

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Potensi Tandan Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas hasil perkebunan yang mempunyai peran cukup penting dalam kegiatan perekonomian di Indonesia karena kemampuannya menghasilkan minyak nabati yang banyak dibutuhkan oleh sektor industri. Sifatnya yang tahan oksidasi dengan tekanan tinggi dan kemampuannya melarutkan bahan kimia yang tidak larut oleh bahan pelarut lainnya, serta daya melapis yang tinggi membuat minyak kelapa sawit dapat digunakan untuk beragam peruntukan, diantaranya yaitu untuk minyak masak, minyak industri, maupun bahan bakar (biodiesel). Sebagai negara penghasil minyak sawit terbesar di dunia, Indonesia mempunyai potensi yang besar untuk memasarkan minyak sawit dan inti sawit baik di dalam maupun luar negeri. Pasar potensial yang akan menyerap pemasaran minyak sawit (CPO) dan minyak inti sawit (PKO) adalah industri fraksinasi/ranifasi (terutama industri minyak goreng), lemak khusus (*cocoa butter substitute*), *margarine/shortening*, *oleochemical*, dan sabun mandi.

Luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia selama lima tahun terakhir cenderung menunjukkan peningkatan, kecuali pada tahun 2016 yang mengalami penurunan. Kenaikan tersebut berkisar antara 2,77 sampai dengan 10,55% per tahun dan mengalami penurunan pada tahun 2016 sebesar 0,52%. Pada tahun 2014 lahan perkebunan kelapa sawit Indonesia tercatat seluas 10,75 juta hektar, meningkat menjadi 11,26 juta hektar pada tahun 2015 atau terjadi peningkatan 4,70%. Pada tahun 2016 luas areal perkebunan kelapa sawit menurun sebesar 0,52% dari tahun 2015 menjadi 11,20 juta hektar. Selanjutnya, pada tahun 2017 luas areal perkebunan kelapa sawit kembali mengalami peningkatan sebesar 10,55% dan diperkirakan meningkat pada tahun 2018 sebesar 3,06% menjadi 12,76 juta hektar [11]. Luas Areal Perkebunan Kelapa Sawit (Ha) tahun 2000-2018 dapat dilihat dari Tabel 1.

Limbah padat sawit yang tersedia adalah berupa batang sawit, tandan kosong sawit, pelepah sawit, cangkang, dan sabut sawit. Batang sawit banyak tersedia pada saat terjadi peremajaan sawit yang sudah berumur sekitar 25 tahun,

sedangkan limbah padat yang lain banyak terdapat pada saat terjadi pemanenan. Gambar Tandan Kosong Kelapa Sawit dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tabel 1. Luas Areal Perkebunan Kelapa Sawit (Ha) tahun 2000-2018

Tahun	Luas Area (Ha)
2000	4.158.077
2001	4.713.431
2002	5.067.058
2003	5.283.557
2004	5.717.026
2005	5.950.321
2006	6.284.960
2007	6.853.916
2008	7.333.707
2009	7.949.389
2010	8.548.828
2011	9.132.296
2012	10.133.222
2013	10.465.020
2014	10.754.801
2015	11.260.276
2016	11.201.465
2017	12.383.101
2018	12.761.586

Sumber : [11]

Sabut, cangkang, dan tandan kosong sawit merupakan limbah yang melimpah dan timbulannya akan meningkat sejalan dengan pertumbuhan industri sawit. Pengalaman menunjukkan bahwa setiap satuan massa tandan buah segar (TBS) mempunyai kandungan minyak sawit sebesar 21% massa, kernel 4%, sabut 11%, cangkang 6%, tandan kosong sawit 23% [5].

Tandan Buah Sawit Kosong memiliki massa 21% dari total massa minyak sawit buah. Tandan buah sawit kosong umumnya hanya menjadi limbah atau selanjutnya digunakan sebagai pupuk organik di perkebunan kelapa sawit. Komposisi tandan buah sawit kosong memiliki kandungan mineral yang cukup tinggi seperti Ca, Fe, Na, K, dan P. Kandungan abu yang tinggi dalam biomassa tandan buah sawit kosong dapat menimbulkan reaksi sekunder pada proses termokimia. Kondisi ini membuat tandan buah sawit kosong kurang diminati dalam penggunaannya sebagai bahan bakar. Dikarenakan penggunaannya membutuhkan teknologi tinggi sebagai bahan bakar dari boiler. Studi ini dikhususkan untuk mengamati potensinya dibawah sifat kalori dari data yang diukur dan biomassa ketel yang digunakan. 30.205.000 ton tandan buah sawit kosong dapat menghasilkan sekitar 1,636 kkal / kg pada kelembaban 64,9% dan dievaluasi selama 365 hari produksi untuk menghitung kapasitas panas. Hasilnya adalah potensi tandan buah sawit kosong sebagai bahan bakar boiler menghasilkan 157,34 GW pada tahun 2016.

Berdasarkan data statistik, potensi biomassa tandan buah kosong sawit dari tahun 2013 hingga 2015 masing-masing adalah 126,63 GW, 133,45 GW, dan 141,62 GW. Hasil tersebut menunjukkan potensi besar yang dimiliki sebagai bahan bakar boiler. Kajian tentang logam berat juga telah dilakukan karena hal ini berhubungan dengan efek pembakaran pada ketel.

Selama ini pengolahan atau pemanfaatan TKKS masih sangat terbatas yaitu dibakar dalam incinerator, ditimbun (open dumping), dijadikan mulsa di perkebunan kelapa sawit, atau diolah menjadi kompos. Namun karena adanya beberapa kendala seperti waktu pengomposan yang cukup lama sampai 6–12 bulan, fasilitas yang harus disediakan, dan biaya pengolahan TKKS tersebut. Padahal tandan kosong kelapa sawit berpotensi untuk dikembangkan menjadi barang yang lebih berguna, salah satunya menjadi bahan baku bioetanol.

Kandungan selulosa yang cukup tinggi yaitu sebesar 45% menjadikan kelapa sawit sebagai prioritas untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol [5].

Komposisi Tandan Kosong Kelapa Sawit

Sampai saat ini bahan baku fermentasi etanol adalah bahan-bahan yang mengandung karbohidrat (pati) atau bahan-bahan yang mengandung glukosa. Kecenderungan baru bahan baku bioetanol adalah bahan berpati. Bahan berpati yang sering digunakan adalah biji-bijian seperti padi, jagung, sorgum, singkong, ubi jalar, dan gandum serta kentang. Sedangkan untuk bahan baku yang mengandung selulosa dan hemiselulosa seperti bagas (limbah tebu), jerami, batang padi, batang gandum, limbah jagung, dan limbah pertanian lainnya belum banyak digunakan. Penggunaan bahan pangan akan menimbulkan masalah baru yaitu kompetisi antara kebutuhan pangan dengan kebutuhan energi. Salah satu alternatif lain bahan baku pembuatan bioetanol adalah biomassa.

