BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

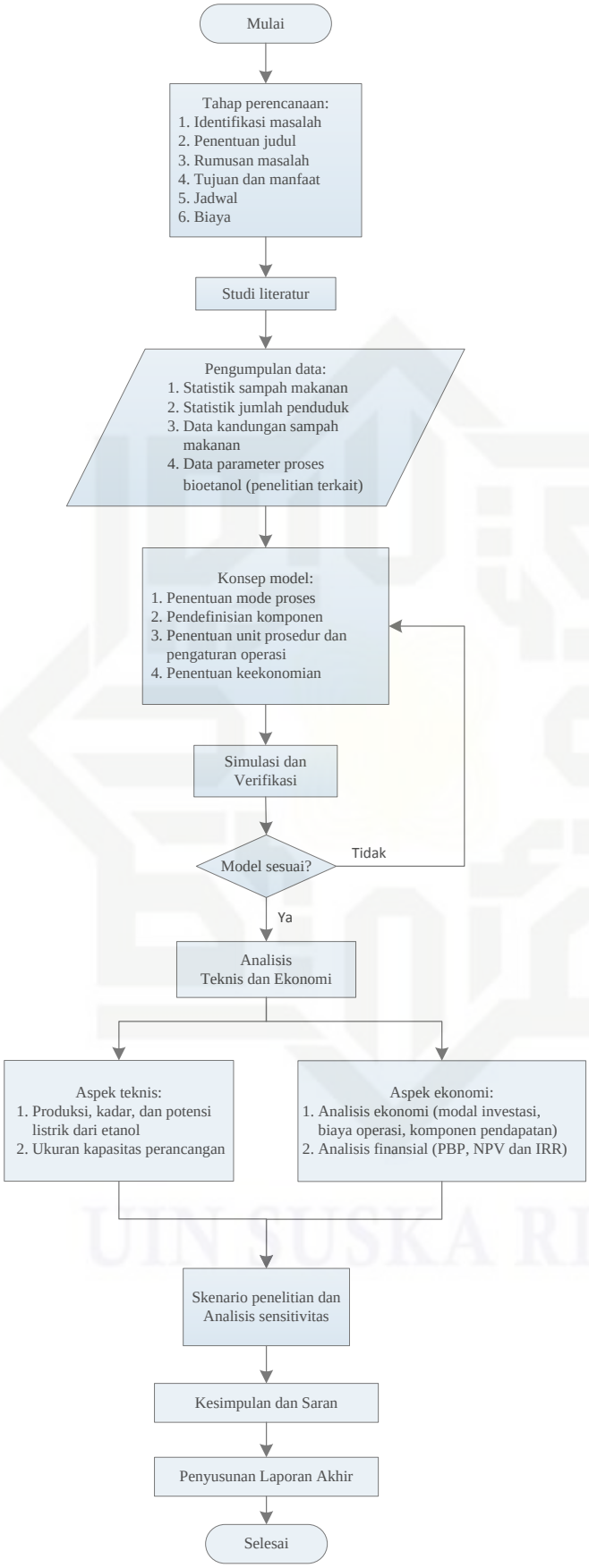
Penelitian ini merupakan penelitian simulasi yang bertujuan untuk mencari gambaran melalui sebuah sistem berskala kecil atau sederhana (pemodelan) dimana di dalam model tersebut akan dilakukan manipulasi atau kontrol untuk melihat pengaruhnya. Penelitian simulasi ini bertujuan untuk memberikan gambaran kesesuaian penerapan suatu teknik melalui pemodelan proses sehingga teknik tersebut tidak akan mengalami kerugian tak terduga sebelumnya ketika diterapkan.

Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data-data potensi bioetanol yang dihasilkan dari sampah makanan dan kemudian dilakukan analisis teknis dan ekonomi melalui simulasi software untuk mendapatkan model proses yang dapat diterapkan. Pengkajian aspek teknis meliputi potensi bioetanol yang dihasilkan, kapasitas produksi serta perhitungan dan jenis peralatan yang digunakan, sedangkan aspek ekonomi terdiri dari analisis ekonomi yaitu modal investasi, biaya operasi dan analisis finansial yang meliputi *Net Present Value* (*NPV*), *Internal Rate of Return* (*IRR*), *Payback Periods* (*PBP*) dan analisis sensitivitas.

3.2 Proses Alur Penelitian

Secara garis besar proses penelitian dimulai dengan tahap perencanaan dengan mengidentifikasi masalah, penentuan judul, rumusan masalah, membuat tujuan dan manfaat penelitian dan dilanjutkan dengan menentukan jadwal dan biaya penelitian yang diperlukan. Tahap selanjutnya adalah melakukan studi literatur dan pengumpulan data yang mendukung penelitian. Setelah semua data tersebut dikumpul, tahap selanjutnya adalah mengolah data tersebut dengan membuat konsep model (pemodelan sistem) dan dilanjutkan dengan melakukan simulasi dan verifikasi. Jika model sistem tidak memenuhi standar minimum maka kembali ke tahap pemodelan (konsep model), jika memenuhi maka dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya. Tahap selanjutnya adalah menganalisis aspek teknis dan ekonomi berdasarkan hasil simulasi dan dilanjutkan dengan membuat skenario penelitian serta analisis hasil skenario tersebut (analisis sensitivitas). Setelah itu tahap selanjutnya adalah membuat kesimpulan berdasarkan tahap dan hasil penelitian yang kemudian disusun dalam pembuatan laporan Tugas Akhir.

