

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Produksi Semen

Semen merupakan salah satu bahan perekat yang jika dicampur dengan air mampu mengikat bahan-bahan padat seperti pasir dan batu menjadi suatu kesatuan kompak. Sifat pengikatan semen ditentukan oleh susunan kimia yang dikandungnya. Adapun bahan utama yang dikandung semen adalah kapur (CaO), silikat (SiO_2), alumina (Al_2O_3), ferro oksida (Fe_2O_3), magnesit (MgO), serta oksida lain dalam jumlah kecil (Da Cruz & Supriatna, 2020). Persentase penyusun unsur semen ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Persentase Penyusun Unsur Semen

Oksida	Persen (%)
Kapur (CaO)	60 - 65
Silika (SiO_2)	17 - 25
Alumina (Al_2O_3)	3 - 8
Besi (Fe_2O_3)	0,5 - 6
Magnesium Oksida (MgO)	0,5 - 4
Sulfur (SO_3)	1 - 2
Potash ($\text{NaO} + \text{K}_2\text{O}$)	0,5 - 1

Dikutip dari buku *Company Profile Semen Gresik* (Semen Gresik, 2018) secara singkat proses produksi semen dapat didefinisikan secara umum sebagai berikut:

a. *Raw material preparation*

Dua bahan baku utama yang digunakan untuk produksi semen ini didapatkan dari proses penambangan *clay* (tanah liat) dan batu kapur. Semua bahan baku yang telah ditambang ini kemudian diproses lagi menjadi ukuran yang lebih kecil oleh *crusher mill* dan *clay cutter* dan hasilnya ditumpuk berbentuk *pile*.

b. *Raw material grinding*

Dalam proses *raw material grinding* ini, terdapat 4 proses yakni *mix pile* yang merupakan campuran *clay* dan batu kapur; *limestone pile*, *silica sand*, dan *copper slag*. Masing-masing *pile* tersebut memiliki *output* tersendiri yang telah

dibuat komposisinya dan dicampur menjadi satu dan masuk ke dalam satu alat, yakni *grinding mill*. *Output* dari penggilingan ini adalah material berbentuk debu.

c. *Blending silo*

Output dari *raw material grinding* ini selanjutnya diproses di *blending silo* untuk homogenisasi. Tujuannya adalah untuk homogenisasi, mulai dari ukuran dan kualitas agar hasil material tersebut merata.

d. *Pyro process*

Langkah selanjutnya setelah melalui proses di *blending silo*, material akan masuk dalam *pre heater* untuk proses pemanasan awal. Setelah proses pemanasan awal, material pun dibakar di *rotary kiln* dengan suhu sekitar 1400 °C. *Output* pembakaran berupa lava yang mengalir tersebut didinginkan di suatu alat bernama *clinker cooler*. Lava yang didinginkan secara mendadak itu menghasilkan *output* berbentuk *granular* yang biasa dikenal dengan *clinker* atau terak. *Clinker* tersebut diratakan dan dikecilkan kembali ukurannya di *heavy-duty roller breaker*. Dalam proses ini, *clinker* yang kualitasnya jelek atau bertujuan untuk dijual disalurkan lewat *export bin* sedangkan kualitas yang bagus disimpan dalam *clinker storage*.

e. *Cement grinding*

Setelah melalui proses pembakaran yang menghasilkan *clinker*, material berupa batu kapur, gipsum, dan material alternatif pun kembali dikomposisikan untuk digiling lagi di *finish mill* atau *cement grinding*. *Output* dari proses ini bukan berupa debu lagi namun serbuk semen.

f. *Cement silo*

Serbuk semen tersebut lantas tidak serta merta masuk dalam tahap final namun disimpan lagi dalam *cement silo*. Tujuannya adalah homogenisasi kualitas semen yang disesuaikan pada tipe semen yang ingin dijual sekaligus menjadi tempat penyimpanan semen sebelum rilis ke *packer*.

g. *Cement packing bulk truck*

Proses ini adalah proses terakhir dalam produksi semen. Apabila semen curah bias langsung diproses saat di *cement silo* yang diangkut oleh *bulk truck*,

maka pengantongan semen harus diproses dahulu di *packer machine* dan *palatizer machine* untuk bisa didistribusikan.

2.2 Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)

Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, menjelaskan definisi limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Bahan Berbahaya dan Beracun yang selanjutnya disingkat B3 adalah zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain. Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun yang selanjutnya disebut limbah B3 adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung B3.

Limbah B3 adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan atau beracun yang karena sifat dan atau konsentrasinya dan atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan atau merusak lingkungan hidup dan atau membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup lain. Limbah B3 dengan karakteristik tertentu yang dibuang langsung ke dalam lingkungan dapat menimbulkan bahaya terhadap lingkungan dan kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya (Larastika, 2011).

2.2.1 Jenis Limbah B3

Sumber penghasil limbah B3 dapat berasal dari industri, pertambangan, transportasi, laboratorium, rumah tangga, dan proses alam. Limbah B3 membutuhkan kontrol ketat dalam proses penanganan, transportasi, pengolahan dan pembuangan. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, limbah B3 dapat dibedakan dari sumbernya, yaitu:

- a) Limbah B3 dari sumber tidak spesifik.
- b) Limbah B3 dari B3 kadaluarsa, B3 yang tumpah, B3 yang tidak memenuhi spesifikasi produk yang akan dibuang, dan bekas kemasan B3.

c) Limbah B3 dari sumber spesifik. Limbah kategori ini, dibedakan kembali menjadi limbah B3 dari sumber spesifik umum dan spesifik khusus.