Biomassa merupakan sumber daya alam yang berlimpah dan murah yang memiliki potensi mendukung produksi komersial industri bahan bakar seperti etanol dan butanol. Biomassa lignoselulosa dapat diperoleh dari limbah pertanian, limbah perkebunan, limbah kehutanan, dan tersebar luas di Indonesia. Salah satu limbah pertanian di Indonesia yang belum banyak dimanfaatkan adalah limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Data komposisi kimia TKKS dapat dilihat seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Data Komposisi Kimia tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Komposisi	Kadar %
Kadar Air	8,56
Lignin	25,83
Holoselulosa	56,49
α -selulosa	33,25
Hemiselulosa	23,24
Zat ekstraktif	4,19

Sumber : [5]

2.2 Bioetanol

Etanol atau *ethyl alkohol* kadang disebut juga etanol spiritus. Etanol digunakan dalam beragam industri seperti campuran untuk minuman keras seperti sake atau gin, bahan baku farmasi dan kosmetika, dan campuran bahan bakar kendaraan, peningkat oktan, dan bensin etanol (gasohol). Sampai saat ini konsumsi etanol dunia sekitar 63% untuk bahan bakar, terutama di Brazil, Amerika Utara, Kanada, Uni Eropa, dan Australia. Di Asia, konsumsi terbesar etanol adalah untuk minuman keras. Jepang dan Korea Selatan adalah konsumen etanol terbesar untuk industri ini. Fungsi etanol sebagai campuran bahan bakar kendaraan memiliki prospek bagus karena harga minyak mentah makin tinggi. Etanol ini berfungsi sebagai penambah volume BBM, sebagai peningkat angka oktan, dan sebagai sumber oksigen untuk pembakaran yang lebih bersih pengganti *methyl tertiarybutyl ether* (MTBE).

Etanol mengandung 35% oksigen yang dapat meningkatkan efisiensi pembakaran. Etanol juga ramah lingkungan karena emisi gas buangnya rendah kadar karbon monoksidanya, nitrogen oksida, dan gas-gas rumah kaca yang menjadi polutan. Etanol juga mudah terurai dan aman karena tidak mencemari lingkungan. Etanol dapat dibuat dari berbagai bahan hasil pertanian, dengan demikian Etanol sering disebut Bioetanol. Secara umum bahan tersebut dibagi dalam tiga golongan yaitu :

1. Golongan pertama adalah bahan yang mengandung turunan gula sebagai golongan pertama antara lain molase, gula tebu, gula bit dan sari buah yang umumnya adalah sari buah anggur.
2. Golongan kedua adalah bahan-bahan yang mengandung pati seperti biji-bijian (gandum, misalnya), kentang, tapioka.
3. Jenis atau golongan yang terakhir adalah bahan yang mengandung selulosa seperti kayu, bambu dan beberapa limbah pertanian.

Selain ketiga jenis bahan tersebut diatas khususnya etanol dapat dibuat juga dari bahan bukan asli pertanian tetapi dari bahan yang merupakan hasil proses lain, sebagai contohnya adalah etilen. Bahan-bahan yang mengandung monosakarida ($C_6H_{12}O_6$) sebagai glukosa langsung dapat difermentasi menjadi

etanol. Akan tetapi disakarida pati, atau pun karbohidrat kompleks harus dihidrolisa terlebih dahulu menjadi komponen sederhana, monosakarida. Oleh karena itu, agar tahap proses fermentasi dapat berjalan secara optimal, bahan tersebut harus mengalami perlakuan pendahuluan sebelum masuk ke dalam proses fermentasi. Disakarida seperti gula pasir ($C_{12}H_{22}O_{11}$) harus dihidrolisa menjadi glukosa. Polisakarida seperti selulosa harus diubah terlebih dahulu menjadi glukosa.

Terbentuknya glukosa berarti proses pendahuluan telah berakhir dan bahan-bahan selanjutnya siap untuk difermentasi. Secara kimiawi proses fermentasi dapat berjalan cukup panjang, karena terjadi suatu deret reaksi yang masing-masing dipengaruhi oleh enzim-enzim khusus. Hasil atau produk yang diinginkan dari fermentasi glukosa adalah etanol, mempunyai rumus dasar C_2H_5OH dan etanol mempunyai sifat-sifat fisik sebagai berikut:

1. Cairan tidak berwarna;
2. Berbau khas, menusuk hidung;
3. Mudah menguap;
4. Titik didih $78,32^{\circ}C$;
5. Larut dalam air dan eter;
6. Densitas pada $15^{\circ}C$ adalah 0,7937;
7. Spesifik panas pada $20^{\circ}C$ adalah 0,579 cal/groC;
8. Panas pembakaran pada keadaan cair adalah 328 Kcal;
9. Viskositas pada $20^{\circ}C$ adalah 1,17 cp;
10. Flash point adalah sekitar $70^{\circ}C$.
11. Sifat-sifat kimia etanol:
12. Berat molekul adalah 46,07 gr/mol;
13. Terjadi dari reaksi fermentasi monosakarida;
14. Bereaksi dengan asam asetat, asam sulfat, asam nitrit, asam ionida.

2.3 Interpretasi

Alkohol merupakan senyawa organik yang memiliki satu atau lebih gugus fungsi hidroksil (-OH) yang terikat pada atom karbon pada suatu rantai alifatik atau siklis. Dalam molekul alkohol, gugus fungsi -OH berikatan secara kovalen

dengan atom karbon. Alkohol atau alkanol (R-OH) dapat dianggap sebagai turunan alkana (R-H), melalui penggantian gugus -H pada alkane oleh gugus -OH. R merupakan lambing dari senyawa alkil, yaitu hidrokarbon rantai terbuka. R = gugus alkil = C_nH_{2n+1} .

Alkohol memiliki rumus umum $C_nH_{2n+1}OH$ atau R-OH. Gugus fungsional -OH pada alkohol bersifat polar, sedangkan gugus -R (alkil) bersifat nonpolar. Penggolongan alkohol berdasarkan pada adanya gugus hidroksil -OH yang terikat pada atom karbon.

2.3.1 Gugus Fungsi dan Gugus Alkil Alkohol

Gugus fungsi merupakan bagian molekul yang mempunyai kereaktifan kimia. Senyawa yang mempunyai gugus fungsi sama akan mengalami reaksi kimia yang sama. Gugus fungsi adalah atom atau gugus atom yang menjadi ciri khas suatu deret homolog.

2.3.2 Gugus Alkil

Suatu alkane yang kehilangan satu hidrogen disebut sebagai alkil. Gugus alkil bukan merupakan gugus yang stabil sehingga alkil tidak bisa berdiri sendiri. Alkil merupakan suatu substituen dari molekul lain yang lebih besar.