© Hak cipta milik UIN Sultan Syarif Kasim Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.3 Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan merupakan sebuah tahapan paling awal dalam sebuah penelitian. Adapun perencanaan pada penelitian ini disusun sebagai berikut:

1. Identifikasi Masalah

   Adapun masalah utama yang diangkat dalam penelitian ini adalah meningkatnya kebutuhan energi listrik Kota Pekanbaru yang masih bergantung pada energi fosil serta meningkatnya jumlah sampah Kota Pekanbaru dengan sistem pengelolaan yang belum baik, sedangkan di sisi lain potensi energi terbarukan khususnya sampah makanan di Kota Pekanbaru dinilai bagus untuk dimanfaatkan secara optimal sebagai bioetanol. Dengan adanya masalah tersebut dinilai kebutuhan energi listrik di Kota Pekanbaru akan terpenuhi dengan mengurangi ketergantungan terhadap energi fosil.

2. Penentuan Judul

   Judul adalah dasar berpikir pada sebuah penelitian yang dapat menggambarkan secara garis besar penelitian yang di angkat berdasarkan permasalahan untuk sebuah solusi dari permasalahan tersebut. Oleh karena itu, judul penelitian ini adalah "Pemodelan Proses dan Analisis Ekonomi Produksi Bioetanol dengan Memanfaatkan Sampah Makanan Di Kota Pekanbaru Sebagai Bahan Bakar Generator Set".

3. Rumusan Masalah

   Beberapa pertanyaan yang akan dijawab pada hasil penelitian ini adalah bagaimana potensi etanol dari sampah makanan serta energi listrik yang dikandungnya, pemodelan proses yang sesuai serta aspek ekonomi yang dapat diterapkan.

4. Tujuan dan Manfaat

   Target yang akan dicapai berhubungan dengan identifikasi masalah yang telah di tentukan. Tujuan yang ingin di capai adalah mengetahui secara ilmiah potensi serta aspek teknis dan ekonomis produksi bioetanol dengan memanfaatkan sampah makanan di Kota Pekanbaru sebagai bahan bakar generator set melalui pemodelan proses pada simulasi *software* berdasarkan penelitian yang akan dilakukan. Manfaat dari penelitian sebagai rekomendasi kepada pemerintah Kota Pekanbaru dalam pengolahan dan pengoptimalan pemanfaatan sampah makanan di Kota Pekanbaru.

5. Jadwal

   Agar penelitian ini dapat berjalan dengan baik maka perlu dilakukan penjadwalan penelitian yang disusun dengan pertimbangan yang baik.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

6. Biaya Penelitian

   Biaya pada penelitian ini adalah biaya transportasi yang digunakan dalam pengumpulan data di Institusi terkait yaitu Dinas Kebersihan dan Pertamanan Pekanbaru.

3.4 Studi Literatur

Tahap ini mengumpulkan beberapa penelitian yang dibutuhkan untuk referensi pada penelitian kali ini, seperti Tugas Akhir, buku dan jurnal. Pada setiap penelitian yang berhubungan akan di analisis teori yang dipakai, metode serta hasil penelitian. Pada buku akan di dapat teori yang mendukung penelitian ini pada hasil yang lebih baik.

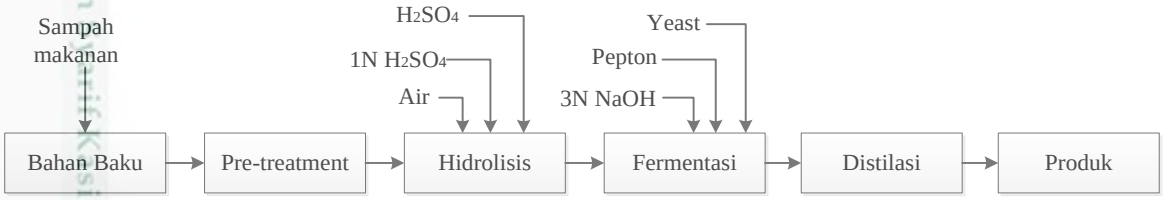
3.5 Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode pemodelan dan simulasi dengan pendekatan literatur menggunakan piranti SuperPro Designer. Oleh sebab itu, diperlukan data untuk mendukung penelitian. Data yang dikumpulkan terdiri dari:

1. Statistik jumlah penduduk Pekanbaru yang berasal dari Badan Pusat Statistik (BPS) Pekanbaru dan statistik sampah makanan yang berasal dari Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP) Pekanbaru. Data ini digunakan untuk mendapatkan jumlah potensi sampah makanan pada beberapa tahun mendatang.
2. Data kandungan sampah makanan yang ada di TPA Muara Fajar Kota Pekanbaru sehingga didapatkan jumlah potensi bioetanol yang dihasilkan.
3. Data parameter proses yang diperoleh dari penelitian terkait (hasil lab-eksperimen dan penelitian sebelumnya).

