

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Energi merupakan salah satu hal yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan perkembangan industri. Hal ini menyebabkan konsumsi energi terus meningkat seiring dengan meningkatnya populasi manusia dan perkembangan industri. Sebagian besar kebutuhan energi ini berasal dari bahan bakar fosil yang merupakan bahan bakar yang tidak terbarukan. Meningkatnya konsumsi energi dan menurunnya cadangan bahan bakar fosil dapat menyebabkan adanya krisis energi. Selain itu, hasil pembakaran menggunakan bahan bakar fosil menghasilkan polusi yang cukup besar sehingga memberikan dampak yang buruk bagi lingkungan. Oleh sebab itu, dibutuhkan suatu energi alternatif yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan. Salah satu energi alternatif yang sedang dikembangkan saat ini adalah bahan bakar berbasis biomassa lignoselulosa yang ketersediaannya melimpah dan memiliki potensi untuk dikonversi menjadi bahan bakar yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan bahan bakar fosil.

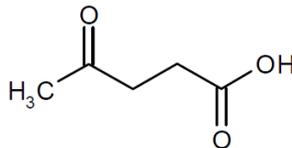
Salah satu proses pengolahan biomassa lignoselulosa yang sedang dikembangkan adalah menggunakan proses *biofine* yang menghasilkan salah satu senyawa platform kimia utama yaitu *levulinic acid* (LA) (Rackemann dan Doherty, 2011). Sebagai salah satu platform kimia utama, LA memiliki potensi sebagai bahan baku pembuatan bahan kimia ramah lingkungan yang digunakan sebagai bahan bakar, resin, polimer, herbisida, pelarut, dan lain-lain (Moens, et.al., 2000). Salah satu senyawa turunan LA adalah *methyltetrahydrofuran* (MTHF) yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif dengan mencampurkan dengan *gasoline* hingga 70% campuran dan dapat digunakan langsung tanpa adanya modifikasi mesin (Alonso, et.al., 2010). Dilihat dari kemampuannya sebagai bahan bakar alternatif dan terus menipisnya bahan bakar fosil, MTHF berpotensi besar untuk menjadi senyawa yang dibutuhkan dalam beberapa tahun ke depan.

Ada 4 macam proses pembuatan MTHF berdasarkan proses pembentukan senyawa *intermediat*nya, yaitu proses pembuatan MTHF melalui pembentukan *Angelicalactone*, proses pembuatan MTHF melalui pembentukan *Hydroxy Pentanoic Acid* (HPA), proses pembuatan MTHF melalui pembentukan γ -*valerolactone* (GVL), dan proses pembuatan MTHF secara langsung (Elliot, et.al., 1999). Pada prarencana pabrik MTHF dengan bahan baku LA ini, digunakan proses pembuatan MTHF secara langsung dengan menggunakan katalis bimetal Pd-Re/C pada suhu 221°C dan tekanan 100 atm. Proses ini dipilih karena prosesnya sangat sederhana yaitu hanya membutuhkan satu reaktor dan satu jenis katalis sehingga dapat mengurangi biaya produksi.

I.2. Sifat-Sifat Bahan Baku dan Produk

I.2.1. *Levulinic acid* sebagai bahan baku pembuatan MTHF

Levulinic acid adalah senyawa kimia yang potensial untuk dijadikan bahan utama dalam berbagai bidang industri mulai dari bahan bakar, resin, polimer, herbisida, pelarut, parfum, *food additive*, tinta, *solder flux*, dan *anti-freeze agent* (Moens, et.al., 2000). Struktur molekul dari senyawa ini dapat dilihat pada gambar I.1. Beberapa karakteristik fisika dari *levulinic acid* tercantum pada tabel I.1.



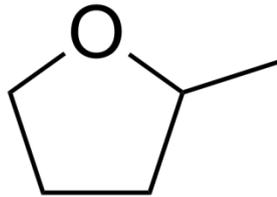
Gambar I.1. Struktur molekul *levulinic acid* (Lide, 2005)

Tabel I.1. Karakteristik fisik *levulinic acid* (Lide, 2005)

Sifat fisik	Keterangan
Rumus molekul	C ₅ H ₈ O ₃
Berat molekul (g/mol)	116,1
Massa jenis (g/mL)	1,14
Titik nyala (°C)	137
Titik leleh (°C)	35
Titik didih (°C)	246

I.2.2. *Methyltetrahydrofuran (MTHF) sebagai produk utama*

2-methyltetrahydrofuran merupakan salah satu senyawa turunan LA. Senyawa ini memiliki titik nyala yang rendah sehingga sangat mudah terbakar. MTHF memiliki sifat kelarutan yang unik dimana kelarutannya akan menurun seiring dengan meningkatnya suhu. Struktur molekul dari MTHF ditunjukkan pada gambar I.2 dan karakteristik senyawa ini dapat dilihat pada tabel I.2.