2.3.3 Jenis-Jenis Alkohol

a. Alkohol Primer

Alkohol primer adalah alkohol yang gugus -OH nya terikat pada atom C primer. Atom karbon primer adalah atom C yang hanya mengikat satu atom C lain. Oksidasi terhadap alkohol primer dapat berlangsung dua tahap, tahap pertama adalah akan terbentuk senyawa alkoloida, sedangkan tahap berikutnya akan membentuk asam karboksilat. Kuat atau lemahnya oksidasi alkohol tergantung pada oksidatornya. Contoh alkohol primer diantaranya adalah metanol, etanol, dan propanol.

b. Alkohol Sekunder

Alkohol sekunder adalah alkohol yang gugus -OHnya terikat pada atom C sekunder. Aton karbon sekunder adalah atom C yang telah terikat dua buah atom

C lain. Contoh alkohol sekunder diantaranya adalah isopropanol, isoamil alkohol. Oksidasi senyawa ini dapat menyebabkan terbentuknya senyawa dengan gugus fungsi keton, dan tidak dapat dioksidasi lebih lanjut.

c. Alkohol Tersier

Alkohol tersier adalah alkohol yang gugus OH-nya terikat pada atom C tersier. Atom karbon tersier adalah atom C yang telah diikat oleh tiga atom C lainnya. Contoh alkohol tersier adalah butil alkohol. Senyawa tersier butil alkohol tidak bereaksi terhadap KMnO_4 atau oksidator lainnya.

2.3.4 Rumus dan Nama Struktur Senyawa Alkohol

Beberapa nama dan rumus kimia dan struktur senyawa alkohol diantaranya adalah:

Metanol = CH_3OH

Etanol = $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

Propanol = $\text{C}_3\text{H}_7\text{OH}$

Butanol = $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$

Pentanol = $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{OH}$

Heksanol = $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{OH}$

2.3.5 Isomer Alkohol

Alkohol mempunyai isomer rangka, isomer posisi, dan isomer fungsi.

a. Isomer Posisi Alkohol

Isomer posisi adalah senyawa yang mempunyai rumus molekul sama, gugus fungsi sama tetapi posisi gugus fungsinya berbeda. Keisomeran alkohol akibat posisi gugus fungsi adalah keisomeran yang terjadi karena perbedaan letak gugus fungsional hidroksil (-OH) dalam molekul alkohol. Berdasarkan posisi gugus hidroksil, hampir semua alkohol mempunyai isomer, yang disebut isomer posisi. Isomer ini mempengaruhi sifat-sifat fisika alkohol.

b. Isomer Fungsi Alkohol

Isomer fungsi adalah isomer yang disebabkan oleh perbedaan gugus fungsi di antara dua senyawa yang mempunyai rumus molekul sama. Eter dan alkohol yang

jumlah atom karbonnya sama merupakan isomer. Ini artinya alkohol memiliki rumus yang sama dengan eter, namun memiliki gugus fungsi yang berbeda. Alkohol memiliki gugus fungsi (-OH) dan eter memiliki gugus fungsi (-O-).

c. Isomer Optik Alkohol

Keisomeran optik berkaitan dengan sifat optik, yaitu kemampuan suatu senyawa untuk dapat memutar bidang cahaya terpolarisasi. Isomer optik dapat terjadi pada senyawa yang mempunyai atom karbon (C) tidak simetris. Senyawa tersebut dapat juga disebut dengan senyawa kiral.

2.3.6 Sifat-Sifat Fisik Alkohol

- a. Alkohol rantai pendek berkarbon $C_1 - C_4$ merupakan cairan yang tak berwarna dan mudah bercampur dengan air.
- b. Alkohol berantai karbon $C_5 - C_{12}$ merupakan cairan yang menyerupai minyak, sedangkan alkohol dengan karbon yang lebih tinggi merupakan padatan tak berwarna.
- c. Semakin tinggi rantai karbonnya, semakin sulit alkohol untuk bercampur dengan air, dan makin sulit pula disuling.
- d. Metanol merupakan zat cair tak berwarna, berbau, dan rasanya mirip etanol, mudah larut dalam air, mudah menguap, dan mudah terbakar.
- e. Etanol merupakan zat cair tak berwarna, mudah menguap, mudah bercampur dengan air, dan mudah terbakar. Dalam keseharian dan pasaran etanol sering disebut “alkohol”. Alkohol bebas air disebut “alkohol-absolut”.
- f. Spiritus merupakan etanol yang telah didenaturasi dengan metanol. Spiritus sebenarnya tak berwarna, sedangkan warna biru pada spiritus yang dijual di pasaran disebabkan oleh zat warna yang ditambahkan dengan tujuan agar tidak sampai terminum.

2.4 Proses Produksi Bioetanol dari Tandan Kelapa Sawit

Pembuatan Bioetanol dari Tandan Kosong Kelapa Sawit secara umum dapat digolongkan menjadi beberapa tahapan proses yaitu :

2.4.1. Proses Pretreatment Lignoselulosa

Tujuan dari pretreatment adalah untuk membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah diakses oleh enzim yang memecah polymer polisakarida menjadi monomer gula. Jika tidak dipretreatment terlebih dahulu, lignoselulosa sulit untuk dihidrolisis karena lignin sangat kuat melindungi selulosa sehingga sangat sulit melakukan hidrolisis sebelum memecah pelindung lignin. Gula yang diperoleh tanpa pretreatment kurang dari 20%, sedangkan dengan pretreatment dapat meningkat menjadi 90% dari hasil teoritis.

2.4.2. Proses Simultan *Saccharification* dan *Fermentation* (SSF)

Setelah proses pretreatment dan pelepasan lignin, bubur holoselulosa yang dihasilkan dicuci terlebih dahulu pada rotary filter, yang berfungsi untuk membersihkan bubur holoselulosa dan cairan lindi hitam. Sebelum masuk ke tahap sakarifikasi dan fermentasi, dilakukan pengkondisian sebelum inokulasi selama 4 jam, pada suhu 50°C, bertujuan untuk memastikan jumlah konsentrasi glukosa cukup tinggi untuk mengaktifasi fermentasi yeast dan enzim yang lebih baik sehingga transfer massa lebih efisien. Selanjutnya bubur holoselulosa masuk ke reaktor SSF, proses yang terjadi berlangsung serentak dalam satu reaktor yaitu sakarifikasi dan fermentasi. Proses ini menggunakan enzim selulase 1,5 L dan novozym 188, *Saccharomyces cerevisiae* dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ untuk mengkonversi selulosa menjadi etanol. Serta pada suhu 32°C, tekanan 1 atm, selama 24 jam.