3.6 Diagram Alir Proses

Penelitian simulasi ini perlu ditentukan tahapan-tahapan proses produksi etanol antara lain tahap *pre-treatment* (persiapan), tahap hidrolisis, tahap fermentasi serta tahap distilasi (pemurnian) yang akan dilakukan pada kertas kerja SuperPro. Adapun diagram alir proses produksi bioetanol pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan parameter dari tiap-tiap tahapan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.1.



Gambar 3.2 Skema proses tahap produksi bioetanol

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 3.1 Parameter tahapan produksi bioetanol

Tahap	Proses	Input	Sumber Acuan/ Penelitian Terdahulu)
Pre-treatment	Pencacahan sampah makanan	Sampah makanan	Moon dkk (2009) Kim dkk (2011) Yan dkk (2011) Yan dkk (2012)
Hidrolisis	Pencampuran air (*Mixing*)	Air : Sampah makanan = (1:1)	Kim dkk (2008) Yan dkk (2012)
	Penambahan H_2SO_4	H_2SO_4 : *Mixing* = (1:1,5)	Akpan dkk (2008)
	pH = 2	H_2SO_4 = 1N	Man dkk (2010)
		Suhu (^oC) = 100^oC	Akpan dkk (2008)
		Waktu (T) = 6 jam	
Fementasi	Penambahan ragi (*yeast*)	Ragi = 2% substrat	Kim dkk (2008) Moon dkk (2009) Yan dkk (2011) Yan dkk (2012)
	Penambahan pepton	Pepton = 2% substrat	Moon dkk (2009) Yan dkk (2011)
	pH = 4.5	NaOH = 3N	
		Suhu (^oC) = 30^oC	Moon dkk (2009) Yan dkk (2011) Yan dkk (2012)
		Waktu (T) = 18 Hari	Rakhmadani dkk (2012)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Tabel 3.1 Parameter tahapan produksi bioetanol (lanjutan)

Distilasi	*Distilate*	*Dew point* (^oC) = Pers. 2.14, 2.15, 2.16	(Perry, 2008)
	Bottom product	*Bubble point* (^oC) = Pers. 2.14, 2.15, 2.17	
	R/Rmin	Pers. 2.18, 2.19	
	Relative volatility	Pers. 2.20, 2.21	

3.7 Konsep Model (Menyusun Simulasi)

3.7.1 Penentuan Mode Proses

Pemilihan proses ini bergantung pada proses yang akan dilakukan, pemilihan proses terbagi dalam 2 pilihan yakni *batch* dan *continuous*. Pemilihan tersebut dilakukan di awal setelah membuka *software* tersebut dan memilih *new sheet*. Pada penelitian ini, beberapa proses memerlukan pengaturan jadwal seperti proses hidrolisis dan fermentasi. Oleh sebab itu, mode proses yang akan digunakan adalah mode *batch*.

3.7.2 Pendefinisian Komponen

Setelah menentukan jenis proses, tahap selanjutnya adalah melakukan *input* komponen-komponen yang terlibat di dalam proses. Komponen di dalam SuperPro terdiri dari dua kategori yakni *pure components* dan *stock mixtures* (campuran). *Pure components* ialah komponen yang diasumsikan tunggal yang terlibat di dalam proses. *Pure components* pada penelitian ini adalah *glucose, starch, cellulose, carbon dioxide, ethyl alcohol, Sulfuric Acid* (H_2SO_4), *Sodium Hydroxide* (NaOH), *nitrogen, oxygen, water, peptone* dan *yeast*. Adapun *stock mixtures* adalah campuran dari *pure components*. *Stock mixtures* pada penelitian ini adalah sampah makanan. Potensi sampah yang akan dianalisis adalah potensi sampah pada tahun 2020. Prediksi jumlah sampah makanan tersebut menggunakan metode geometrik dan regresi linier (lihat pers. 2.1-2.4). Pada versi SuperPro sebelumnya, properti fisik pada *database* komponen ini tidak dapat dimodifikasi dan untuk versi SuperPro 5.5 ke atas sudah dapat dimodifikasi.

Pada penelitian ini, beberapa komponen tidak terdapat di dalam *database* SuperPro seperti *starch*, *cellulose* dan *peptone*. Oleh sebab itu, penulis melakukan penambahan *pure*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

components dengan mengatur properti fisik pada komponen-komponen tersebut seperti formula kimia, *molecular weights, density,* dan *boiling point*. *Datasheet* properti fisik tersebut diperoleh dari *website (sciencelab* dan *wolframalpha*).