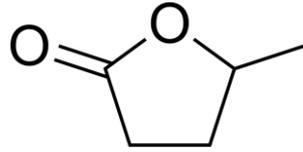
Gambar I.2. Struktur molekul *methyltetrahydrofuran* (Lide, 2005)

Tabel I.2. Karakteristik fisik *methyltetrahydrofuran* (Lide, 2005)

Sifat fisik	Keterangan
Rumus molekul	C ₅ H ₁₀ O
Berat molekul (g/mol)	86,13
Massa jenis (g/mL)	0,854
Titik nyala (°C)	-11,1
Titik leleh (°C)	-136
Titik didih (°C)	80,3

I.2.3. *γ-valerolactone (GVL) sebagai produk samping*

γ-valerolactone merupakan salah turunan senyawa *levulinic acid* yang berbentuk cairan bening dimana memiliki struktur molekul seperti gambar I.3. GVL bisa digunakan sebagai *intermediate* untuk menghasilkan berbagai senyawa kimia lainnya termasuk butena, asam valerat, dan 5-nonanone (Alonso, et.al., 2013). Karakteristik dari senyawa ini dapat dilihat pada tabel I.3.



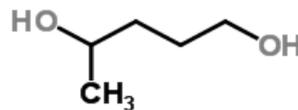
Gambar I.3. Struktur molekul γ -valerolactone (Lide, 2005)

Tabel I.3. Karakteristik fisik γ -valerolactone (Lide, 2005)

Sifat fisik	Keterangan
Rumus molekul	$C_5H_8O_2$
Berat molekul (g/mol)	100,112
Massa jenis (g/mL)	1,05
Titik nyala ($^{\circ}C$)	96
Titik leleh ($^{\circ}C$)	-31
Titik didih ($^{\circ}C$)	208

I.2.4. 1,4 pentanediol (PDO) sebagai produk samping

1,4 pentanediol adalah senyawa yang berwarna jernih seperti air dan dapat diaplikasikan untuk penggunaan *plasticizer*, pengemulsi dan *intermediate* resin (Alonso, et.al., 2013). Struktur molekul dan karakteristik senyawa 1,4 pentanediol dapat dilihat pada gambar I.4. dan tabel I.4.



Gambar I.4. Struktur molekul 1,4 pentanediol (Lide, 2005)

Tabel I.4. Karakteristik fisik 1,4 pentanediol (Lide, 2005)

Sifat fisik	Keterangan
Rumus molekul	$C_5H_{12}O_2$
Berat molekul (g/mol)	104,15
Massa jenis (g/mL)	1,1
Titik nyala ($^{\circ}C$)	112
Titik leleh ($^{\circ}C$)	-9
Titik didih ($^{\circ}C$)	287

I.3. Kegunaan dan Keunggulan Produk

I.3.1. Kegunaan produk

MTHF merupakan salah satu senyawa yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif. MTHF dapat digunakan sebagai bahan bakar dengan cara mencampurkan dengan gasoline hingga 70% tanpa adanya modifikasi mesin (Alonso, et.al., 2010). Selain itu, MTHF merupakan salah satu komponen penyusun *P-Series fuel* yang merupakan campuran antara etanol, pentana, dan MTHF (US Department of Energy, 1999). Selain sebagai bahan bakar alternatif, MTHF juga dapat digunakan sebagai *green solvent* dalam industri farmasi (Geilen, et.al., 2010) karena MTHF memiliki sifat yang mudah terdegradasi oleh udara dan cahaya matahari (Pace, et.al., 2012). Banyaknya MTHF yang masuk ke dalam tubuh hingga 6,7 mg/hari tidak menunjukkan adanya mutagenisitas dan *genotoxicity* sehingga MTHF dapat digunakan sebagai pelarut dalam industri farmasi (Antonucci, et.al., 2011).

