

## PEMETAAN BAHAN BAKU DAN ANALISIS TEKNOEKONOMI BIOETANOL DARI SINGKONG (*MANIHOT UTILISSIMA*) DI INDONESIA

Tri Yuni Hendrawati<sup>1,\*</sup>, Anwar Ilmar Ramadhan<sup>2</sup>, Agung Siswahyu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Indonesia

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains dan Teknologi Al Kamal, Jakarta, Indonesia

\*Email: yuni.hendrawati@ftumj.ac.id

Diterima: 20 Agustus 2018

Direvisi: 24 September 2018

Disetujui: 22 Nopember 2018

### ABSTRAK

Bioetanol merupakan etanol yang dibuat dari biomassa yang mengandung komponen gula, pati atau selulosa seperti singkong dan tetes tebu. Etanol umumnya digunakan dalam industri sebagai bahan baku industri turunan alkohol, campuran untuk minuman keras seperti sake atau gin, dan bahan baku farmasi dan kosmetika. Berdasarkan kadar alkoholnya, etanol terbagi menjadi tiga grade yaitu grade industri dengan kadar alkohol 90-94 %, netral dengan kadar alkohol 96-99,5 %, umumnya digunakan untuk minuman keras atau bahan baku farmasi, dan grade bahan bakar dengan kadar alkohol diatas 99,5 – 100 %. Tujuan penelitian ini adalah melakukan pemetaan bahan baku dan analisis teknoekonomi produksi bioetanol dari singkong. Metode penelitian yang digunakan untuk pemetaan bahan baku dengan pengolahan data kuantitatif dari data sekunder dan pemilihan protitasnya dengan AHP. Berdasarkan analisis AHP dan kondisi obyektif maka hasil pemilihan bahan baku bioetanol yang potensial berdasarkan prioritas terbaik di tingkat Nasional adalah Singkong, Tebu, Jagung, Nira, Sagu. Dari hasil analisis teknoekonomi aspek teknis teknologis, pasar pemasaran dan finansial menunjukkan hasil layak. Dari sisi kelayakan finansial pada Kapasitas produksi bioetanol singkong sebesar 30.000 kiloliter/tahun atau 100 kiloliter/hari. Dengan tingkat konversi 6,5 kg singkong/liter bioetanol, jumlah singkong yang dibutuhkan oleh pabrik bioetanol ini adalah sebanyak 195.000 ton/tahun atau 650 ton/hari. Kebutuhan singkong sebesar itu disuplai dari kebun singkong dengan luasan 5.571 ha. Kriteria kelayakan investasi pabrik bioetanol singkong dengan kapasitas 30.000 kilo liter/tahun adalah Net B/C (Benefit/Cost) 1,55; IRR (*Internal Rate of Return*) lebih besar dari 12% yaitu 23,77%; NPV (Net Present Value) positif Rp 84.451.334.345,-; Pay Back Period (PBP) pada tahun ke 6,45 tahun dan HPP (Harga Pokok Produksi) bioetanol sebesar Rp 4.058,- /liter. Dengan HPP sebesar Rp 4.058,- /liter ditetapkan harga jual bioetanol singkong sebesar Rp 6.100,-/liter.

**Kata kunci:** teknoekonomi, bioetanol, singkong, AHP, HPP

### ABSTRACT

*Bioethanol is ethanol made from biomass which contains components of sugar, starch or cellulose such as cassava and sugar cane drops. Ethanol is generally used in industry as a raw material for alcohol derivatives, a mixture for liquor such as sake or gin, and pharmaceutical and cosmetic raw materials. Based on its alcohol content, ethanol is divided into three grades, namely industrial grade with 90-94% alcohol content, neutral with 96-99.5% alcohol content, generally used for liquor or pharmaceutical raw materials, and fuel grade with alcohol content above 99, 5 - 100%. The purpose of this study was to map raw materials and techno-economic*

*analysis of bioethanol production from cassava. The research method used for mapping raw materials by processing quantitative data from secondary data and the selection of its protections with AHP. Based on AHP analysis and objective conditions, the results of the selection of potential bioethanol raw materials based on the best priorities at the national level are Cassava, Sugar Cane, Corn, Nira, Sago. From the results of the techno-economic analysis of the technical aspects of technology, marketing and financial markets show decent results. In terms of financial feasibility for cassava bioethanol production capacity of 30,000 kiloliters / year or 100 kiloliters / day. With a conversion rate of 6.5 kg of cassava / liter of bioethanol, the amount of cassava needed by this bioethanol factory is 195,000 tons / year or 650 tons / day. The amount of cassava needs is supplied from cassava gardens with an area of 5,571 ha. The eligibility criteria for investing in cassava bioethanol plants with a capacity of 30,000 kilo liters / year is Net B / C (Benefit / Cost) 1.55; IRR (Internal Rate of Return) is greater than 12%, namely 23.77%; Positive NPV (Net Present Value) of Rp 84,451,334,345, -; Pay Back Period (PBP) in year 6.45 years and HPP (Cost of Production) of bioethanol is IDR 4,058 / liter. With HPP of Rp. 4,058 / liter, the selling price of cassava bioethanol is Rp. 6,100 per liter.*

**Keywords:** techno-economics, bioethanol, cassava, AHP, HPP

## PENDAHULUAN

Bioetanol merupakan etanol yang dibuat dari biomassa yang mengandung komponen gula, pati atau selulosa seperti singkong dan tetes tebu. Etanol umumnya digunakan dalam industri sebagai bahan baku industri turunan alkohol, campuran untuk minuman keras seperti sake atau gin, dan bahan baku farmasi dan kosmetika. Berdasarkan kadar alkoholnya, etanol terbagi menjadi tiga grade yaitu grade industri dengan kadar alkohol 90-94 %, netral dengan kadar alkohol 96-99,5 %, umumnya digunakan untuk minuman keras atau bahan baku farmasi, dan grade bahan bakar dengan kadar alkohol diatas 99,5 – 100 %.

