodiesel dibuat dengan cara transesterifikasi antara *Crude Palm Oil* dan metanol dengan katalis NaOH pada suhu 60°C dan tekanan 1 atmosfer, perbandingan mol trigliserida : metanol sebesar 1 : 6, dan konversi 98%. Reaksi berjalan dengan menggunakan tiga buah Reaktor Alir Tangki Berpengaduk yang dipasang secara seri. Reaksi berlangsung pada fase cair-cair, dengan sifat reaksi *reversible*, kondisi *isothermal*, *non adiabatic*. Reaksi berjalan eksotermis sehingga untuk mempertahankan suhu agar tetap 60°C reaktor dilengkapi dengan jaket pendingin. Pendingin yang digunakan adalah air. Berdasarkan dari kondisi operasinya, pabrik biodiesel ini dikategorikan pabrik beresiko rendah. Bahan baku yang dibutuhkan adalah *Crude Palm Oil* sebanyak 777.777,7778 ton/tahun dan metanol sebesar 2813,338375 ton/tahun.

Dari analisis ekonomi, didapatkan data yaitu pabrik biodiesel ini membutuhkan modal tetap sebesar Rp.1.127.152.919.468 sedangkan modal kerjanya sebesar Rp.417.426.212.722. Biaya produksi total per tahun adalah sebesar Rp.2.272.597.888.334. Maka keuntungan yang diperoleh sebelum pajak adalah Rp.642.969.645.866 pertahun, sedangkan keuntungan sesudah pajak sebesar Rp.450.078.752.106 pertahun. Evaluasi ekonomi ini menunjukkan bahwa *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak 57,044%, sesudah pajak 39,931%, *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak yaitu 1,492 tahun, sesudah pajak yaitu 2,003 tahun, *Break Event Point* (BEP) 42,35%, *Shut Down Point* (SDP) 25,84% dan *Discounted Cash Flow* (DCF) 43,89%. Dari hasil evaluasi ekonomi tersebut, pabrik biodiesel dari *Crude Palm Oil* dan metanol dengan kapasitas 700.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

Kata kunci : Biodiesel, CPO, Metanol

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Seiring dengan perkembangan zaman di era modern yang ditandai dengan perkembangan di bidang teknologi, kebutuhan energi meningkat dengan pesat. Peningkatan kebutuhan energi ini tidak disertai dengan jumlah sumber-sumber energi, bahkan sumber energi dari fosil (tidak terbarukan) semakin berkurang dari tahun ke tahun. Data dari Departemen ESDM menunjukkan bahwa produksi minyak di Indonesia saat ini per tahunnya mencapai 55 juta ton, yang dimana produksi minyak tersebut diperkirakan hanya mampu mencukupi kebutuhan BBM di Indonesia selama 10 tahun kedepan (Yuliani dkk, 2010). Kenaikan harga BBM secara langsung berakibat pada naiknya biaya transportasi, biaya produksi industri dan pembangkitan tenaga listrik. Pertumbuhan jumlah penduduk yang juga disertai dengan meningkatnya kesejahteraan masyarakat sehingga berdampak pada kebutuhan akansarana transportasi dan aktivitas industri. Hal ini tentu saja menyebabkan kebutuhan akan bahan bakar cair juga akan semakin meningkat. Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral pernah menyatakan persediaan minyak bumi Indonesia bisa bertahan 11 tahun, gas bumi 30 tahun, dan batu bara 50 tahun lagi. Artinya perlu adanya sumber energi alternatif sebagai pengganti bahan bakar tersebut untuk mengantisipasinya.