I.3.2. Keunggulan produk

Konsumsi energi yang berasal dari bahan bakar fosil terus mengalami peningkatan yang tidak sebanding dengan ketersediannya yang terus menipis. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya krisis energi. Oleh sebab itu, dibutuhkan energi alternatif yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan. MTHF merupakan salah satu senyawa yang dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif sebagai campuran gasoline. Selain itu, MTHF memiliki nilai kalor sebesar 32 MJ/kg yang lebih besar dibandingkan dengan etanol yang memiliki nilai kalor sebesar 26,7 MJ/kg (Malinowski, et.al., 2012). Bahan baku pembuatan MTHF ini merupakan LA yang berasal dari biomassa lignoselulosa yang ketersediannya melimpah. MTHF merupakan senyawa yang dapat di degradasi dengan mudah oleh udara dan sinar matahari sehingga menyebabkan MTHF menjadi ramah lingkungan. Selain itu, emisi hasil pembakaran campuran MTHF menunjukkan kadar polutan yang lebih rendah dibandingkan dengan emisi yang dihasilkan oleh pembakaran gasoline (US Department of Energy, 1999).

I.4. Ketersediaan Bahan Baku dan Analisa Pasar

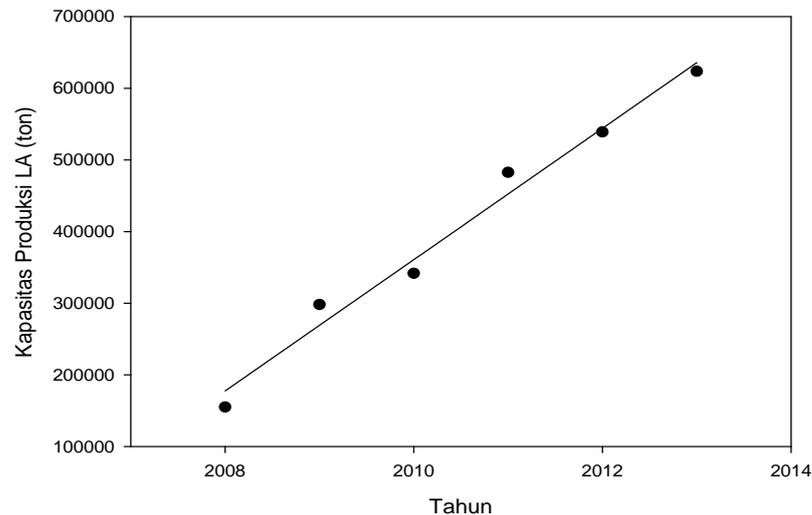
I.4.1. Ketersediaan bahan baku

Data dari *Grand View Research* menunjukkan bahwa produksi *levulinic acid* di dunia secara global terus meningkat sepanjang tahun, Peningkatan produksi *levulinic acid* di dunia ini dapat dilihat pada tabel I.5.

Tabel I.5 Kapasitas produksi *levulinic acid* tahun 2008 – 2013 (*Grand View Research, 2014*)

No.	Tahun	Kapasitas produksi <i>levulinic acid</i> global (ton/tahun)
1	2008	154.980
2	2009	298.121
3	2010	341.562
4	2011	482.591
5	2012	539.032
6	2013	623.696

Meningkatnya produksi LA secara global ini dikarenakan banyaknya aplikasi dari LA ini sendiri. Untuk mengetahui perkiraan produksi LA pada tahun 2017, dilakukan regresi linear terhadap data produksi LA yang ada pada tabel I.5. Grafik hasil regresi linear dapat dilihat pada gambar I.5 berikut.



Gambar I.5 Kurva produksi *levulinic acid* tahun 2008 - 2013

Dari hasil regresi linear tersebut dapat diperkirakan kapasitas produksi LA pada tahun 2017 adalah mencapai 1.002.309 ton/tahun. Angka ini

didapka dari persamaan regresi linear yang telah didapatkan yaitu, $y = 91638.x + 85929$, dimana y merupakan data produksi *levulinic acid* (ton/tahun) dan x merupakan tahun ke-, dengan nilai $r^2 = 0,9813$. Penggunaan *levulinic acid* pada pembuatan MTHF ini menggunakan *levulinic acid* dengan kemurnian 99% kelas industri.