Etanol (etil alkohol) dengan rumus kimia  $C_2H_5OH$  adalah salah satu turunan dari senyawa hidrosil atau gugus OH. Etanol mempunyai sifat tidak berwarna, mudah menguap, mudah larut dalam air, memiliki berat molekul 46,1, titik didih 78,3 °C, membeku pada suhu – 117,3 °C, densitas 0,789 pada suhu 20 °C, nilai kalor 7077 kal/gram, panas laten penguapan 204 kal/gram dan angka oktan 91–105 (Alico, 1982). Etanol dapat diproduksi dari minyak bumi ataupun dari bahan nabati. Etanol dari minyak bumi (dikenal sebagai etanol sintetis) dihasilkan dari hidrasi gas ethylene yang merupakan hasil samping pemurnian minyak bumi menggunakan katalis asam pospat. Sementara etanol dari bahan nabati (dikenal sebagai bioetanol) dihasilkan dari fermentasi bahan mengandung karbohidrat.

Industri alkohol berkembang pesat pada masa Perang Dunia I dan II dengan tujuan utama sebagai bahan bakar. Pemanfaatan etanol tidak hanya terbatas sebagai bahan bakar namun digunakan pula untuk berbagai keperluan industri seperti industri minuman, industri kosmetika, industri farmasi, industri acetaldehyde dan derivat acetyl dan lainnya. Beberapa negara yang telah memanfaatkan etanol sebagai bahan bakar adalah Brazil, Amerika Serikat, Argentina, Cina, Australia, Kuba, Jepang, Selandia Baru, Afrika Selatan, Swiss, negara Eropa dan lainnya. Etanol dimanfaatkan sebagai bahan bakar setelah dicampurkan dalam bensin (gasoline). Masing-masing negara menerapkan komposisi pencampuran yang berbeda tergantung pada kebijakan yang berlaku di negara masing-masing.

Setelah Perang Dunia II, terjadi eksplorasi minyak bumi secara besar-besaran yang memungkinkan dilakukannya pembuatan etanol sintetis dengan biaya produksi yang lebih murah dibanding biaya produksi bioetanol, sehingga etanol sintetis menggantikan produksi bioetanol. Produksi bioetanol kembali dilakukan oleh beberapa negara sejak terjadinya kenaikan harga minyak bumi yang disertai ketidakpastian penyediaannya. Pengembangan bioetanol di beberapa negara terutama berdasarkan pada sumber daya alam terbarukan yang dimiliki oleh masing-masing negara.

Empat produsen utama bioetanol adalah Brazil, Amerika Serikat, Uni Eropa dan Cina. Sumber bahan baku utama untuk bioetanol di masing-masing negara berbeda, tergantung pada ketersediaan dan potensi bahan baku di negara masing-masing. Sekitar 95% dari bahan baku yang digunakan di Brazil adalah tebu. Di Amerika Serikat penggunaan jagung beberapa kali lebih banyak dibanding gandum. Kebalikan di Eropa, produksi gandum tiga kali lebih tinggi dibanding jagung (IEA, 2004). Masa depan bioetanol sangat menjanjikan. Pada Tabel 1 disajikan produksi bioetanol dunia pada tahun 2000 hingga 2006.

**Tabel 1.** Produksi bioetanol dunia – produsen utama per negara tahun 2000-2006 (milyar liter) (Litch, 2007)

Negara	Tahun						
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Kanada	0,21	0,22	0,23	0,23	0,23	0,25	0,57
USA	7,6	8,12	9,59	12,06	14,31	16,21	19,85
N & C America	8,2	8,75	10,22	12,7	14,96	16,86	20,85
Brazil	10,61	11,5	12,61	14,73	14,66	16,06	17,82
Amerika Selatan	11,07	11,95	13,04	15,18	15,14	16,57	18,59
Perancis	0,81	0,81	0,84	0,81	0,83	0,91	0,95
Jerman	0,28	0,29	0,27	0,28	0,23	0,35	0,76
Uni Eropa	2,42	2,58	2,51	2,47	2,45	2,79	3,44
Cina	2,97	3,05	3,15	3,4	3,5	3,5	3,55
India	1,72	1,78	1,8	1,77	1,23	1,1	1,65
Asia	5,79	5,96	6,14	6,47	5,93	5,81	6,43
Dunia	29,41	31,32	34,07	39,01	40,71	44,29	51,32

Bioetanol dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan atau dengan cara mencampurkannya dengan bensin (gasohol). Menurut Prihandana dan Hendroko (2007), bioetanol mempunyai tingkat oktan lebih tinggi (104 RON) dibandingkan bensin (95 RON). Saat dicampur dengan bensin, kadar oktan bensin akan meningkat dan kinerja mesin juga meningkat. Selain itu, penggunaan gasohol membuat busi dan pelumas mesin tetap bersih karena pembakarannya lebih sempurna dibandingkan bensin, serta menurunkan kadar emisi gas yang berbahaya bagi lingkungan (relatif terhadap gasolin). Keunggulan penggunaan bioetanol tersebut membuat pemerintah mengeluarkan SK Dirjen Minyak dan Gas Bumi No. 3674K/24/DJM/2006 tanggal 17 Maret 2006 tentang penggunaan bioetanol sebagai campuran bensin maksimal 10% (memproduksi gasohol E10). Berdasarkan kebijakan tersebut, road map industri bioetanol Indonesia menunjukkan kebutuhan bioetanol yang meningkat dari tahun ke tahun dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Roadmap Penyediaan dan Pemanfaatan Bioetanol di Indonesia