3.7.3 Penentuan Unit Prosedur dan Pengaturan Operasi

Setelah mendefinisikan komponen-komponen yang terlibat di dalam proses, tahapan selanjutnya adalah memilih peralatan yang terkait dalam proses sesuai pertimbangan jenis komponen dan kondisi operasi. Konsep dari penyusunan unit prosedur adalah kunci dalam memodelkan proses dengan menggunakan SuperPro. Penambahan unit prosedur dapat dilakukan dengan memilih unit prosedur yang diinginkan pada *tabs unit procedures* menurut kategori-kategori yang tersedia yang selanjutnya diletakkan pada kertas kerja. Selanjutnya adalah memasukkan unit operasi di dalam unit prosedur tersebut. Unit operasi yang dipilih ini merupakan langkah kerja yang akan dilakukan oleh unit prosedur tersebut. Pada penelitian ini pengaturan operasi dari unit prosedur dipilih berdasarkan kebutuhan (lihat Tabel 2.6).

Setelah pengaturan operasi di dalam unit prosedur, perlu dilakukan penjadwalan atau *scheduling* dari tiap unit prosedur, hal ini dapat dilakukan melalui menu *scheduling* di tiap unit prosedur. Penjadwalan yang sudah dilakukan kemudian ditentukan kondisi operasi serta spesifikasinya. Kondisi-kondisi operasi yang ditentukan berdasarkan penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan proses produksi bioetanol ini. Untuk spesifikasi, mode yang digunakan pada penelitian berbasis simulasi ini adalah mode *design*. Mode *design* menghitung spesifikasi peralatan secara otomatis oleh *software*. Peralatan yang sudah diinput pada kertas kerja, langkah selanjutnya ialah menghubungkan masing-masing peralatan dari *raw material* hingga berakhir ke produk (Pratama, 2012). Adapun unit prosedur serta pengaturan operasi pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 3.2 Unit prosedur dan pengaturan operasi

No.	Unit prosedur	Pengaturan operasi
1.	*Tank storage* (sampah makanan, air, H_2SO_4, NaOH, *peptone*, *yeast*, *distillat*)	*Store*
2.	*Screw Conveyor*	*Convey*
3.	*Hammer Mill*	*Grind*

Hak Cipta Milik UIN Suska Riau
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 3.2 Unit prosedur dan pengaturan operasi (lanjutan)

No.	Unit prosedur	Pengaturan operasi
4.	*Blending storage* (Pengasaman dan Pembasaan)	*Charge, Transfer In, Transfer Out*
5.	*Sedimentation* (*Decanting*)	*Decant*
6.	*Splitting*	*Split*
7.	*Heat exchanger* (*heating* dan *cooling*)	*Cool, Heat*
8.	*Reactor*	*Charge, React (Stoichiometric), Transfer In, Transfer Out*
9.	*Fermentor*	*Charge, Ferment (Stoichiometric), Transfer Out, Transfer In*
10.	*Centrifuge* (*Decanter*)	*Centrifuge*
11.	*Centrifugal pump*	*Pump*
12.	*Distillation*	*Distill*

3.7.4 Penentuan Keekonomian

Pada penelitian kali ini salah satu tujuannya ialah menentukan nilai aspek ekonomi secara kasar. Oleh karena itu, diperlukan penentuan keekonomiaan. SuperPro memiliki fitur dalam memasukkan data yang diperlukan tersebut, yaitu:

3.7.4.1 Modal Investasi

Modal investasi tetap adalah modal yang diperlukan untuk menyediakan segala peralatan dan fasilitas manufaktur pabrik. Estimasi masing-masing modal investasi tersebut dapat dilihat pada tabel 2.7. Modal tetap yang digunakan pada instalasi produksi bioetanol menggunakan bahan baku sampah makanan ini terdiri dari:

1. Modal Investasi Tetap Langsung (*Direct Fixed Capital Investment*)

   Modal investasi tetap langsung ini meliputi:

   a. Modal bangunan

      Harga tanah dan pembangunan gedung yang relatif murah merupakan daya tarik tersendiri tetapi perlu dikaitkan dengan rencana jangka panjang untuk masa yang akan datang, misalnya termasuk dikompleks daerah industri ataupun hanya di daerah tersebut.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

b. Modal peralatan proses

Peralatan proses merupakan peralatan utama dalam instalasi produksi bioetanol Peralatan proses pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2. Spesifikasi peralatan dikalkulasi secara otomatis oleh *software*. Adapun harga unit (peralatan) berasal dari *website* (Matche) dan juga berdasarkan harga yang telah tersedia di dalam *software*. Peralatan pada penelitian ini berasal dari luar negeri sehingga dikenakan pajak impor.

c. Instrumentasi dan alat kontrol

Instrumentasi merupakan suatu sistem atau susunan peralatan yang dipakai di dalam suatu proses kontrol untuk mengatur jalannya suatu proses agar diperoleh hasil sesuai dengan yang diharapkan. Alat-alat instrumentasi dipasang pada setiap peralatan proses dengan tujuan agar para *engineer* dapat memantau dan mengontrol kondisi di lapangan. Instrumentasi yang umum digunakan yaitu *temperature controller, temperature indicator, level controller, level indicator, pressure controller, pressure indicator, flow controller, flow indikator*.

d. Perluasan lahan

Item biaya ini mengacu pada biaya penggalian, situs grading, jalan, pagar, fire hydrant, ruang parkir, dan lain-lain. Untuk analisis ekonomi awal, biaya ini diperkirakan dengan mengalikan *purchase cost* dengan faktor yang sesuai.