I.4.2. Analisa pasar

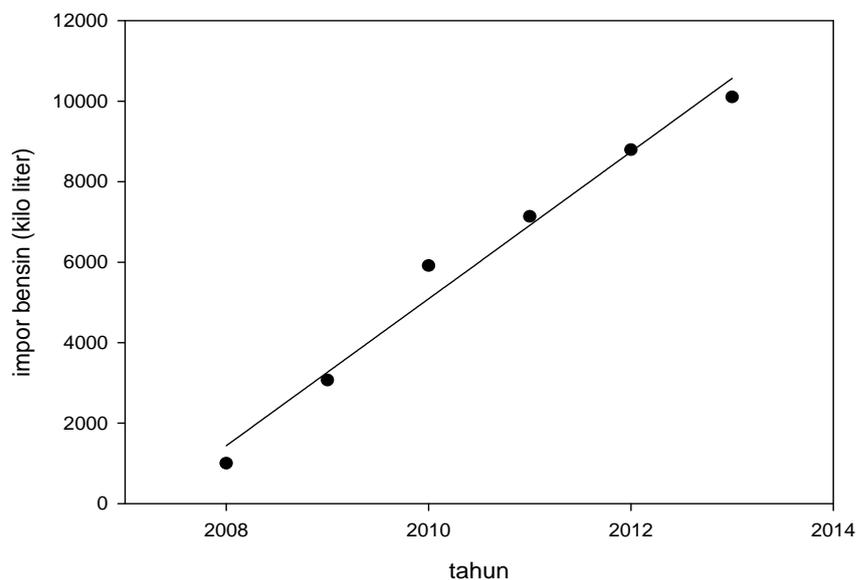
Produk yang dihasilkan, yaitu MTHF memiliki kegunaan yang sangat banyak, salah satunya adalah sebagai bahan campuran bensin. Hal ini dapat menjadi salah satu solusi untuk mengatasi masalah kelangkaan bahan bakar minyak yang saat ini sedang dihadapi. MTHF dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar hingga 70% dan memiliki nilai kalor yang lebih tinggi dari etanol. Melalui proses hidrogenasi LA dengan menggunakan katalis Pd-Re/C pada suhu dan tekanan tinggi dapat menghasilkan MTHF dengan konversi yang cukup tinggi. Dengan adanya pabrik MTHF ini, diharapkan dapat membantu memenuhi kebutuhan bensin di Indonesia yang saat ini masih belum terpenuhi dari produksi dalam negeri, sehingga masih adanya import bahan bakar.

Konsumsi bensin di Indonesia dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan, sedangkan produksi bensin tidak mengalami perubahan yang signifikan. Selain itu, konsumsi bensin di Indonesia juga lebih besar daripada produksi bensin, sehingga diperlukan adanya impor. Hal ini dapat dilihat pada tabel I.6.

Tabel I.6 Konsumsi dan produksi bensin di Indonesia (BPS, 2013)

Tahun	Produksi (juta liter/tahun)	Konsumsi (juta liter/tahun)	Impor (juta liter/tahun)
2008	11.511,315	12.512,018	1.000,703
2009	11.574,115	14.642,344	3.068,229
2010	10.623,530	16.540,386	5.916,856
2011	10.248,320	17.385,388	7.137,068
2012	10.760,895	19.555,778	8.794,883
2013	11.096,019	21.199,907	10.103,89

Untuk memperkirakan import bensin pada tahun 2017, dibuat grafik hubungan antara jumlah import bensin dan tahun dan dilakukan regresi linear dari data yang telah didapatkan dari Badan Pusat Statistik yang ditampilkan pada tabel I.6 diatas. Grafik hubungan antara jumlah import bensin dan tahun ini dapat dilihat pada gambar I.6. Dari hasil regersi linear tersebut, didapatkan persamaan $y = 1826,2x - 387,99$ dengan nilai $r^2 = 0,9802$, dimana y adalah jumlah impor bensin (juta liter/tahun) dan x adalah tahun ke-. Dari hasil perhitungan menggunakan persamaan di atas dapat diperkirakan kebutuhan impor bensin pada tahun 2017 adalah sebesar 17.874,01 juta liter/tahun.



Gambar I.6 Jumlah Impor Bensin di Indonesia Tahun 2008 - 2013

Dengan adanya pabrik MTHF ini, diharapkan dapat mengurangi jumlah import bensin di Indonesia. Produksi MTHF pada prarencana pabrik ini tidak mampu untuk memenuhi jumlah import bensin di Indonesia karena adanya keterbatasan bahan baku *levulinic acid* yang jumlahnya secara global sebesar 1.002.309 ton/tahun pada tahun 2017. Oleh karena itu, penggunaan bahan baku *levulinic acid* pada pabrik MTHF ini adalah 10% dari ketersediaan bahan baku yang ada yaitu sebesar 100.230,9 ton/tahun.