Dua operasi yang berbeda dilakukan dalam proses ini yaitu saccharification untuk mengubah selulosa menjadi glukosa dengan menggunakan enzim selulase dan fermentasi untuk mengubah glukosa dan gula lainnya menjadi etanol menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*. Proses saccharification dan fermentation dilakukan secara terpisah di dalam satu reaktor. Hidrolisat detoxifikasi yang terdiri dari air, cellulose dan xylose masuk ke dalam tangki saccharification, dengan penambahan enzim selulase sehingga terjadi reaksi hidrolisa. Setelah proses sakarifikasi dilanjutkan proses fermentasi di dalam reaktor. Bubur sakarifikasi dialirkan ke reaktor dan pada saat bersamaan dimasukkan nutrisi dan mikroba. Dalam proses fermentasi digunakan *saccharomyces cerevisiae* dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, pH diatur 4,8 dengan menambahkan

H₂SO₄ untuk terjadinya fermentasi alihohol maka dibutuhkan kondisi anaerob untuk mengubah selulosa menjadi etanol [5].

Reaksi yang terjadi dalam reaktor fermentasi : Reaksi glukosa menjadi etanol :



2.3.3 Proses Pemurnian

Adsorpsi adalah salah satu proses pengeringan etanol melalui suatu proses pemisahan bahan dari campuran gas atau campuran cairan, bahan harus dipisahkan ditarik oleh permukaan adsorben padat dan diikat oleh gaya-gaya yang bekerja pada permukaan tersebut. Adsorben adalah bahan padat dengan luas permukaan yang besar. Permukaan luas ini terbentuk karena banyaknya pori-pori yang halus pada permukaan tersebut. Pemilihan adsorben yang baik didasarkan pada luas permukaannya yang besar [12].

Zeolit alam adalah zeolit yang ditambang langsung dari alam. Dengan demikian harganya jauh lebih murah daripada zeolit sintetis. Zeolit alam merupakan mineral yang jumlahnya banyak tetapi distribusinya tidak merata, seperti klinoptilolit, mordenit, phillipsit, chabazit dan laumontit. Namun zeolit alam memiliki beberapa kelemahan, di antaranya mengandung banyak pengotor seperti Na, K, Ca, Mg dan Fe serta kristalinitasnya kurang baik. Gambar zeolit alam dapat dilihat pada Gambar 3.



Sumber: [12]

Gambar 3. Zeolit Alam

Zeolit alam harus dibuat menjadi butiran-butiran agar luas permukaan serapannya lebih besar kemudian dibersihkan dari senyawa pengotornya (Zulfa, 2011). Menurut Lourentius dkk tahun 2013, H_2SO_4 menghilangkan pengotor-pengotor yang ada di permukaan zeolit, sehingga luas permukaan adsorpsi meningkat dan air lebih mudah teradsorpsi ke dalam pori-pori zeolit. Dengan semakin luasnya permukaan zeolit maka air yang terjerap akan semakin banyak sehingga akan meningkatkan kemurnian etanol, dan penambahan asam sulfat pada proses preparasi akan mempermudah proses pemisahan etanol.

Distilasi adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan titik didih komponen - komponen yang ada di dalam campuran atau kemudahan menguap (volatilitas) bahan. Kemudian dari tangki penampung larutan dialirkan menuju Menara distilasi dengan pompa transfer yang bertujuan untuk menghilangkan CO_2 terlarut dan air.

2.5 Biofuel

Fuel adalah bahan bakar untuk menghasilkan energi apabila melalui proses pembakaran. Biofuel adalah bahan bakar yang berasal dari biomassa. Biomassa berasal dari tumbuhan dan hewan. Biomassa merupakan bahan biofuel yang dapat diperbaharui. Dalam arti yang umum biofuel merupakan semua jenis bahan bakar padat, cair dan gas yang berasal dari biomassa. Contoh biofuel padat yaitu kayu, arang dan ampas tebu. Contoh biofuel gas yaitu gas metana. Gas metana dapat diperoleh dari fermentasi anaerobik kotoran hewan.

Biofuel merupakan gabungan senyawa hidrokarbon yang diperoleh dari alam maupun secara buatan. Bahan bakar cair umumnya berasal dari minyak bumi. Dimasa yang akan datang, kemungkinan bahan bakar cair yang berasal dari oil shale, tar sands, batubara dan biomassa akan meningkat. Minyak bumi merupakan campuran alami hidrokarbon cair dengan sedikit belerang, nitrogen, oksigen, sedikit sekali metal, dan mineral [13].

Dengan kemudahan penggunaan, ditambah dengan efisiensi thermis yang lebih tinggi, serta penanganan dan pengangkutan yang lebih mudah, menyebabkan penggunaan minyak bumi sebagai sumber utama penyedia energi semakin meningkat. Secara teknis, bahan bakar cair merupakan sumber energi yang terbaik

mudah ditangani, mudah dalam penyimpanan dan nilai kalor pembakarannya cenderung konstan.

2.6 Adsorpsi

Adsorpsi adalah proses penggumpalan substansi terlarut dalam larutan oleh permukaan zat penyerap yang membuat masuknya bahan dan mengumpul dalam suatu zat penyerap. Keduanya sering muncul bersamaan dengan suatu proses makaada yang menyebutnya sorpsi. Pada adsorpsi ada yang disebut adsorben dan adsorbat. Adsorben adalah zat penyerap, sedangkan adsorbat adalah zat yang diserap [23].

Adsorben merupakan zat padat yang dapat menyerap komponen tertentu dari suatu fase fluida. Adsorben biasanya menggunakan bahan-bahan yang memiliki pori-pori sehingga proses adsorpsi terjadi di pori-pori atau pada letak-letak tertentu di dalam partikel tersebut. Pada umumnya pori-pori yang terdapat diadsorben biasanya sangat kecil, sehingga luas permukaan dalam menjadi lebih besar daripada permukaan luar. Pemisahan terjadi karena perbedaan bobot molekul atau karena perbedaan polaritas yang menyebabkan sebagian molekul melekat padapermukaan tersebut lebih erat daripada molekul lainnya. [23]

2.6.1. Mekanisme Adsorpsi

Proses adsorpsi dapat berlangsung jika padatan atau molekul gas atau cair dikontakkan dengan molekul-molekul adsorbat, sehingga di dalamnya terjadi gaya kohesif atau gaya hidrostatis dan gaya ikatan hidrogen yang bekerja diantara molekul seluruh material. Gaya-gaya yang tidak seimbang menyebabkan perubahan-perubahan konsentrasi molekul pada interface solid/fluida. Molekul fluida yang diserap tetapi tidak terakumulasi/melekat ke permukaan adsorben disebut adsorptif sedangkan yang terakumulasi/melekat disebut adsorbat. Proses adsorpsi menunjukkan dimana molekul akan meninggalkan larutan dan menempel pada permukaan zat adsorben akibat reaksi kimia dan fisika. Proses adsorpsi tergantung pada sifat zat padat yang mengadsorpsi, sifat antar molekul yang diserap, konsentrasi, temperatur dan lain-lain.