Karena itu diperlukan sumber energi alternatif yang bisa menggantikan BBM (bahan bakar minyak) dari fosil. Untuk mengatasi permasalahan tentang sumber energi yang semakin berkurang yang terjadi, banyak para peneliti yang mengembangkan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan. Biodiesel merupakan salah satu energi alternatif pengganti bahan bakar diesel. Kelebihan biodiesel yaitu dapat dihasilkan melalui reaksi kimia dari minyak nabati yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yang memiliki sifat seperti solar (Susilo, 2006). Biodiesel atau disebut juga *methyl ester* merupakan bahan bakar yang terbuat dari minyak nabati yang memiliki sifat menyerupai minyak diesel atau solar. Biodiesel dapat digunakan baik secara murni atau dapat dicampur dengan petrodiesel tanpa terjadi perubahan pada mesin lain yang menggunakannya. Penggunaan biodiesel

sebagai sumber energi semakin dituntut untuk segera direalisasikan. Sebab, selain merupakan solusi untuk menanggulangi kelangkaan energi fosil pada masa mendatang, biodiesel juga bersifat dapat diperbaharui (*renewable*), dapat terurai (*biodegradable*), memiliki sifat pelumasan terhadap piston mesin karena termasuk kelompok minyak tidak mengering (*non-drying oil*), mampu mengurangi emisi karbon dioksida serta efek rumah kaca. Biodiesel juga bersifat ramah lingkungan karena menghasilkan emisi gas buang yang jauh lebih baik dibandingkan diesel atau solar, yaitu bebas sulfur, bilangan asap rendah (*smoke number*), terbakar sempurna (*clean burning*), dan tidak beracun (*non toxic*).

Beberapa bahan baku untuk pembuatan biodiesel antara lain kelapa sawit, jarak pagar, kedelai, tebu dan berbagai jenis tumbuhan lainnya. Dari beberapa bahan baku tersebut di Indonesia yang memiliki prospek untuk dapat diolah menjadi biodiesel adalah kelapa sawit dan jarak pagar, akan tetapi prospek kelapa sawit lebih besar untuk pengolahan secara besar-besaran. Sebagai tanaman industri kelapa sawit tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia, teknologi pengolahannya juga sudah tergolong mapan. Dibandingkan dengan tanaman yang lain seperti kedelai, tebu, jarak pagar dan lain-lain yang masih mempunyai kelemahan antara lain sumbernya sangat terbatas dan masih diimpor (kedelai), tebu masih minim untuk bahan baku gula (kekurangan gula nasional masih diimpor dan hanya dapat dipakai tetesnya sebagai bahan alkohol), sedangkan jarak pagar masih dalam taraf penelitian skala laboratorium untuk budidaya dan pengolahannya, sehingga dapat dikatakan bahwa kelapa sawit merupakan bahan baku untuk pembuatan biodiesel yang paling siap.

1.2. Penentuan Kapasitas Pabrik

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam penentuan kapasitas sebuah pabrik biodiesel pada tugas prarancangan pabrik ini adalah kebutuhan biodiesel dan ketersediaan bahan baku.

1. Proyeksi kebutuhan biodiesel

Tingkat konsumsi solar di Indonesia rata-rata mencapai 14 juta kiloliter setiap tahunnya. Untuk melakukan substitusi 5% saja, maka diperlukan sekitar 700 ribu kiloliter biodiesel pertahun. Keperluan biodiesel tersebut sebenarnya bisa

diperoleh dengan mudah di Indonesia mengingat Indonesia cukup kaya dengan berbagai jenis tanaman yang bisa menghasilkan campuran biodisel.

2. Ketersediaan bahan baku

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor yang paling utama dalam menentukan kelangsungan sebuah pabrik.

1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi adalah hal yang sangat penting dalam sebuah perancangan pabrik, karena berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan. Berdasarkan beberapa pertimbangan pabrik biodisel ini akan didirikan di Barito Kuala, Kalimantan Selatan. Pertimbangan-pertimbangan tersebut meliputi dua faktor yaitu, faktor utama dan faktor pendukung.