Deskripsi	2006	2007	2008	2009	2010	2015	2020	2025
Konsumsi bensin (ribu kl)	17.170	18.370	19.660	21.000	22.510	31.570	44.280	62.110
Target Blue Print	343	367	393	420	4106	947	2214	3106
Substitusi -Presentase (%)	1	4	7	10	10	10	10	10
-Volume (ribu kl)	172	735	1.376	2.100	2.251	3.157	4.428	6.221
Bahan baku								
- Singkong	138	588	1.100	1.680	1.800	2.526	3.542	4.969
- Sorgum	172	184	197	210	225	316	443	621
- Lain-lain	-	-	79	210	225	315	443	621
Real tanam								
- Singkong	37.674	160.524	300.300	458.640	458.400	689.598	966.966	1.356.537
- Sorgum	85.850	91.850	98.300	98.300	112.550	157.850	221.400	310.550

Indonesia sebagai negara agraris mempunyai potensi bahan baku yang sangat besar untuk menghasilkan bioetanol. Dengan penggunaan bioetanol sebagai bahan bakar motor dapat mengatasi beberapa permasalahan seperti menipisnya cadangan minyak bumi serta isu global warming yang semakin berkembang. Fakta-fakta seperti yang telah dijabarkan di atas akan memberikan prospek pengembangan bioenergi (bioetanol) yang sangat cerah bagi Indonesia.

Etanol dapat diproduksi dari berbagai bahan baku yang mengandung sejumlah gula atau bahan yang dapat dikonversi menjadi gula seperti pati atau selulosa. Teknologi konversi bioetanol dapat dibedakan berdasarkan bahan bakunya, yaitu gula, pati dan selulosa. Gula paling mudah dikonversi menjadi etanol. Biji-bijian atau bahan yang mengandung pati dikonversi terlebih dahulu menjadi gula agar dapat diubah menjadi etanol. Demikian pula dengan selulosa dan hemiselulosa diubah dahulu menjadi gula, meskipun proses konversi ini lebih sulit dibandingkan konversi dari pati, dan setelah itu gula yang terbentuk dikonversi menjadi etanol. Proses pembuatan etanol dari masing-masing bahan baku dijelaskan sebagai berikut. Pada Tabel 3 disajikan tahapan produksi etanol berdasarkan bahan baku dan teknik konversinya.

**Tabel 3.** Tahapan Produksi Etanol Berdasarkan Bahan Baku dan Teknik Konversi

Bahan Baku	Teknik Panen	Konversi Bahan Baku Menjadi Gula	Proses Pemanasan	Konversi Gula Menjadi Alkohol	Hasil Samping
Tanaman mengandung gula (tebu)	Pemotongan batang (tebu)	Bagasse-crushing, soaking, chemical treatment	Batang tebu yang telah dihancurkan (bagasse)	Fermentasi dan distilasi alkohol	Panas, listrik dan molasses
Tanaman biji-bijian (pati)	Pemanenan bagian yang mengandung pati	Separasi pati, penghancuran (milling), konversi pati menjadi gula (hidrolisis enzimatis)	Bahan bakar fosil	Fermentasi dan distilasi alkohol	Pakan ternak, pemanis
Tanaman mengandung selulosa	Seluruh bagian tanaman	Konversi selulosa menjadi gula dengan cara sakarifikasi (hidrolisis enzimatis)	Lignin dan sisa selulosa	Fermentasi dan distilasi alkohol	Panas, listrik, pakan ternak, bioplastik, dll

Tujuan penelitian ini adalah melakukan pemetaan bahan baku dan analisis teknoekonomi produksi bioethanol dari singkong.

### METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan data primer dan sekunder dengan daerah survey Jabodetabek. Pengumpulan data secara instansional ke BPS, Kementerian ESDM dan Kementerian Pertanian. Pengolahan data dilakukan dengan metode deskriptif kualitatif dan kuantitatif dalam pemetaan potensi bahan baku bioethanol. Untuk menentukan prioritas pemetaan bahan baku digunakan metode AHP. Untuk pemilihan jenis tanaman yang potensial dikembangkan sebagai bahan baku bioethanol maka kriteria yang dipertimbangkan adalah kemudahan budidaya, dukungan infrastruktur, dukungan masyarakat setempat, kebijakan pemerintah, ketersediaan bahan baku, nilai ekonomis, dukungan teknologi, aspek pasar dan pemasaran. Pada analisis AHP ini akan dilakukan survei pada responden nasional dan dilakukan juga prioritas secara nasional untuk bahan baku Bioethanol. Pada analisis teknoekonomi dilakukan analisis aspek teknis teknologis, aspek pasar dan pemasaran, aspek finansial digunakan metode kelayakan finansial dalam penentuan kelayakannya.

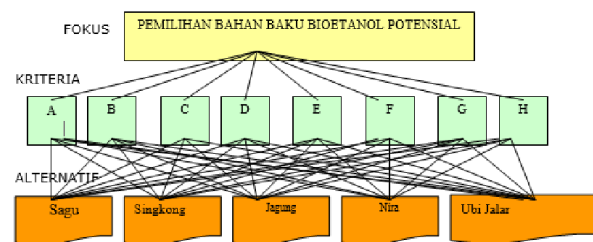
### HASIL DAN PEMBAHASAN

Kriteria yang dipertimbangkan dalam memilih jenis tanaman yang potensial dikembangkan sebagai bahan baku bioethanol adalah Kemudahan budidaya, Dukungan terhadap keamanan pangan, dukungan infrastruktur dan masyarakat setempat, Kebijakan Pemerintah, Ketersediaan bahan baku, Nilai ekonomis, Dukungan teknologi, Aspek pasar dan pemasaran. Dalam pemilihan bahan baku bioethanol potensial digunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP).