2.6.2. Jenis-Jenis Adsorpsi

Berdasarkan kekuatan dalam berinteraksi, adsorpsi dapat dibedakan menjadi 2, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Adsorpsi fisika terjadi bila gaya intermolekular lebih besar dari gaya tarik antar molekul atau gaya tarik menarik yang relatif lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Gaya ini disebut gaya *Van der Waals* sehingga adsorbat dapat bergerak dari satu bagian permukaan ke bagian permukaan lain dari adsorben. Gaya antar molekul adalah gaya tarik antara molekul-molekul fluida dengan permukaan padat, sedangkan gaya intermolekular adalah gaya tarik antar molekul-molekul fluida itu sendiri. Adsorpsi kimia terjadi karena adanya pertukaran atau pemakaian bersama elektron antara molekul adsorbat dengan permukaan adsorben sehingga terjadi reaksi kimia. Ikatan yang terbentuk antara adsorbat dengan adsorben adalah ikatan kimia dan ikatan itu lebih kuat daripada adsorpsi fisika. Adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia dibedakan berdasarkan kriteria antara lain, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Jenis Adsorpsi

Adsorpsi Fisika	Adsorpsi Kimia
Entalpi adsorpsi kecil (<20kJ/mol)	Entalpi adsorpsi besar (40-400kJ/mol)
Terjadi adsorpsi multilayer	Kebanyakan monolayer
Terjadi pada temperatur di bawah titik didih adsorbat	Dapat terjadi pada temperature tinggi
Tidak melibatkan energi aktivasi	Proses adsorpsi terjadi bila sistem mempunyai energi aktivasi

Sumber : [23]

2.6.3 Faktor yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi

Dalam proses adsorpsi banyak faktor yang dapat mempengaruhi laju proses adsorpsi dan banyaknya adsorbat yang dapat dijerap. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi sebagai berikut:

a. Agitasi

Agitasi adalah keadaan bergolak atau bisa disebut turbulen. Laju proses adsorpsi dikendalikan oleh difusi lapisan dan difusi pori, tergantung pada keadaan larutan, tenang atau bergolak/turbulen.

b. Karakteristik Adsorben

Karakteristik adsorben yang mempengaruhi laju adsorpsi adalah ukuran dan luas permukaan partikel. Semakin kecil adsorben maka laju adsorpsi akan semakin cepat, sementara semakin luas permukaan adsorben maka jumlah partikel adsorbat yang diserap akan semakin banyak.

c. Kelarutan Adsorbat

Proses adsorpsi terjadi saat adsorbat terpisah dari larutan dan menempel di permukaan adsorben. Partikel adsorbat yang terlarut memiliki afinitas yang kuat. Tetapi ada pengecualian, beberapa senyawa yang sedikit larut sulit untuk diserap, sedangkan ada beberapa senyawa yang sangat larut namun mudah untuk diserap.

d. Ukuran Pori Adsorben

Ukuran pori merupakan salah satu faktor penting dalam proses adsorpsi, karena senyawa adsorbat harus masuk ke dalam pori adsorben. Proses adsorpsi akan lancar apabila ukuran pori dari adsorben cukup besar untuk dapat memasukan adsorbat ke dalam pori adsorben. Kebanyakan air limbah mengandung berbagai ukuran partikel adsorbat. Keadaan ini dapat merugikan, karena partikel yang lebih besar akan menghalangi partikel kecil untuk dapat masuk ke dalam pori adsorben. Akan tetapi gerakan konstan dari partikel adsorbat dapat mencegah terjadinya penyumbatan. Gerakan partikel kecil yang cepat membuat partikel adsorbat yang lebih kecil akan terdifusi lebih cepat ke dalam pori.

e. pH

pH memiliki pengaruh yang besar terhadap tingkat proses adsorpsi, disebabkan ion hidrogen dapat menjerap dengan kuat, selain itu pH juga dapat mempengaruhi ionisasi. Senyawa organik asam lebih mudah diadsorpsi pada suasana pH rendah, sedangkan senyawa organik basa lebih mudah diadsorpsi pada suasana pH tinggi. Nilai optimum pH bisa ditentukan dengan melakukan pengujian di laboratorium.

f. Temperatur

Temperatur dapat mempengaruhi laju adsorpsi. Laju adsorpsi akan meningkat dengan meningkatnya temperatur, begitu pula sebaliknya. Proses

adsorpsi merupakan proses eksotermik, maka derajat adsorpsi akan meningkat saat temperatur rendah dan turun pada temperatur tinggi.

g. Waktu Kontak

Waktu kontak mempengaruhi banyaknya adsorbat yang terserap, disebabkan perbedaan kemampuan adsorben dalam menyerap adsorbat berbeda-beda. Kondisi *eqilibrium* akan dicapai pada waktu yang tidak lebih dari 150 menit, setelah waktu itu jumlah adsorbat yang terserap tidak signifikan berubah terhadap waktu.

2.6.4 Faktor yang Mempengaruhi Proses Adsorpsi

Metode adsorpsi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu statis (*batch*) dan dinamis (kolom).

- a. Cara statis (*batch*) yaitu memasukan larutan dengan komponen yang diinginkan ke dalam wadah berisi adsorben, selanjutnya diaduk dalam waktu tertentu. Kemudian dipisahkan dengan cara penyaringan atau dekantasi. Komponen yang telah terikat pada adsorben dilepaskan kembali dengan melarutkan adsorben dalam pelarut tertentu dan volumenya lebih kecil dari volume larutan mula-mula.
- b. Cara dinamis (kolom) yaitu memasukan larutan dengan komponen yang diinginkan ke dalam wadah berisi adsorben, selanjutnya komponen yang telah terserap dilepaskan kembali dengan mengalirkan pelarut (*efluen*) sesuai yang volumenya lebih kecil.

2.7 Pengujian Karakteristik Bahan Bakar yang Dihasilkan

2.7.1 Berat Jenis

Berat Jenis adalah perbandingan berat dari bahan bakar minyak pada temperatur tertentu terhadap air pada volume dan temperatur yang sama. Umumnya, bahan bakar minyak memiliki *specific gravity* 0,74 – 0,96, dengan kata lain bahan bakar minyak lebih ringan daripada air. Pada beberapa literatur digunakan *American Petroleum Institute (API) gravity*. *Specific gravity* dan *API gravity* adalah suatu pernyataan yang menyatakan density (kerapatan) atau berat per satuan volume dari suatu bahan [14][15].

Tujuan dilaksanakan pemeriksaan terhadap berat jenis adalah untuk indikasi mutu minyak dimana semakin tinggi API *Gravity* atau makin rendah berat jenis maka minyak tersebut makin berharga karena banyak mengandung bensin. Sebaliknya semakin rendah API *Gravity* maka semakin banyak lilin. Minyak yang mempunyai berat jenis tinggi berarti minyak tersebut mempunyai kandungan panas (*heating value*) yang rendah.