1. Faktor utama

Faktor utama dalam pemilihan lokasi pabrik adalah sebagai berikut :

- a. Sumber bahan baku
- b. Tenaga kerja
- c. Utilitas

2. Faktor pendukung

Faktor pendukung juga perlu mendapatkan perhatian dalam pemilihan lokasi pabrik dikarenakan faktor-faktor yang ada di dalamnya selalu menjadi pertimbangan agar pemilihan pabrik dan proses produksi dapat berjalan lancar. Faktor pendukung tersebut meliputi:

- a. Harga tanah dan gedung dikaitkan dengan rencana di masa yang akan datang
- b. Kemungkinan untuk adanya perluasan pabrik
- c. Tersedianya fasilitas servis, misalnya di sekitar lokasi pabrik tersebut atau jarak yang relatif dekat dari bengkel besar dan semacamnya
- d. Ketersediaan air yang cukup
- e. Peraturan pemerintah daerah tersebut
- f. Keadaan masyarakat daerah sekitar (sikap keamanan dan sebagainya)
- g. Iklim dan cuaca
- h. Keadaan tanah untuk rencana pembangunan dan pondasi

- i. Perumahan penduduk atau bangunan lain.

1.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1. Macam-macam proses

Beberapa proses pembuatan biodiesel yang telah dikembangkan adalah sebagai berikut:

1. Pirolisis

Pada proses pirolisis minyak nabati mengalami dekomposisi termal dengan kehadiran udara/nitrogen (jika tidak diinginkan kehadiran oksigen). Dekomposisi termal minyak nabati ini menghasilkan berbagai jenis senyawa termasuk alkana, alkena, alkadiena, aromatik, dan asam karboksilat.

2. Mikroemulsifikasi

Adalah disperse dari minyak, air, *sulfaction* dan terkandung suatu molekul ampilik yang digunakan konsurfaction.

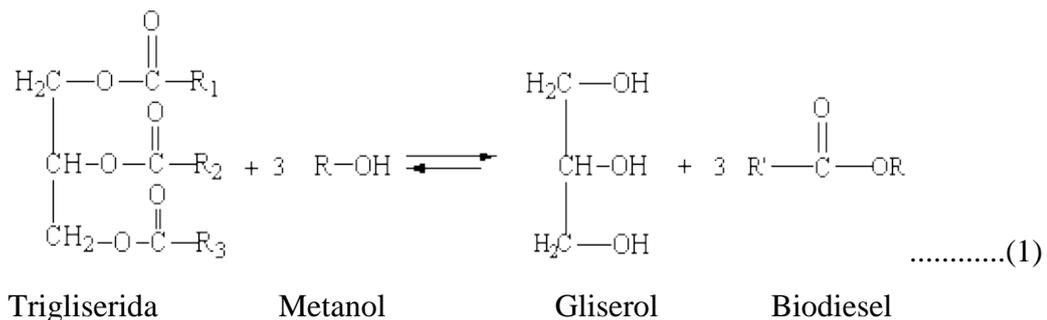
3. Pengenceran

Minyak nabati diencerkan dengan bahan tertentu, seperti minyak diesel, suatu pelarut atau etanol.

4. Transesterifikasi

Pada transesterifikasi minyak nabati direaksikan dengan suatu alkohol sehingga terbentuk 3 molekul, *methyl ester* asam lemak, dan gliserol. *Methyl ester* asam lemak ini selanjutnya disebut biodiesel.

Berikut disajikan reaksi transesterifikasi trigliserida dengan metanol untuk menghasilkan *methyl ester* (biodiesel).



Transesterifikasi merupakan suatu reaksi kesetimbangan. Untuk reaksi transesterifikasi berkatalis basa, trigliserida dan metanol yang digunakan sedapat

mungkin anhidrat, karena air menyebabkan terjadinya reaksi saponifikasi yang menghasilkan sabun. Sabun yang terbentuk dapat menurunkan perolehan ester dan menyulitkan pemisahan ester dan gliserol.