Hieraki pemilihan bahan baku bioethanol yang potensial dikembangkan disusun dalam tiga tingkatan. Pertama fokus, yaitu pemilihan bahan baku bioethanol potensial. Kedua kriteria, yaitu Kemudahan budidaya, Dukungan terhadap keamanan pangan, dukungan infrastruktur dan masyarakat setempat, Kebijakan Pemerintah, Ketersediaan bahan

baku, Nilai ekonomis, Dukungan teknologi, Aspek pasar dan pemasaran. Tingkat ketiga adalah alternatif, yaitu Sagu, Singkong, Jagung, Nira dan ubi jalar.

Lima Komoditas di atas diambil berdasarkan data BPS tahun 2017. Hirarki pengambilan keputusan dan hasil analisis pengolahan data pemilihan bahan baku Bioethanol potensial menggunakan metode AHP selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Hirarki pemilihan bahan baku bioethanol potensial di Indonesia

#### Keterangan :

**Fokus :** Pemilihan Bahan Baku Bioethanol Potensial

#### Kriteria:

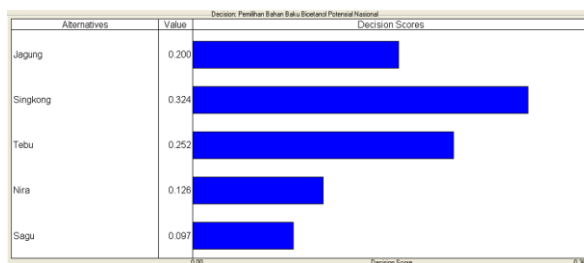
- A = Kemudahan budidaya
- B = Dukungan terhadap keamanan pangan
- C = Dukungan infrastruktur dan masyarakat setempat
- D = Kebijakan Pemerintah dan kompetensi Daerah
- E = Ketersediaan bahan baku
- F = Nilai ekonomis
- G = Dukungan teknologi
- H = Aspek pasar dan pemasaran

Hasil analisis AHP dengan menggunakan Software Criterium Decison Plus (CDP) menunjukkan bahwa Singkong adalah bahan baku yang paling potensial dengan bobot 0,328, kemudian urutan kedua jagung dengan bobot 0,251, urutan ketiga, keempat dan kelima adalah Sagu, Nira dan ubi jalar. Hasil analisis dengan CDP tampilan score pada hasil olahan data dapat dilihat pada Gambar 6.58 dan Tabel 6.51.

Kriteria AHP yang dipertimbangkan dalam memilih jenis tanaman yang potensial dikembangkan sebagai bahan baku bioethanol

adalah kemudahan budidaya, dukungan terhadap keamanan pangan, dukungan infrastruktur dan masyarakat setempat, kebijakan Pemerintah, ketersediaan bahan baku, nilai ekonomis, dukungan teknologi, aspek pasar dan pemasaran. dalam pemilihan bahan baku bioetanol potensial digunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP).

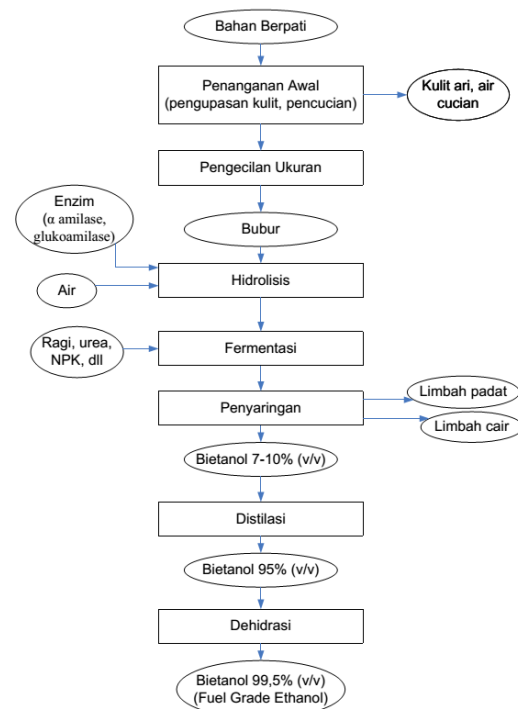
Berdasarkan kriteria yang sama dilakukan pengolahan dengan CDP maka hasil pemilihan bahan baku bioetanol yang potensial berdasarkan prioritas terbaik di tingkat Nasional adalah Singkong, Tebu, Jagung, Nira, Sagu dan dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



**Gambar 2.** Hasil Analisis AHP dengan CDP untuk pemilihan bahan baku bioetanol potensial di Indonesia

Pada aspek teknis teknologis, bahan yang mengandung pati dapat dibagi dalam 3 kategori utama yaitu (1) bahan seperti biji-bijian dimana pati dilindungi oleh kulit biji ; (2) bahan berumbi dimana pati lebih mudah diperoleh dan (3) batang tanaman, diperlukan proses ekstraksi terlebih dahulu untuk memperoleh pati. Proses penggilingan atau proses ekstraksi yang dapat mengeluarkan pati merupakan tahap awal dari proses pembuatan bioetanol. Selain itu bahan yang mengandung pati memerlukan proses pemasakan dan proses konversi pati menjadi gula sebelum proses fermentasi. Ada 2 jenis metode konversi yang digunakan dalam proses produksi bioetanol dari pati yaitu pertama menggunakan malt atau ekstrak enzim dalam ragi serta metode kedua yaitu menggunakan dilusi (pengenceran) asam dalam proses hidrolisis asam (Mathewson,1980). Tahapan proses produksi bioetanol (fuel grade ethanol) berbahan pati terdiri atas penanganan awal, pengecilan ukuran, proses hidrolisis, proses fermentasi, proses penyaringan, proses distilasi dan proses dehidrasi. Diagram alir proses produksi

bioetanol dari bahan pati disajikan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Diagram Alir Proses Produksi Bietanol dari Bahan Pati