e. Perpipaan

Item biaya ini menggabungkan biaya pipa yang menghubungkan peralatan, serta koneksi ke header utilitas utama dan ventilasi. Termasuk katup, pipa pendukung, isolasi, dan barang-barang lain yang terkait dengan pipa peralatan. Untuk analisis ekonomi awal, biaya ini biasanya diperkirakan dengan mengalikan *purchase cost* dengan faktor yang sesuai.

f. Instalasi listrik

Item biaya ini mengacu pada biaya fasilitas listrik. Ini termasuk batas baterai gardu dan jalur transmisi, motor switch gear dan pusat kontrol, pasokan listrik darurat, kabel dan saluran, bus bar, dan daerah pencahayaan.

g. Isolasi

Item biaya ini termasuk biaya isolasi yang biasanya termasuk dalam biaya instalasi dan perpipaan. Sebuah biaya tambahan isolasi direkomendasikan untuk *plant* tersebut. Untuk analisis ekonomi awal, biaya ini biasanya diperkirakan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

dengan mengalikan *purchase cost* dengan faktor yang sesuai. Dalam SuperPro Designer, biaya ini dihitung di tingkat bagian sebagai faktor *purchase cost*.

h. *Fasilitas pelengkap*

Contoh fasilitas pelengkap adalah *plant steam*.

2. Modal Investasi Tetap Tak Langsung (*Indirect Fixed Capital Investment*)

Modal investasi tetap tak langsung ini meliputi modal untuk pra-investasi, *engineering* dan supervisi, biaya kontraktor (*contractor's fee*) dan biaya tak terduga (*contigencies*).

Berdasarkan Tabel 2.7 maka nilai parameter modal tetap yang akan digunakan pada simulasi ini adalah sebagai berikut.

Tabel 3.3 Estimasi modal tetap

No.	Item	Nilai input PC = Equipment Purchase Cost TPDC = Total Plant Direct Cost TPC = Total Plant Cost
1.	Perpipaan	0.40 x PC
2.	Instrumentasi dan alat kontrol	0.35 x PC
3.	Isolasi	0.03 x PC
4.	Instalasi listrik	0.15 x PC
5.	Biaya pembangunan	0.45 x PC
6.	Perluasan lahan	0.15 x PC
7.	Fasilitas tambahan	0.50 x PC
8.	Biaya teknisi (*engineering*)	0.25 x TPDC
9.	Biaya konstruksi (*construction*)	0.35 x TPDC
10.	Biaya kontraktor (*contractor's fee*)	0.05 x TPC
11.	Biaya tak terduga (*contigencies*)	0.10 x TPC

3.7.4.2 Modal Kerja (*Working Capital*)

Dalam perancangan ini jangka waktu pengadaan modal kerja sangat diperlukan sebagai modal yang diperlukan untuk memulai usaha sampai mampu menarik keuntungan dari hasil penjualan dan memutar keuangannya. Modal kerja ini meliputi (Petrides, 2015):

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

1. Modal untuk biaya bahan baku proses (2 bulan) dan utilitas (1 bulan).
2. Modal untuk kas

   Kas merupakan cadangan yang digunakan untuk kelancaran operasi dan jumlahnya tergantung pada jenis usaha. Alokasi kas meliputi gaji pegawai (2 bulan) dan pengolahan limbah (1 bulan).
3. Modal untuk mulai beroperasi (*start-up*) (20% dari modal tetap langsung (DFC)).

3.7.4.3 Biaya Operasi

3.7.4.3.1 *Raw Materials*

Bahan baku disini ialah semua bahan-bahan yang digunakan untuk memproduksi aliran produk yakni etanol. Sumber yang digunakan untuk memasukkan harga-harga komponen ini berasal dari ICIS dan SDFCL. ICIS adalah penyedia informasi pasar petrokimia terbesar di dunia dan salah satunya menyediakan informasi harga bahan kimia. Adapun SDFCL (S D Fine-Chem Limited) yaitu perusahaan India yang bergerak dalam bidang produksi bahan kimia yang bersertifikat ISO/IEC 17025:2005 dan memiliki informasi harga semua jenis bahan kimia yang mengacu kepada mata uang India (Rupee/Rs.). Pada Tabel 3.4 harga tersebut sudah disesuaikan terhadap mata uang Dollar ($) dan Rupiah (Rp.) dengan prediksi nilai tukar Rupiah terhadap Dolar pada tahun 2020 adalah Rp.13.468 (Nasrudin dkk, 2014) dan nilai tukar Rupiah terhadap Rupee adalah Rp. 206,84, sedangkan harga yang dapat diinput pada SuperPro adalah Dollar ($). *Raw material* pada penelitian ini merupakan barang impor yang berasal dari negara Non-Asean (India) dan Non-Asia dan Australia sehingga akan dikenakan pajak impor. Terdapat 3 hal yang perlu diperhatikan dalam memasukkan harga komponen yaitu:

1. Jika komponen adalah reaktan maka harga yang dimasukkan adalah harga beli komponen (*purchasing cost*). Komponen reaktan pada penelitian ini adalah H_2SO_4, NaOH, yeast dan pepton (lihat Tabel 3.4). Pada penelitian ini harga H_2SO_4 mengacu kepada ICIS karena H_2SO_4 pada penelitian ini dalam satuan ton dan ICIS menyediakan informasi harga dalam bentuk ton sedangkan SDFCL dalam bentuk liter.
2. Jika komponen adalah produk maka harga yang dimasukkan adalah harga jual komponen (*selling price*). Komponen produk pada penelitian ini adalah *ethyl alcohol* (etanol). Adapun harga jual etanol mengacu kepada Kepmen ESDM No. 3239 K/12/MEM/2015 yaitu Rp. 8.148/Liter

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3. Jika komponen adalah limbah produk (*waste product or byproduct*) maka harga yang dimasukkan adalah harga pengolahan limbah (*waste treatment or disposal cost*). Komponen limbah produk pada penelitian ini adalah *carbon dioxide*.

Tabel 3.4 Harga *Raw Materials* (sebelum pajak impor)

CAS no	*Product Description*	*Grade*	*Pkg*	*Unit*	*Type*	*Price* (Rs./Rp./$)	IMDG No.
1310-73-2	*Sodium Hydroxide Flakes*	LR	5	kg	jr	1.195 / 247.174 / 18,54	1823 8/II
N.A	*Sulphuric Acid **	N.A	1	ton	N.A	- / 1.265.992 / 94	NR
N.A.	*Peptone Bacteriological Powder*	BB	500	g	jr	1.255 / 259.584 / 19,27	NR
N.A.	*Yeast Extract Powder*	BB	5	kg	pd	11.748 / 2.429.9561 / 80,42	NR

* ICIS

3.7.4.3.2 *Labor-Dependent*

Labor-Dependent (tenaga kerja) meliputi jumlah dan upah tenaga kerja yang diperlukan dalam setiap proses. *Labor* pada software ini terdiri dari *fringe benefits*, *supervision*, *operating supplies* dan *administration*. Biaya tahunan operator (termasuk gaji dan tunjangan) sangat bervariasi di seluruh dunia. Jika mengacu pada SuperPro Designer yang merekomendasikan literatur dari *engineer* berpengalaman maka biaya *labor* berada di kisaran $4,000/year sampai $10,000/year di negara-negara berkembang dan bisa melebihi $50,000/year di negara maju (Petrides, 2015). Oleh sebab itu, estimasi biaya tenaga kerja untuk penelitian ini adalah $4,000/year.

3.7.4.3.3 Utilitas

Dalam suatu pabrik, utilitas merupakan unit penunjang utama dalam memperlancar jalannya proses produksi. Oleh karena itu, segala sarana dan prasarananya harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menjamin kelangsungan operasi. Berdasarkan kebutuhannya, biaya utilitas pada instalasi produksi etanol dari sampah

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

makanan ini mengacu pada SuperPro Designer yang merekomendasikan literatur dari engineer berpengalaman yang dapat digunakan sebagai acuan seperti kebutuhan *steam* ($15/1000 kg), kebutuhan air yaitu *chilled water* ($0.1/1000 kcal panas yang dilepas) dan *cooling water* ($0.01 per 1000 kcal panas yang dilepas) (Petrides, 2015). Adapun biaya utilitas untuk kebutuhan listrik berdasarkan tarif PLN yaitu Tarif Dasar Listrik Industri untuk golongan I-1/3500 VA s.d 14 kVA sebesar Rp.1.112 / kWh (ESDM, 2016).

3.7.4.3.4 *Facility-Dependent*

Equipment-Dependent meliputi depresiasi investasi modal tetap, *maintenance* peralatan, asuransi, pajak properti lokal, dan biaya *overhead* lainnya. Depresiasi merupakan penyusutan nilai dari suatu aset.

Periode proyek ini ditentukan selama 20 tahun dengan estimasi depresiasi investasi modal tetap selama 10 tahun dan memiliki nilai sisa (*salvage*) yaitu 5% dari DFC serta memiliki waktu konstruksi selama 30 bulan (konstruksi dimulai tahun 2020) dengan periode *start-up* (mulai beroperasi) selama 4 bulan (Petrides, 2015). Berdasarkan Peraturan Menteri Keuangan Republik Indonesia Nomor 1/PMK.06/2013 bahwa perhitungan depresiasi menggunakan metode *straight line*, sedangkan untuk pajak pemasukan sesuai dengan Pasal 17 ayat 1, Undang-Undang No. 36 tahun 2008 yaitu sebesar 30% (Kemenkeu, 2013). Selain itu, dalam melakukan analisis ekonomi selama umur proyek, SuperPro memerlukan data input suku bunga dan inflasi tahunan yang mengacu pada Bank Indonesia yaitu 5% (suku bunga) dan 4% (inflasi) (Bank Indonesia 2016). Input suku bunga (NPV *interest*) pada SuperPro terdiri dari *low*, *medium* dan *high* dan yang digunakan dalam analisis ekonomi pada simulasi ini adalah *interest low* (5%), sedangkan suku bunga medium dan *high* mengacu kepada SuperPro yaitu 7% dan 9% dan kedua NPV *interest* ini hanya sebagai pembanding dalam menganalisis ekonomi

Pada penelitian ini, biaya *maintenance* peralatan diperkirakan 10% biaya pembelian peralatan, asuransi sekitar 0.5% dari biaya modal tetap langsung (DFC), pajak properti lokal sekitar 2% dari DFC. Adapun biaya *factory expense* seperti *accounting*, *payroll*, *fire protection*, *security*, *cafeteria*, diperkirakan sekitar 5% dari DFC (Petrides, 2015).