Faktor utama yang mempengaruhi rendemen ester yang dihasilkan pada reaksi transesterifikasi adalah:

1. Rasio molar antara trigliserida dan alkohol.
2. Jenis katalis yang digunakan.
3. Suhu reaksi
4. Kandungan air dan asam lemak bebas.
5. Kemurnian reaktan.
6. Kecepatan Pengadukan

1.4.2. Kegunaan produk

1. *Methyl ester* (Biodisel)
 - a. *Methyl ester* (Biodisel) berfungsi sebagai bahan bakar alternative pengganti minyak bumi khusus untuk mesin disel otomotif dan industri
 - b. Menanggulangi pencemaran lingkungan akibat pembakaran bahan bakar fosil.
2. *Glycerol*
 - a. Untuk obat
 - b. Untuk perawatan pribadi

1.4.3. Tinjauan Proses Secara Umum

Proses yang dipilih pada tugas prarancangan pabrik biodisel ini adalah proses transesterifikasi minyak sawit dan metanol karena proses ini berlangsung pada tekanan atmosferis dan menggunakan temperatur yang lebih rendah dari proses esterifikasi. Selain itu, bahan baku yang digunakan adalah minyak sawit sehingga proses transesterifikasi lebih sesuai.

DISKRIPSI PROSES

2.1. Langkah proses

Secara keseluruhan proses pembuatan biodiesel dengan proses kontinu dapat dilaksanakan melalui tiga tahap:

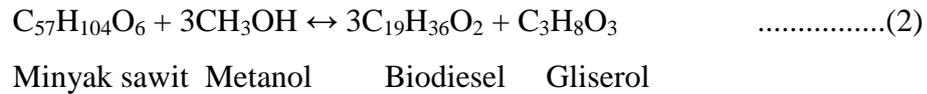
1. Proses penyiapan bahan baku

Bahan baku yang digunakan dalam pabrik biodiesel adalah minyak sawit (CPO) yang disimpan dalam tangki (TP-01) dari truk pengangkut menggunakan pompa (P-02) dan metanol dengan kadar 96% disimpan dalam tangki (TP-02) dari truk dialirkan menggunakan pompa (P-01), sedangkan katalis yang digunakan adalah NaOH yang disimpan di silo (SL-01) dari truk dipindahkan menggunakan *belt conveyor* (BC-02) dan *bucket elevator* (BE-01) Bahan baku dipanaskan terlebih dahulu dengan tujuan menyesuaikan kondisi operasi dalam reaktor. Mula-mula bahan baku minyak sawit yang berasal dari tangki penyimpanan (TP-02) dipompakan dengan pompa (P-05) menuju *heat exchanger* (HE-01). Pada (HE-01) minyak sawit dinaikkan sehungnya dari 30°C menjadi 60°C, dari *heat exchanger* (HE-01) minyak sawit dimasukkan ke dalam reaktor alir tangki berpengaduk. Metanol dari tangki penyimpanan (TP-01) dialirkan ke *mixer* menggunakan pompa (P-04) dicampur dengan NaOH dari silo (SL-01) yang dipindahkan menggunakan *belt conveyor* (BC-02) dan *bucket elevator* (BE-02). Di dalam *mixer* (M-01), NaOH dan metanol diaduk dengan kecepatan pengadukan 248 rpm sampai terbentuk Natrium metoksida. Perbandingan mol antara metanol dengan minyak sawit adalah 6:1. Natrium metoksida dinaikkan suhunya menjadi 60°C dengan *heat exchanger* (HE-02) kemudian *Sodium methoxide* dimasukkan ke dalam reaktor menggunakan pompa (P-06).

2. Proses reaksi transesterifikasi

Proses reaksi pembuatan biodiesel adalah proses reaksi transesterifikasi, dimana proses ini dilakukan dengan menggunakan reaktor alir tangki berpengaduk (RATB) yang disusun seri. Dari hasil optimasi dihasilkan jumlah reaktor 3 buah yaitu (R-01), (R-02), (R-03) dengan suhu operasi 60°C dan tekanan 1 atm.

Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Reaksi tersebut termasuk reaksi eksotermis. Oleh karena itu dalam perancangan reaktor digunakan pendingin koil, sehingga suhu operasi di dalam reaktor tetap dalam kondisi yang diinginkan yaitu sekitar 60°C.

3. Proses pemisahan dan pemurnian produk

Produk yang keluar dari reaktor (R-03) dialirkan menuju dekanter (DK-01) untuk melakukan proses pemisahan pertama antara biodiesel dan gliserol, setelah itu hasil bawah dekanter dialirkan tangki pengencer (PN-01) menggunakan pompa (P-07) Di dalam tangki pencuci (PN-01) campuran Biodiesel ditambah air dari utilitas dengan jumlah 16.152,768 kg/jam yang berfungsi untuk mempermudah pemisahan Biodiesel. Kemudian setelah itu produk hasil dari tangki pencuci dialirkan menuju dekanter (DK-02) menggunakan Pompa (P-08) berfungsi untuk memisahkan Biodiesel dari produk samping gliserol, dan NaOH. Hasil atas dari dekanter (DK-01) dan (DK-02) berupa campuran antara Biodiesel, dan minyak sawit dialirkan menggunakan pompa (P-09) ke Tangki biodiesel (TP-04). Hasil bawah dialirkan ke dalam Netraliser (NT-01) menggunakan pompa (P-10) untuk dicampur dengan HCl dari tangki HCl (TP-03) dialirkan menggunakan pompa (P-11) yang berfungsi untuk menetralkan katalis NaOH menjadi NaCl dan H₂O.

Dari netraliser produk masuk ke dalam Flash Drum (FD-01) untuk memisahkan antara metanol dan air sebagai hasil atas dan dialirkan ke tangki penyimpan metanol (TP-05) yang nantinya akan bisa digunakan kembali sebagai bahan baku atau dijual kembali, dengan hasil bawah Flash Drum (FD-01) yaitu gliserol dan NaCl sebagai produk samping yang kemudian diturunkan suhunya menjadi 50°C menggunakan *Cooler* dan masuk ke dalam tangki penyimpanan gliserol (TP-06).

KESIMPULAN

Pabrik Biodiesel digolongkan pabrik berisiko rendah, hal ini didasarkan atas pertimbangan pada kondisi operasinya yang bertekanan rendah (atmosferis). Hasil analisis kelayakan ekonomi adalah sebagai berikut :

1. Keuntungan sebelum pajak Rp 642.969.645.866 per tahun. Keuntungan setelah pajak Rp 450.078.752.106 per tahun.
2. ROI (*Return On Investment*) sebelum pajak 54,59%.
ROI sesudah pajak 38,213%.
ROI sebelum pajak untuk pabrik berisiko rendah minimal 11%.
(Aries & Newton.1955)
3. POT (*Pay Out Time*) sebelum pajak 1,548 tahun.
POT sesudah pajak 2,074 tahun.
POT sebelum pajak untuk pabrik berisiko rendah maksimal sebelum pajak adalah 5 tahun.
1. BEP (*Break Even Point*) adalah 44,13% dan SDP (*Shut Down Point*) adalah 27,28%. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya berkisar antara 40-60%.