Pada aspek pasar dan pemasaran mengklasifikasikan produknya berdasarkan karakteristik produk tersebut. Alasan pengklasifikasiannya adalah bahwa tiap-tiap jenis produk memiliki strategi bauran pemasaran masing-masing. Produk diklasifikasikan menjadi dua kelompok menurut tujuan pemakaiannya, yaitu barang konsumsi dan barang industri. Barang industri adalah barang yang diperlukan oleh industri-industri sebagai konsumennya dan dibedakan menjadi lima golongan, yaitu bahan baku, komponen dan barang setengah jadi, perlengkapan operasi, instalasi, dan perlengkapan ekstra. Bioetanol dapat digolongkan kedalam jenis barang konsumsi ataupun barang industri karena bioetanol bisa digunakan langsung ataupun menjadi komponen bahan baku pada industri bahan bakar sebagai bahan pencampur dan antiseptik.

Untuk menentukan harga suatu produk merupakan keputusan penting dari perusahaan, karena harga adalah variabel dari strategi pemasaran yang secara langsung menghasilkan pendapatan. Umumnya harga ditetapkan

perusahaan akan berada pada suatu titik antara harga yang terlalu rendah dan yang terlalu tinggi. Biaya produksi menentukan harga terendah dan persepsi konsumen terhadap nilai produk menentukan harga tertinggi. Perusahaan harus dapat menentukan harga diantara kedua titik tersebut untuk menentukan harga yang paling baik. Yang menjadi dasar penentuan harga jual bioetanol adalah dengan melihat harga pokok produksi, lalu ditambah dengan margin yang diinginkan. Penentuan harga jual ini juga dengan mempertimbangkan perkembangan harga jual bioetanol di pasar dalam dan luar negeri.

Distribusi merupakan kegiatan yang harus dilakukan oleh pengusaha untuk menyalurkan, menyebarkan, mengirim serta menyampaikan barang yang dipasarkannya kepada konsumen. Strategi distribusi industri bioetanol untuk menjual produknya dapat dilakukan melalui organisasi penjualan untuk menjual secara langsung ke pelanggan industri, melalui distributor industri yang menjual ke pelanggan industri, melalui representatif produsen atau cabang penjualannya sendiri langsung ke pelanggan industri.

Promosi pada hakekatnya merupakan suatu bentuk komunikasi yang mencoba mempengaruhi perilaku pembelian dari pelanggan maupun calon pelanggan. Peran promosi adalah menjelaskan atau menginformasikan kepada pelanggan mengenai karakteristik dan keunggulan dari produk yang dimiliki. Promosi menunjukkan berbagai kegiatan yang dilakukan perusahaan untuk mengkomunikasikan kebaikan produknya, membujuk dan mengingatkan para pelanggan dan konsumen untuk membeli produk tersebut. Promosi untuk menjual bioetanol yang dihasilkan oleh industri dapat dilakukan dengan cara memanfaatkan jaringan internet dengan membuat website yang lengkap dan terintegrasi sehingga calon konsumen dapat memperoleh informasi yang cukup dan menarik mengenai produk yang ditawarkan. Selain itu membangun brand image perusahaan sebagai produsen penghasil bioetanol juga perlu dilakukan. Tabel 4 berikut ini menunjukkan standar mutu bioetanol yang dikeluarkan pemerintah Indonesia.

**Tabel 4.** Syarat Mutu Bioetanol Terdenaturasi untuk Gasohol

No	Sifat	Unit, min/max	Spesifikasi <sup>1)</sup>
1	Kadar etanol	%-v, min	99,5 (sebelum denaturasi) <sup>2)</sup> 94,0 (setelah denaturasi)
2	Kadar metanol	mg/L, max	300
3	Kadar air	%-v, max	1
4	Kadar denaturan	%-v, min	2
		%-v, max	5
5	Kadar tembaga (Cu)	mg/kg, max	0,1
6	Keasaman sebagai CH <sub>3</sub> COOH	mg/L, max	30
7	Tampakan		Jernih dan terang, tidak ada endapan dan kotoran
8	Kadar ion klorida (Cl <sup>-</sup> )	mg/L, max	40
9	Kandungan belerang (S)	mg/L, max	50
10	Kadar getah (gum), dicuci	mg/100 ml, max	5,0
11	pH		6,5-9,0

Penentuan kapasitas produksi bioetanol berdasarkan ketersediaan bahan baku yang ada saat ini dan skala ekonomis untuk pabrik skala menengah besar. Analisis finansial yang disajikan dalam menghitung kelayakan industri bioetanol meliputi kebutuhan biaya investasi, modal kerja, biaya bahan baku, biaya tenaga kerja, biaya umum, biaya operasional, laba rugi, arus kas serta kajian terhadap parameter kelayakan investasi. Dalam perhitungan aspek finansial ini asumsi-asumsi umum yang digunakan adalah (1). Kredit investasi dan modal kerja dalam bentuk rupiah, (2). Seluruh barang yang diproduksi habis terjual dan pembayaran hasil penjualan dilakukan pada tahun itu juga. (3). Berbagai kombinasi harga untuk seluruh item dianggap konstan selama dilakukan pengkajian. (4). Umur proyek ditetapkan selama 15 tahun. (5). Tingkat suku bunga pinjaman adalah 12 persen/tahun, (6). Perbandingan antara modal sendiri dengan modal pinjaman (debt equity ratio) adalah 30% modal sendiri dan 70% modal pinjaman. (7). Penyusutan dihitung dengan menggunakan metode garis lurus, dengan nilai sisa (salvage value) untuk semua peralatan adalah 10 persen. (8). Lama pembangunan pabrik dan uji coba produksi adalah 1 tahun dan dihitung sebagai tahun ke-0. Kapasitas produksi tahun pertama adalah 50%. Kapasitas produksi pada tahun kedua adalah 90%, tahun-tahun selanjutnya kapasitas produksi adalah 100%. (9). Situasi dan kondisi politik dan keamanan di Indonesia stabil dan kondusif.