3.7.4.3.5 *Waste Treatment/Disposal*

Pengolahan limbah cair dan pembuangan bahan padat dan berbahaya merupakan biaya operasi penting lainnya. Biaya pengolahan limbah ini sekitar $1/kg (Petrides, 2015).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

Adapun limbah etanol dapat dimanfaatkan sebagai Limbah Cair (POC) dengan harga jual Rp. 30.000/L atau $2,23/L (Isroi, 2010).

3.8 Simulasi dan Verifikasi

Setelah semua tahap di atas dilakukan, maka simulasi dijalankan dengan memilih tombol *solve M&E (mass & energy) balances* atau F9 untuk melakukan perhitungan atau proses keseimbangan massa dan energi. Setelah itu pada *tab report* maka akan didapatkan hasil simulasi berdasarkan beberapa laporan berikut.

1. *Material & Stream Report* (*SR*) yang terdiri dari data proses keseluruhan, *Material Requirements, Stream Details, Overall Component Balance* dan *Equipment Contents*.
2. *Economic Evaluation Report* (*EER*) yang terdiri dari *Executive Summary* (*Total modal investasi, Biaya operasi,* harga jual, *Biaya operasi bersih, Gross Margin, Return On Investment (ROI), Payback Time, NPV* dan *IRR*).
3. *Cash Flow Analysis Report* (CFR) yang berisi analisis *cash flow* proyek setiap tahun selama beroperasi seperti *NPV* dan *IRR* sebelum dan sesudah pajak..

Hasil simulasi akan diperoleh setelah melakukan verifikasi. Verifikasi bertujuan untuk memastikan apakah model tersebut sudah sesuai atau tidak. Kesesuaian tersebut mengacu kepada standar konsentrasi etanol (>99,5%) dan proses berjalan sesuai dengan skema tahap proses. Konsentrasi etanol (>99,5%) merupakan syarat agar etanol dapat digunakan sebagai bahan bakar. Adapun model yang tidak sesuai akan menghasilkan etanol dengan kadar <99,5% dan proses tidak berjalan sesuai dengan skema tahap proses yang diakibatkan adanya kesalahan pada proses simulasi. Kesalahan tersebut seperti kesalahan dalam memasukkan aliran (*stream*) yang diperlukan, tidak cermat dalam mendefinisikan operasi yang menghasilkan hasil yang tidak layak, dan lain-lain. Kesalahan tersebut akan ditampilkan pada panel "*error output*" setelah menjalankan simulasi. Kesalahan tersebut berupa pesan yang ditampilkan dalam satu atau beberapa baris dan memiliki 2 kolom yaitu:

1. Kolom pertama yaitu berisi indikator tingkat keparahan.
   a) *Warning* (peringatan), maksudnya perintah dapat dijalankan akan tetapi hasilnya mungkin patut dipertanyakan. Hal ini tergantung kepada *user* apakah perlu penyelidikan lebih lanjut atau diabaikan.
   b) *Non-Severe Error* (kesalahan non-parah), maksudnya terjadi kesalahan, akan tetapi aplikasi berhasil melewatinya dan melanjutkan perintah aslinya. Keadaan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

yang dilaporkan oleh aplikasi perlu ditangani jika hasilnya mungkin (sebagian) tidak benar atau tidak lengkap.

c) *Severe Error* (kesalahan yang parah), maksudnya terjadi situasi yang tidak normal sehingga aplikasi tidak berhasil menyelesaikan perintah asli yang dikeluarkan (misalnya melakukan perhitungan *M&E*, dll.) Hal ini perlu ditangani oleh *user* agar simulasi dapat berjalan dengan *complete* dan benar.

2. Kolom kedua yaitu berisi penjelasan singkat yang menunjukkan sumber peringatan/*error*. Misalnya, teks yang ditampilkan bisa menjadi nama arus, prosedur unit, operasi, sumber peralatan, dll.

Jika model yang dihasilkan tidak sesuai maka harus dilakukan *looping* (lihat diagram alir penelitian) dengan memeriksa dan mengatur kembali konsep model yang telah dibuat. Pengaturan kembali konsep model mengacu kepada penelitian terkait dan perhitungan parameter input. Adapun model yang telah sesuai dapat dilakukan analisis teknis (jumlah etanol, potensi energi listrik dan pemanfaatannya serta ukuran peralatan) dan ekonomi (harga etanol, modal investasi, biaya produksi, NPV, IRR dan PBP).

3.9 Analisis Teknis dan Ekonomi

Analisis pada penelitian ini adalah analisis teknis dan ekonomi berdasarkan pemodelan dan simulasi sehingga diperoleh instalasi produksi bioetanol yang dapat diterapkan.