2.7.2 Viskositas

Viskositas ialah penilaian dari kekebalan fluida yang di salin baik dengan tuntutan maupun tegangan. Lebih jelasnya, definisi viskositas ialah sebuah tingkatan kepekatan fluida yang bisa menjelaskan besar kecilnya suatu sentuhan dalam fluida. Kemudian, jika semakin besar viskositas dalam fluida maka akan bertambah sulit untuk bergerak dan juga akan bertambah sulit benda dapat bergerak di dalam fluida. Faktor-faktor yang mempengaruhi viskositas adalah sebagai berikut : tekanan, temperatur, kehadiran zat lain, ukuran dan berat molekul, kekuatan antar molekul, konsentrasi larutan. Rumus Viskositas:

$$\eta \text{ dinamis} = k (\rho \text{ bola} - \rho \text{ minyak}) t \quad (2)$$

$$\eta \text{ kinematik} = \frac{\eta \text{ dinamis}}{\rho \text{ minyak}} \quad (3)$$

2.7.3 Titik Nyala (*flash point*)

Titik nyala (*flash point*) adalah titik temperatur terendah dimana bahan bakardapat menyala pada kondisi tertentu pada tekanan satu atmosfer. Titik nyala (*flash point*) merupakan faktor penting untuk keamanan terhadap kebakaran. Penentuan nilai titik nyala ini juga berkaitan dengan keamanan dalam penyimpanan penanganan bahan bakar dan diuji dengan menggunakan alat *Pensky Marten Closed Tester* [16].

2.7.4 Analisa Senyawa Kimia dengan Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC-MS)

GC MS (*Gas Chromatography-Mass Spectroscopy*) merupakan suatu instrumen yang terdiri dari dua metode analisis. Kromatografi gas berfungsi

sebagai pemisah komponen dalam suatu senyawa, sedangkan spektrometri massa berfungsi untuk mendeteksi masing-masing molekul komponen yang telah dipisahkan pada kromatografi gas. Gas kromatografi merupakan pemisahan campuran menjadi konstituennya dalam fase gerak berupa gas yang melalui fase diam yang berupa sorben. Gas kromatografi dapat digunakan untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif. Analisa kualitatif dilakukan dengan cara membandingkan waktu retensi dari komponen yang dianalisis dengan waktu retensi zat pembanding pada kondisi analisis yang sama. Sementara untuk analisis kuantitatif dilakukan dengan cara perhitungan relative dari luas puncak kromatogram komponen yang dianalisis terhadap zat baku pembanding yang dianalisis. Metode analisis GC-MS adalah dengan membaca spektra yang terdapat pada kedua metode yang digabung tersebut. Pada spektra GC jika terdapat bahwa dari sampel mengandung banyak senyawa, yaitu terlihat dari banyaknya puncak (*peak*) dalam spektra GC tersebut. Berdasarkan data waktu retensi yang sudah diketahui dari literatur, bisa diketahui senyawa apa saja yang ada dalam sampel. Selanjutnya adalah dengan memasukkan senyawa yang diduga tersebut ke dalam instrumen spektrometer massa. Hal ini dapat dilakukan karena salah satu kegunaan dari kromatografi gas adalah untuk memisahkan senyawa-senyawa dari suatu sampel. Setelah itu, didapat hasil dari spektra spektrometri massa pada grafik yang berbeda. Informasi yang diperoleh dari kedua teknik ini yang digabung dalam instrumen GC/MS adalah tak lain hasil dari masing-masing spektra. Untuk spektra GC, informasi terpenting yang didapat adalah waktu retensi untuk tiap-tiap senyawa dalam sampel sedangkan untuk spektra MS, bisa diperoleh informasi mengenai massa molekul relatif dari senyawa sampel tersebut [17][18].

2.7.5 *Specific Gravity* dan °API

Penentuan *specific gravity* / berat jenis minyak (*crude oil*) dilakukan dengan alat hydrometer, dimana penunjuk *specific gravity* dapat dibaca langsung pada alat. Untuk temperatur yang lebih dari 60 °F, perlu dilakukan koreksi dengan menggunakan chart yang ada. Kualitas dari minyak (minyak berat maupun minyak ringan) ditentukan salah satunya oleh *specific gravity*. Temperatur minyak mentah juga dapat mempengaruhi viskositas atau kekentalan minyak tersebut. Hal ini yang

dijadikan dasar perlunya diadakan koreksi terhadap temperatur standart 60°F. *Specific Gravity* (SG) dari minyak bumi adalah perbandingan antara berat yang diberikan oleh minyak bumi tersebut pada volume tertentu dengan berat air suling pada volume tertentu, dengan berat air suling pada volume yang sama dan diukur pada temperatur 60°F atau perbandingan anatara berat jenis minyak pada tempratur standar dengan berat jenis air. *API Gravity* minyak bumi sering menunjukkan kualitas dari minyak bumi tersebut. Makin kecil SG-nya atau makin tinggi API-nya maka minyak bumi tersebut makin berharga karena lebih banyak mengandung bensin Sebalik nya makin rendah API atau makin besar SG-nya, maka mutu minyak itu kurang baik karena lebih banyak mengandung lilin dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$SPGR = \frac{\text{densitas bahan bakar cair}}{\text{densitas air}} \quad (4)$$

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141,5 \text{ C}}{SPGR} - 131,5 \quad (5)$$

Terdapat beberapa klasifikasi minyak bumi menurut nilai *specific grafity* dan $^{\circ}\text{API}$ nya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi Minyak Bumi Menurut *Spesific Grafity* dan $^{\circ}\text{API}$

JENIS MINYAK BUMI	SPESIFIC GRAVITY	$^{\circ}\text{API}$
<i>Condensate</i>	<0,710	>55
<i>Lights Oil</i>	0,710-0,830	39-55
<i>Medium Oil</i>	0,850-0,865	35-32,1
<i>Heavy Oil</i>	0,965-0,905	32,1-24
<i>Extra Heavy Oil</i>	>0,905	24,8

Sumber: [19]

2.8 Delignifikasi

Delignifikasi adalah suatu proses pendahuluan penghilangan lignin pada material berlignoselulosa sehingga hasil dari proses ini sudah berupa selulosa dengan kemurnian yang cukup besar. Tujuan dari proses delignifikasi yaitu untuk menghilangkan lignin, dan juga dapat mengurangi kristalinitas selulosa, dan meningkatkan porositas bahan. Selain lignin terdapat juga zat non selulosa lain seperti zat ekstraktif, tanin dan resin yang melekat kuat pada selulosa. Lignin

merupakan salah satu bagian yang mengayu dari tanaman seperti janggol, kulit keras, biji, bagian serabut kasar, akar, batang dan daun. Delignifikasi selulosa dapat dilakukan dengan beberapa cara, di antaranya yaitu [20] :

- 1 Ozonolysis Pretreatment, yaitu delignifikasi menggunakan ozon dilakukan pada suhu ruangan dan tekanan atmosfer serta dapat menghancurkan sekitar lignin yang terkandung dalam lignoselulosa.
- 2 Delignifikasi menggunakan Hidrogen Peroksida dalam media asam asetat.
- 3 Delignifikasi Oksigen, yaitu proses untuk mengurangi kandungan lignin dari pulp coklat (yang belum mengalami proses pemutihan). Bahan kimia yang dipakai adalah dan alkali.
- 4 Delignifikasi dengan larutan NaOH.
- 5 Delignifikasi menggunakan cairan ionik, yaitu delignifikasi menggunakan garam yang berwujud cair di bawah suhu 100°C.