Kapasitas produksi bioetanol singkong ditetapkan sebesar 30.000 kiloliter/tahun atau 100 kiloliter/hari. Dengan tingkat konversi 6,5 kg singkong/liter bioetanol, jumlah singkong yang dibutuhkan oleh pabrik bioetanol ini adalah sebanyak 195.000 ton/tahun atau 650

ton/hari. Kebutuhan singkong sebesar itu disuplai dari kebun singkong dengan luasan 5.571 ha. Kapasitas produksi, kebutuhan bahan baku dan luasan budidaya disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Kapasitas produksi, kebutuhan bahan baku dan luasan budidaya

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Kapasitas produksi bioetanol	30,000	kilo liter/tahun
		2.500	kilo liter/bulan
		100	kilo liter/hari
2	Konversi singkong menjadi bioetanol (kadar 96%)	6,5	kg/L
		6,5	Ton/kilo liter
3	Singkong yang dibutuhkan	195,000	ton/tahun
		16,250	ton/bulan
4	Produktivitas lahan	650	ton/hari
		35	ton/hektar
5	Kebutuhan luasan lahan	5.571	ha/tahun
		464	ha/bulan
		19	ha/hari

Asumsi-asumsi lain yang digunakan dalam perhitungan analisis finansial diantaranya adalah jumlah hari kerja per tahun 300 hari, kapasitas olah efektif 100%, dan nilai kurs Rp 10.000/US\$. Paramater lain yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Asumsi Perhitungan Analisis Finansial Pabrik Bioetanol Singkong

No	Uraian	Nilai	Satuan
1	Operasional pabrik	25	Hari
		12	Bulan
		300	Hari
2	Efektivitas kapasitas olah actual	100%	
		195.000	ton Ubikayu/tahun
3	Keuangan	30.000	Kilo liter/tahun
		10.000	Rp/US\$
4	Bahan Baku, Kimia dan Tambahan	35,0	US\$/Ton
		350.000	Rp/Ton
		0,26	US\$/kg
		2,579	Rp/kg
		0,55	US\$/kg
		5,500	Rp/kg
		0,18	US\$/kg
		1,842	Rp/kg
		0,46	US\$/kg
		4,605	Rp/kg
		2,21	US\$/kg
		22,100	Rp/kg
		7,37	US\$/kg
		73,684	Rp/kg
		9,21	US\$/kg
92,105	Rp/kg		
5	Utilitas dan konsumsi	0,27	US\$/kg
		2,737	Rp/kg
		0,05	US\$/kg
		500	Rp/kg
		8,40	US\$/ton
6	Biaya lain	84.000	Rp/ton
		0,030	US\$/m <sup>3</sup>
		300	Rp/m <sup>3</sup>
		0,06	USD/KWh
		600	Rp/KWh
7	Harga produk	1,0	US\$/ton
		10.000	Rp/Ton
		5%	dari nilai investasi fisik
7	Harga produk	1%	dari nilai penjualan
		2,5%	dari nilai investasi fisik
		0,5%	dari nilai penjualan
		2%	dari nilai penjualan
		1,5%	dari nilai penjualan
7	Harga Bioetanol	610	US\$/kilo liter
		6.100.000	Rp/kilo liter
		6.100	Rp/kilo liter

Dana investasi yang dibutuhkan untuk pendirian pabrik bioetanol singkong meliputi investasi tetap, bunga selama masa konstruksi atau Interest During Constraction (IDC), dan modal kerja. Investasi tetap terdiri dari biaya persiapan, lahan dan bangunan, serta mesin peralatan. Investasi tetap ditambah dengan kontingensi dan PPN dihitung sebagai biaya proyek. IDC adalah biaya bunga dari hasil pinjaman bank selama pendirian pabrik. Modal kerja adalah modal awal yang dikeluarkan untuk keperluan pengadaan bahan dan utilitas, tenaga kerja, biaya umum dan biaya operasional untuk menjalankan usaha untuk waktu tertentu. Total kebutuhan dana investasi yang diperlukan adalah sebesar Rp 212.721.402.993,- disajikan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Perkiraan Biaya Investasi dan Modal Kerja Pabrik Bioetanol Singkong

No	Deskripsi	Jumlah (Rp)
I	<b>Investasi tetap</b>	
	Persiapan	400.000.000
	Lahan dan Bangunan	9.800.000.000
	Mesin dan Peralatan	123.550.000.000
	Investasi tetap	133.750.000.000
	Kontingensi (5%)	6.687.500.000
	PPN (10%)	14.043.750.000
	<b>Biaya Proyek</b>	<b>154.481.250.000</b>
II	<b>IDC</b>	<b>8.650.950.000</b>
III	<b>Modal kerja</b>	<b>49.589.202.993</b>
	<b>Total Investasi</b>	<b>212.721.402.993</b>