3.9.1 Analisis Teknis

3.9.1.1 Produksi, Kadar dan Potensi Listrik dari Etanol

Dalam hal ini akan dilakukan analisis mengenai jumlah produksi, kadar etanol yang dihasilkan berdasarkan hasil dari simulasi. Selain itu, analisis juga akan dilakukan mengenai potensi energi listrik baik dari etanol murni (E100) maupun berupa *biogasoline* (E10) dan pemanfaatannya pada generator set.

3.9.1.2 Ukuran Kapasitas Perancangan

Dalam hal ini ukuran perancangan akan diperoleh dan dianalisis berdasarkan hasil dari simulasi. Ukuran perancangan tersebut seperti ukuran *storage tank*, *screw conveyor*, *hammer mil*, *centrifugation*, *cooling*, *heating*, reaktor, *fermentor*. Adapun ukuran rancangan distilasi seperti ukuran menara distilasi, *reflux ratio*, beban kondensor, beban *reboiler*, jumlah *steam* yang dibutuhkan, *number of theoretical stages* akan diperoleh dari

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
© Hak Cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU

hasil simulasi berdasarkan perhitungan manual yang telah dilakukan sebelumnya. Hasil dari simulasi ini dapat dilihat pada *Material & Stream Report (SR)*.

3.9.2 Analisis Ekonomi

Analisis ekonomi digunakan untuk menentukan besarnya biaya yang harus dikeluarkan saat proses produksi hingga pendapatan yang diperoleh. Dengan analisis ekonomi dapat diketahui seberapa besar biaya produksi sehingga keuntungan dapat diperhitungkan.

3.9.2.1 Aspek Ekonomi

a) Modal Investasi

Modal investasi adalah seluruh modal untuk mendirikan instalasi bioetanol. Modal investasi terdiri dari modal tetap (langsung dan tak langsung) dan modal kerja. Hasil dari simulasi ini dapat dilihat pada *Economic Evaluation Report (EER)*.

b) Biaya Produksi

Biaya produksi merupakan semua biaya yang digunakan selama beroperasi. Biaya produksi terdiri dari biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap adalah biaya yang jumlahnya tidak tergantung pada jumlah produksi, seperti bunga pinjaman bank, depresiasi dan upah tenaga kerja. Biaya variabel adalah biaya yang jumlahnya tergantung pada jumlah produksi yang dihasilkan dimana semakin banyak produk yang dihasilkan maka semakin banyak bahan yang digunakan sehingga biayanya semakin besar, meliputi biaya bahan baku proses dan utilitas serta biaya perawatan. Hal ini dapat dilihat pada *Material & Stream Report (SR), Economic Evaluation Report (EER)*.

c) Harga Penjualan

Pendapatan produksi bioetanol diperoleh dari penjualan bioetanol kepada masyarakat berdasarkan harga yang berlaku (lihat Tabel 2.8). Akan tetapi, melalui analisis sensitivitas akan dilakukan variasi harga etanol dan melihat pengaruhnya terhadap parameter finansial. Berdasarkan variasi tersebut akan diketahui kemampuan daya saing harga etanol terhadap harga etanol yang berlaku sehingga akan diketahui berapa harga etanol yang akan dijual. Selain itu, pendapatan juga dapat diperoleh dari penjualan limbah etanol berupa pupuk organik cair. Adapun penggunaan bioetanol terhadap generator set akan dianalisis mana yang lebih menguntungkan bagi masyarakat dari penggunaan E10 (USD/LSP) atau E0 (gasolin) ($/L).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.9.2.2 Aspek Finansial

Setelah dilakukan simulasi pada produksi bioetanol, tahap selanjutnya adalah menganalisis dari segi finansial berdasarkan parameternya yaitu NPV, IRR, PBP dengan melihat kriteria kelayakannya yang telah dijelaskan pada Bab II.

3.10 Skenario Penelitian dan Analisis Sensitivitas

Skenario penelitian pada tahap ini berupa analisis sensitivitas yang perlu dilakukan terhadap beberapa variabel dalam simulasi. Analisis sensitivitas digunakan untuk untuk meminimalisasi biaya atau meningkatkan keekonomian dari produksi bioetanol. Sensitivitas tersebut maksudnya adalah perubahan-perubahan yang akan diperhitungkan dampaknya atau faktor-faktor lain yang juga memiliki pengaruh terhadap kelayakan produksi bioetanol. Analisis sensitivitas dibutuhkan dalam rangka mengetahui sejauh mana dampak parameter-parameter investasi yang telah ditetapkan sebelumnya boleh berubah karena adanya faktor situasi dan kondisi selama umur investasi, sehingga perubahan perubahan tersebut hasilnya akan berpengaruh secara signifikan pada keputusan yang telah diambil. Perubahan (skenario penelitian) tersebut seperti harga jual bioetanol, harga komponen, biaya listrik dan suku bunga. Parameter yang akan dijadikan evaluasi untuk sensitivitas variabel ialah NPV, IRR, PBP.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
© Hak cipta milik UIN Suska Riau
State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau
UIN SUSKA RIAU
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.