Proses soda merupakan proses delignifikasi dengan pelarut NaOH. Proses ini sangat cocok digunakan untuk bahan baku non-kayu. Pada proses ini lebih menguntungkan dari segi teknik dan ekonomis dibandingkan dengan menggunakan proses lain, karena NaOH lebih efektif untuk mengikat lignin dan tidak membuat limbah yang begitu berbahaya di lingkungan sekitar [21].

2.9 Studi Kelayakan Prototipe Alat Penghasil Bioetanol

Pengertian efisiensi dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) macam, yaitu efisiensi teknis, efisiensi alokatif/harga dan efisiensi ekonomi. Suatu penggunaan faktor produksi dikatakan efisien secara teknis (efisiensi teknis) apabila faktor produksi yang dipakai menghasilkan produksi yang “maksimum”. Dikatakan efisiensi harga atau efisiensi alokatif apabila nilai dari produk marginal sama dengan harga faktor produksi yang bersangkutan dan dikatakan efisiensi ekonomi apabila usaha tersebut mencapai efisiensi teknis dan sekaligus juga mencapai efisiensi alokatif/harga.

Pengertian efisiensi berhubungan erat dengan konsep produktivitas. Pengukuran efisiensi dilakukan dengan menggunakan perbandingan antara output yang dihasilkan terhadap input yang digunakan (*cost of output*). Proses kegiatan operasional dapat dikatakan efisien apabila suatu produk atau hasil kerja tertentu dapat dicapai dengan penggunaan sumberdaya dan dana yang serendah-rendahnya

(*spending well*). Efisiensi diukur dengan rasio antara output dengan input, sehingga semakin besar output dibanding input maka semakin tinggi tingkat efisien, namun efisien seringkali juga dinyatakan dalam bentuk input/output, dengan interpretasi yang sama dengan bentuk out per input.

Pengertian efisiensi dalam produksi, bahwa efisiensi merupakan perbandingan output dan input berhubungan dengan tercapainya output maksimum dengan sejumlah input, artinya jika rasio output input besar, maka efisiensi dikatakan semakin tinggi. Dapat dikatakan bahwa efisiensi adalah penggunaan input yang terbaik dalam memproduksi barang.

Untuk merencanakan dan menganalisis proyek yang efektif, harus mempertimbangkan beberapa aspek yang secara bersama-sama menentukan bagaimana keuntungan yang diperoleh dari suatu penanaman investasi tertentu. Masing-masing aspek saling berhubungan dengan yang lainnya, dan suatu putusan mengenai suatu aspek akan mempengaruhi putusan-putusan terhadap aspek yang lainnya. Seluruh aspek harus dipertimbangkan dan selalu dipertimbangkan pada setiap tahap (stage) dalam perencanaan proyek dan siklus pelaksanaannya. [22]

2.9.1 Aspek Pasar dan Pemasaran

Aspek pasar dan pemasaran menempati urutan pertama dalam studi kelayakan dan merupakan ujung tombak bagi rencana pendirian perusahaan. Tanpa gambaran yang cukup cerah, sulit untuk diharapkan bahwa usaha yang direncanakan akan berjalan lancar. Analisis terhadap pasar dan pemasaran pada suatu usulan proyek yang diajukan untuk mendapatkan gambaran tentang pasar yang dapat diserap oleh proyek tersebut dari keseluruhan pasar potensial serta perkembangan pangsa pasar tersebut di masa yang akan datang, dan jenis strategi pemasaran yang digunakan untuk mencapai pangsa pasar yang ditetapkan.

Analisis terhadap pasar dan pemasaran pada suatu usulan proyek diajukan untuk mendapatkan gambaran tentang pangsa pasar yang dapat diserap oleh proyek tersebut dari keseluruhan pangsa pasar potensial serta perkembangan pangsa pasar tersebut di masa yang akan datang, dan jenis strategi pemasaran yang digunakan untuk mencapai pangsa pasar yang diterapkan. Analisis aspek pemasaran meliputi penentuan segmen, target dan posisi produk di pasar, kajian terhadap sikap, perilaku dan kepuasan konsumen terhadap produk untuk

mengetahui konsumsi potensial dan penentuan strategi, kebijakan dan program pemasaran yang akan dilaksanakan. [22]

2.9.2 Aspek Teknik dan Teknologi

Aspek teknis dan teknologis merupakan salah satu aspek penting dalam proyek, yang berkenaan dengan proses pembangunan industri secara teknis dan pengoperasiannya setelah proyek tersebut selesai dibangun. Berdasarkan analisis ini dapat diketahui rancangan awal penaksiran biaya investasi [22]. Pada aspek teknis dan teknologis akan dipelajari mengenai jenis teknologi paling tepat yang berkaitan dengan pemilihan mesin dan peralatan yang digunakan, lokasi industri, dan tata letak pabrik.

Analisis teknis secara spesifik mencakup analisis terhadap ketersediaan bahan baku, proses produksi, mesin dan peralatan, kapasitas produksi, perancangan aliran bahan, analisis keterkaitan antar aktifitas, jumlah mesin dan peralatan, keperluan tenaga kerja, penentuan luas pabrik dan perancangan tata letak pabrik.

Penentuan lokasi proyek harus memperhatikan faktor-faktor antara lain iklim dan keadaan tanah, fasilitas transportasi, ketersediaan tenaga kerja, tenaga listrik, air, sikap masyarakat, serta rencana pengembangan industri ke depan. Hal lain yang perlu diperhatikan yaitu letak konsumen atau pasar sasaran, letak bahan baku, dan peraturan pemerintah.

Pemilihan jenis teknologi berkaitan dengan pemilihan mesin dan peralatan. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan jenis teknologis yaitu jenis teknologi yang diajukan harus dapat menghasilkan standar mutu produk yang dikehendaki pasar, teknologi tersebut harus cocok dengan persyaratan yang diperlukan untuk mencapai kapasitas produksi ekonomis yang telah ditentukan, kemungkinan pengadaan tenaga ahli yang akan mengelola mesin dan peralatan, kesesuaian bahan baku dan bahan pembantu yang diterapkan secara berhasil di tempat lain. Selain itu, pemilihan teknologi juga harus dikaitkan dengan perhitungan jumlah dana yang diperlukan untuk pembelian mesin dan peralatan yang dibutuhkan serta pengaruhnya terhadap biaya produksi tiap satuan barang yang dihasilkan.