Kebutuhan dana investasi ini akan disediakan melalui pinjaman dari bank dan modal sendiri. Perbandingan antara pinjaman bank dengan modal sendiri (debt equity ratio) adalah 70% : 30%. Dari total kebutuhan biaya investasi yang merupakan pinjaman bank adalah Rp 148.904.982.095 95,- dan yang merupakan modal sendiri adalah sebesar Rp 63.816.420.898,- dengan tingkat suku bunga pinjaman sebesar 12% per tahun. Biaya operasional merupakan biaya yang diperlukan untuk menjalankan kegiatan pabrik. Biaya operasional pabrik terdiri dari biaya bahan dan utilitas, biaya tenaga kerja, biaya umum dan biaya penyusutan. Total kebutuhan biaya operasional industri bioetanol singkong pada kapasitas penuh adalah sebesar Rp 115.954.926.206,- per tahun. Secara rinci, kebutuhan biaya operasional industri bioetanol ini dapat dilihat pada Tabel 8.



**Tabel 8.** Biaya Operasional Pabrik Bioetanol dari Singkong

No	Uraian	Tahun 1 (Rp)	Tahun 2 (Rp)	Tahun 3 (Rp)	Tahun 4-15 (Rp)
1	Biaya bahan dan utilitas bioetanol	42.157.582.895	75.883.649.211	84.315.165.789	84.315.165.789
2	Biaya tenaga kerja	2.247.000.000	2.247.000.000	2.247.000.000	2.247.000.000
3	Biaya umum	16.161.093.750	19.821.093.750	20.736.093.750	20.736.093.750
4	Biaya penyusutan	8.656.666.667	8.656.666.667	8.656.666.667	8.656.666.667
	<b>Total</b>	<b>69.222.343.311</b>	<b>106.608.409.627</b>	<b>115.954.926.206</b>	<b>115.954.926.206</b>

Proyeksi rugi laba dihitung untuk mengetahui tingkat profitabilitas suatu usaha yang akan dijalankan. Profitabilitas usaha ini dilihat dari rugi/laba yang timbul akibat kegiatan operasional pabrik. Arus kas terdiri dari uraian pemasukan dan pengeluaran yang terjadi selama berlangsungnya proses produksi dan penjualan selama umur proyek berlangsung. Pada akhir tahun pertama dengan total produksi 50% dari kapasitas terpasang sudah diperoleh laba operasi sebesar Rp 3.086.358.686,-. Tahun kedua dengan total produksi 90% dari kapasitas terpasang diperoleh laba operasi sebesar Rp 28.989.980.165,- dan tahun ketiga dengan total produksi 100% dari kapasitas terpasang diperoleh laba operasi sebesar Rp 36.091.286.459,-.

Salah satu kriteria penentuan keputusan untuk merealisasikan suatu proyek adalah dengan berdasarkan perhitungan kriteria kelayakan investasi. Adapun kriteria investasi yang digunakan dalam aspek finansial ini meliputi B/C Ratio, NPV, IRR, PBP, dan HPP. Kriteria kelayakan investasi pabrik bioetanol singkong dengan kapasitas 30.000 kilo liter/tahun adalah Net B/C (Benefit/Cost) 1,55; IRR (Internal Rate of Return) lebih besar dari 12% yaitu 23,77%; NPV (Net Present Value) positif Rp 84.451.334.345,-; Pay Back Period (PBP) pada tahun ke 6,45 tahun dan HPP (Harga Pokok Produksi) bioetanol sebesar Rp 4.058,-/liter. Dengan HPP sebesar Rp 4.058,-/liter ditetapkan harga jual bioetanol singkong sebesar Rp 6.100,-/liter.

Analisis sensitivitas dilakukan untuk melihat seberapa jauh proyek dapat dilaksanakan mengikuti perubahan harga bahan baku dan harga jual bioetanol. Hasil analisis sensitivitas menunjukkan kenaikan harga bahan baku 57% dengan harga jual tetap dan penurunan harga jual bioetanol sebesar 10% tanpa perubahan harga bahan baku serta kenaikan harga bahan baku sebesar 12% dan penurunan harga jual sebesar 10% pada proyek industri bioetanol masih memberikan hasil yang layak.

Kriteria kelayakan dan analisis sensitivitas industri bioetanol singkong disajikan pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Kriteria Kelayakan dan Analisis Sensitivitas Pabrik Bioetanol Singkong

Variabel yang Berubah	Basic	Perubahan		
□ Harga Bahan Baku	0%	57%	0%	12,0%
□ Harga Jual Bioetanol	0%	0%	-10,0%	-10,0%
□ Harga Bahan Baku per ton (Rp)	350.000	549.500	350.000	392.000
□ Harga Jual Bioetanol per KL (Rp)	6.100.000	6.100.000	5.490.000	5.490.000
<b>Kriteria Kelayakan</b>				
Net B/C	1,55	1,00	1,07	1,01
IRR	23,77%	15,01%	16,30%	15,25%
NPV (Rp x 1000)	84.451.334	117.042	12.162.927	2.358.314
PBP (tahun)	6,45	11,79	10,79	11,62
HPP (Rp/kilo liter)	4.058.208	7.767.623	4.024.419	4.682.532
HPP (Rp/liter)	4.058	7.768	4.024	4.683

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka kesimpulannya adalah sebagai berikut:

- Berdasarkan analisis AHP dan kondisi obyektif maka hasil pemilihan bahan baku bioetanol yang potensial berdasarkan prioritas terbaik di Indonesia adalah Singkong, Tebu, Jagung, Nira, Sagu
- Dari hasil analisis teknoekonomi aspek teknis teknologis, pasar pemasaran dan finansial menunjukkan hasil layak. Dari sisi kelayakan finansial pada Kapasitas produksi bioetanol singkong sebesar 30.000 kiloliter/tahun atau 100 kiloliter/hari. Dengan tingkat konversi 6,5 kg singkong/liter bioetanol, jumlah singkong yang dibutuhkan oleh pabrik bioetanol ini adalah sebanyak 195.000 ton/tahun atau 650 ton/hari. Kebutuhan singkong sebesar itu disuplai dari kebun singkong dengan luasan 5.571 ha. Kriteria kelayakan investasi pabrik bioetanol singkong dengan kapasitas 30.000 kilo liter/tahun adalah Net B/C (Benefit/Cost) 1,55; IRR (Internal Rate of Return) lebih besar dari 12% yaitu 23,77%; NPV (Net Present Value) positif Rp 84.451.334.345,-; Pay Back Period (PBP) pada tahun ke 6,45 tahun dan HPP (Harga Pokok Produksi) bioetanol sebesar Rp 4.058,-/liter. Dengan HPP sebesar Rp 4.058,-/liter ditetapkan harga jual bioetanol singkong sebesar Rp 6.100,-/liter.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih kepada LPPM Universitas Muhammadiyah Jakarta atas Pendanaan dalam skema Hibah Penelitian Kompetitif LPPM UMJ dengan SK Rektor UMJ Nomor 124



tahun 2018 dan Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik UMJ atas fasilitas yang digunakan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Saaty TL, *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin: Proses Hirarki Analitik untuk Pengambilan Keputusan dalam Situasi Yang Kompleks*. Setiono L, penerjemah; Jakarta: Pustaka Binaman Presindo. Terjemahan (1993)
- Soeharto, *Manajemen Proyek Industri (Persiapan, Pelaksanaan dan Pengelolaan)*. Erlangga, Jakarta (1990)
- Tatang H. Soerawidjaja, 5 November 2016, *Jalan Lurus Menuju Ke Penggantian Minyak Bumi*, Seminar Nasional I-Challenge (Indonesia Chemical Engineering Event) Proses dan Teknologi Pendayagunaan Sumber Daya Alam Indonesia, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur (2016)
- Amelia, A.R. (2016) *Hitung-Hitungan Skema Baru Kontrak Migas Gross Split*, *Katadata News and Research*, katadata.co.id, Diakses tanggal 27 September 2017.
- APP (2014) *Sustainability Report 2014, Asia Pulp and Paper*, Jakarta. APRIL (2014) *Sustainability Report 2013-2014*, APRIL Group, Jakarta.
- CDIEMR (2016) *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2016*, Center for Data and Information on Energy and Mineral Resources, Ministry of Energy and Mineral Resources, Jakarta.
- CEC (2017) *Renewable Energy Transmission Initiative 2.0, California Energy Commission*.
- Ciarcia, D. (2011) *Charging ahead GE EV Solutions*, Presented at IEEE NYC Chapter.
- Ditjen EBTKE (2016) *Buku Informasi Bioenergi, Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi*, Kementerian ESDM, Jakarta.
- Ditjen EBTKE (2016a) *Buku Profil Sukses Penerapan Bioenergi di Indonesia, Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi*, Kementerian ESDM, Jakarta.
- Ditjen EBTKE (2016b) *Statistik Energi Baru dan Terbarukan (Edisi 2013-2016)*, Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, Kementerian ESDM, Jakarta.
- Ditjen Migas (2015) *Statistik Minyak dan Gas Bumi 2015*, Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Kementerian ESDM, Jakarta.
- Ditjen Migas (2017) *Neraca Gas Bumi Indonesia Tahun 2016-2035*, Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Kementerian ESDM, Jakarta.
- Ditjen Minerba (2015) *Indonesia Mineral and Coal Information 2015*, Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, Kementerian ESDM, Jakarta.
- EIA (2016) *Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants*, Energy Information Administration, Washington, D.C.
- Hendrawati, T.Y., Siswahyu, A., and Ramadhan, A.I. (2017) *Pre-Feasibility Study of Bioavtur Production with HEFA Process In Indonesia*, *International Journal of Scientific & Technology Research*, Vol.6 (04).
- IEA (2010) *Energy Technology Perspectives 2010: Scenario & Strategies to 2050*, International Energy Agency, Paris.
- Kemenhub (2016a) *Statistik Perhubungan 2015*, Buku I, Kementerian Perhubungan, Jakarta. Kemenkeu (2017) *Nota Keuangan RAPBN 2017*, Kementerian Keuangan, Jakarta.
- Kemenperin & PT EMI (2011) *Implementation of Energy Conservation and CO2 Emission Reduction in Industrial Sector*, Kementerian Perindustrian dan PT Energy Management Indonesia, Jakarta.
- Kemenperin (2012) *Peta Panduan (Road Map) Pengurangan Emisi CO2 Industri Semen di Indonesia*, Kementerian Perindustrian, Jakarta.
- KESDM (2015) *Rencana Strategis 2015 – 2019*, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- KLHK (2016) *Perubahan Iklim, Perjanjian Paris dan Nationally Determined Contribution*, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Jakarta.

BPPT (2015) *Outlook Energi Indonesia 2015*, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta.

Ditjen Migas (2015) *Peta Jalan Kebijakan Gas Bumi Nasional 2014-2030*, Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.

IEA (2014) *Energy Technology Roadmaps: a guide to development and implementation*, International Energy Agency, Paris.

CDIEMR (2015) *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2015*, Center for Data and Information on Energy and Mineral Resources, Kemenristek (2006) *Buku Putih Penelitian, Pengembangan Dan Penerapan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi Energi Baru Dan Terbarukan Untuk Mendukung Keamanan Ketersediaan Energi Tahun 2005 – 2025*, Kementerian Negara Riset dan Teknologi, Jakarta.