DCF (*Discounted Cash Flow*) adalah 43,89 %

DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R.S. and Newton, R.D. 1955. *Chemical Engineering Cost Estimation*. McGraw Hill International Book Company. New York
- Brown, G.G. 1978. *Unit Operation*. 3rd editions. McGraw Hill International Book Company. Tokyo
- Brownell, L.E. and Young, E.H. 1959. *Process Equipment Design*. 1st editions. John Wiley and Sons Inc. New York
- Chohey, N.P. 1994. *Handbook of Chemical Engineering Calculations*. 2nd edition. McGraw-Hill, Inc. United States of America
- Coulson, J.M. and Richardson, J.F. 1983. *An Introduction to Chemical Engineering*. Allyn and Bacon Inc. Massachusetts
- Fitri Yuliani, Mira Primasari, Orchidea Rachmaniah dan M. Rachimoellah, (2010). *Pengaruh Katalis Asam (H_2SO_4) dan Suhu Reaksi pada Reaksi Esterifikasi Minyak Biji Karet (*Havea brasiliensis*) menjadi Biodiesel*, pp.2.
- Geankoplis, C.J. and J.F. Richardson. 1989. *Design Transport Process and Unit Operation*. Pegamon Press. Singapore
- Hambali, E., dkk. 2006. *Jarak Pagar Tanaman Penghasil Biodiesel*. Cetakan Ketiga, Penebar Swadaya, Jakarta
- Kern, D.Q. 1983. *Process Heat Transfer*. McGraw Hill International Book Company. Tokyo
- Keyes, Faith and Clark. 1977. *Industrial Chemicals*. 4th ed. Mc Graw Hill International Edition. Singapore.
- Kirk, R.E. & Othmer, D.F. 1983. *Encyclopedia of Chemical Technology*. 9th edition. A Wiley Inter Science Publisher Inc. New York
- Levenspiel, O. 1975. *Chemical Reaction Engineering*. 2nd edition. John Wiley and Sons Inc. Singapore
- McCabe, W.I. and Smith, J.C. 1985. *Unit Operation of Chemical Engineering*. 4th edition. McGraw Hill Book Company. Singapore
- Mc Ketta, J.J., and Cunningham, W.A., 1977, *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*, Vol. V, 101 – 245, Marcel Dekker, Inc., New York

Perry, R.H. and Green, D.W. 1950. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 3rd edition. McGraw Hill Book Company. Tokyo

Perry, R.H. and Green, D.W. 1984. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 6th edition. McGraw Hill Book Company. Singapore

Perry, R.H. and Green, D.W. 1999. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 7th edition. McGraw Hill Book Company. Singapore

Peters, M.S and Timmerhause K.D. 2003. *Plant design and Economics for Chemical Engineers*. Mc Graw Hill Book Company. New York

Rase, Howard F. 1981. *Chemical Reactor Design for Process Plant*. 3^{ed} editions. McGraw Hill International Book Company. Tokyo

Smith, J.M and Van Ness, H.C. 1987. *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*. 4th edition. McGraw Hill International Book Company. Tokyo.

Swern, D. 1986. *Baileys Industrial Oil and Fats Product*. 4th editions. John Willey and Sons. New York.

Susilo, Bambang, 2006, *Biodiesel: Pemanfaatan Biji Jarak Pagar sebagai Alternatif Bahan Bakar Minyak*. Trubus Agrisarana: Surabaya.

Ulrich, G.D. 1984. *A Guide To Chemical Engineering Process Design and Economics*. John Wiley and Sons Inc. Canada

Vilbrandt, F.C and Dryden, C.E. 1959. *Chemical Engineering Plant Design*. 4th edition. McGraw Hill International Book Company. Kogakusha ltd. Tokyo

Walas, S.M. 1988. *Chemical Process Equipment (Selection and Design)*. 3^{ed} editions. Butterworth. United States of America

Yaws, C.L. 1999. *Chemical Properties Handbook*. McGraw Hill Company. New York

<http://matche.com/EquipCost>, "Harga Alat-alat Proses", Diakses pada tanggal 15 Februari 2014, Pukul 13.00 WIB

http://goliath.ecnext.com/coms2/gi_0199-8021863/Chemical-Engineering-Plant-Cost-Index.html, "Harga Index dari tahun 2005-20010", Diakses pada tanggal 15 Februari 2014, Pukul 13.30 WIB

www.nist.com, "*Standar Mutu Gliserol*", Diakses pada tanggal 19 maret 2014,
Pukul 13.00 WIB