Tata letak pabrik merupakan alat yang efektif untuk menekan biaya produksi dengan cara menghilangkan atau mengurangi sebesar mungkin semua aktifitas

yang tidak produktif. Biaya produksi tersebut antara lain biaya yang berkenaan dengan penanganan bahan, kebutuhan personil dan peralatan serta persediaan bahan baku dalam proses. Tata letak yang baik merupakan wahana untuk memberikan kenyamanan dan keamanan kerja bagi personil. [22]

2.9.3 Aspek Manajemen dan Organisasi

Manajemen operasional adalah suatu fungsi kegiatan manajemen yang meliputi perencanaan organisasi, staffing, koordinasi, pengarahan dan pengawasan terhadap operasi perusahaan. Tugas manajemen operasional adalah untuk mendukung manajemen dalam rangka pengambilan keputusan masalah-masalah operasi atau produksi. Manajemen operasional meliputi bentuk organisasi atau badan usaha yang dipilih, struktur organisasi, deskripsi dan spesifikasi jabatan, jumlah tenaga kerja yang digunakan, anggota direksi, dan tenaga lain.

Hal yang perlu dipelajari dalam aspek manajemen operasional adalah manajemen dalam pembangunan proyek tersebut, jadwal penyelesaian proyek, faktor yang melakukan studi setiap aspek, dan manajemen dalam operasi. Gambaran jenis dan jumlah tenaga manajemen yang diperlukan untuk mengelola proyek secara berhasil harus diketahui selama studi kelayakan proyek. Selain itu, perlu direncanakan asal tenaga kerja diperoleh serta anggaran balas jasa yang digunakan untuk menarik dan mempertahankan tenaga kerja yang berdedikasi tinggi tersebut. Kemudian struktur organisasi dan deskripsi tugas juga perlu disusun untuk menjalankan usaha dan melaksanakan tugas-tugas tersebut secara efektif dan efisien. Selain itu, persyaratan minimal harus dipenuhi untuk mengisi jabatan pada struktur organisasi tersebut serta kemungkinan pendidikan dan pelatihan tenaga kerja yang ada untuk mengisi kekurangan. [22]

2.9.4 Aspek Lingkungan dan Legalitas

Aspek lingkungan hidup bertujuan menentukan dapat dilaksanakannya industri secara layak atau tidak dari segi lingkungan hidup. Hal-hal yang berkaitan dengan aspek lingkungan antara lain peraturan dan perundang-undangan analisis mengenai dampak lingkungan (Amdal) dan kegunaannya dalam kajian pendirian industri dan pelaksanaan proses pengelolaan dampak lingkungan.

Aspek legalitas mengkaji tentang legalitas usulan proyek yang akan dibangun dan dioperasikan. Ini berarti bahwa setiap proyek yang akan didirikan dan

dibangun di wilayah tertentu harus memenuhi hukum dan tata peraturan yang berlaku di wilayah tersebut. Teknik analisis yang digunakan untuk menilai apakah proyek yang akan didirikan layak dari aspek hukum adalah teknik kualitatif.

Dalam pengkajian aspek yuridis atau hukum, hal yang perlu diperhatikan meliputi bentuk badan usaha yang akan digunakan dan berbagai akte, sertifikat, serta izin yang diperlukan. Aspek yuridis juga perlu dikaji dalam manajemen operasional. Aspek yuridis atau legalitas berguna untuk kelangsungan hidup proyek dalam rangka meyakinkan kreditur dan investor bahwa proyek yang akan dibuat sesuai dengan peraturan yang berlaku. Aspek hukum mempelajari tentang bentuk badan usaha yang digunakan, jaminan yang diatur jika menggunakan sumber dana yang berasal dari pinjaman atau berbagai akte, sertifikat, dan izin yang dibutuhkan. [22]

2.9.5 Aspek Finansial

Aspek-aspek finansial dari persiapan dan analisis proyek menerangkan pengaruh-pengaruh finansial dari suatu proyek yang diusulkan. Evaluasi aspek finansial dilakukan untuk memperkirakan jumlah dana yang diperlukan. Selain itu juga dipelajari struktur pembiayaan serta sumber dana yang menguntungkan.

Dari aspek finansial dapat diperoleh gambaran tentang struktur permodalan bagi perusahaan yang mencakup seluruh kebutuhan modal untuk dapat melaksanakan aktifitas mulai dari perencanaan sampai pabrik beroperasi. Secara umum, biaya dikelompokkan menjadi biaya investasi dan biaya modal kerja. Kemudian dilakukan penilaian aliran dana yang diperlukan dan kapan dana tersebut dapat dikembalikan sesuai dengan jumlah waktu yang ditetapkan, serta apakah proyek tersebut menguntungkan atau tidak.

Dalam rangka mencari ukuran yang menyeluruh sebagai dasar penerimaan atau penolakan atas pengurutan suatu proyek, telah dikembangkan berbagai cara yang dinamakan kriteria investasi. Kriteria investasi yang digunakan adalah *Break Even Point* (BEP), *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate Of Return* (IRR), *Net Benefit Cost Ratio* (Net B/C), *Payback period* (PBP), dan analisis sensitivitas. [22]

2.9.6 *Payback period (PP)*

Payback period (PP) merupakan teknik penilaian terhadap jangka waktu (periode) pengembalian investasi suatu proyek atau usaha. Analisis *payback period* dalam analisis kelayakan perlu ditampilkan untuk mengetahui seberapa lama usaha atau kelompok yang dikerjakan baru dapat mengembalikan investasi. Analisis *payback period* dihitung dengan cara menghitung waktu yang diperlukan pada saat total arus kas masuk sama dengan total arus kas keluar. Berdasarkan hasil analisis ini diharapkan terdapat alternatif dengan periode yang lebih singkat. Penggunaan analisis ini hanya disarankan untuk mendapatkan informasi tambahan untuk mengukur seberapa cepat pengembalian modal yang diinvestasikan. Rumus untuk menghitung *Payback period* (PP) sebagai berikut :

- a. Rumus *Payback period* jika arus kas per tahun jumlahnya berbeda ditunjukkan pada persamaan 6.

$$\text{Payback period (PP)} = n + \frac{(a-b)}{(c-b)} \times 1 \text{ tahun} \quad (6)$$

Keterangan :

n: Tahun terakhir di mana jumlah arus kas masih belum bisa menutup investasi mula-mula

a: Jumlah investasi mula-mula b = Jumlah kumulatif arus kas pada tahun ke-n.

c: Jumlah kumulatif arus kas pada tahun ke-n + 1

- b. Rumus *Payback period* jika arus kas per tahun jumlahnya sama ditunjukkan pada persamaan 7.

$$\text{Payback period (PP)} = \frac{\text{investasi awal arus kas}}{\text{ arus kas}} \times 1 \text{ tahun} \quad (7)$$

Kriteria Pengambilan Keputusan :

- a. Periode pengembalian lebih cepat maka Layak.
- b. Periode pengembalian lebih lama maka Tidak Layak.