Limbah dari sumber spesifik meliputi limbah dari sumber spesifik umum dan limbah B3 dari sumber spesifik khusus. Limbah dari sumber spesifik umum diantaranya berasal dari industri atau kegiatan sebagai sumber limbah yang menghasilkan berbagai limbah B3. Sedangkan limbah dari sumber spesifik khusus adalah limbah B3 yang memiliki efek tunda, berdampak tidak langsung terhadap manusia dan lingkungan hidup, memiliki karakteristik beracun tidak akut, dan dihasilkan dalam jumlah besar per satuan waktu. Berikut daftar jenis limbah yang berasal dari sumber spesifik khusus:

Tabel 2.2 Daftar Limbah B3 dari Sumber Spesifik Khusus

Jenis Limbah B3	Sumber Limbah
<i>Copper slag</i>	Proses peleburan bijih timah tembaga (<i>smelter</i>) dari proses primer dan sekunder
<i>Slag</i> timah putih	Proses peleburan timah putih
<i>Iron concentrate</i>	Proses peleburan bijih dan/atau logam besi dan baja dengan menggunakan teknologi <i>induction furnace</i> frekuensi rendah atau kupola dan/atau proses <i>reheating furnace</i>
<i>Mill scale</i>	Proses peleburan bijih dan/atau logam besi dan baja dengan menggunakan teknologi <i>induction furnace</i> frekuensi rendah atau kupola dan/atau proses <i>reheating furnace</i>
Debu besi/baja	Pengendalian pencemaran udara dari proses peleburan bijih dan/atau logam besi dan baja dengan menggunakan teknologi <i>induction furnace</i> frekuensi rendah atau kupola dan/atau proses <i>reheating furnace</i>
<i>PS Ball</i>	Proses peleburan bijih dan/atau logam besi dan baja dengan menggunakan teknologi <i>induction furnace</i> atau kupola
<i>Fly ash</i>	Proses pembakaran batu bara pada fasilitas <i>stocker boiler</i> dan/atau tungku industry
<i>Bottom ash</i>	Proses pembakaran batu bara pada fasilitas <i>stocker boiler</i> dan/atau tungku industry
<i>Sludge</i> IPAL	Proses pengolahan air limbah dari industri <i>pulp</i>
<i>Spent bleaching earth</i>	Proses industri <i>oleochemical</i> dan/atau pengolahan minyak hewani atau nabati dengan kadar kandungan minyak lebih dari 3%
Gypsum	1. Proses desulfurisasi pada PLTU 2. Proses pembuatan pupuk fosfat dengan proses basah menggunakan asam sulfat pada industry pupuk, dan/atau

	3. Proses dekalsifikasi tetes tebu dengan asam sulfat pada industri <i>Mono Sodium Glutamate</i> (MSG)
Kapur (CaCO_3)	Proses pembuatan pupuk ammonium sulfat/ <i>Zwavelzuur Ammonia</i> (ZA) pada industri pupuk
Tailing	Proses pengolahan dan/atau pemurnian bijih mineral logam pada industri pertambangan
Refreaktori bekas yang dihasilkan dari fasilitas termal	Proses industri yang menggunakan fasilitas termal antara lain berupa tungku bakar, boiler, pot lining, dan fasilitas sejenis

Sumber: Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021

2.3 Biomassa

Biomassa merupakan bahan organik yang dihasilkan dari proses fotosintetik yang ada di permukaan bumi baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja dan kotoran ternak. Biomassa dapat dikategorikan menjadi 4 yaitu limbah pertanian, limbah kehutanan, tanaman kebun energy dan limbah organik. Limbah hasil pengolahan biomassa dapat diolah menjadi bahan bakar sebagai salah satu cara dalam mengatasi limbah dan juga sebagai energi alternatif (Rofiah et al., 2021).

Secara umum biomassa merupakan bahan yang dapat diperoleh dari tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung dan dimanfaatkan sebagai energi atau bahan dalam jumlah yang besar. Secara tidak langsung mengacu pada produk yang diperoleh melalui peternakan dan industri makanan. Biomassa disebut juga sebagai fitomassa dan sering kali diterjemahkan sebagai bioresource atau sumber daya yang diperoleh dari hayati. Biomassa sangat beragam dan klasifikasinya, namun secara spesifik merujuk pada limbah pertanian seperti jerami, sekam padi, limbah perhutanan seperti serbuk gergaji, MSW, tinja, kotoran hewan, sampah hewan, sampah dapur, lumpur kubangan dan sebagainya. Dalam kategori jenis tanaman, yang termasuk biomassa adalah kayu putih, poplar hybrid, kelapa sawit, tebu, rumput, rumput laut, dan lain-lain (Susila Herlambang et al., 2017).

Penggunaan energi biomassa di Indonesia mulai diupayakan untuk menekan penggunaan energi fosil dari batubara. Penggunaan bioenergi merupakan salah satu

bentuk transisi ke sistem energi rendah karbon yang berpotensi pada sector energy terbarukan dan menjadi salah satu industry energy yang padat karya. Potensi energy biomassa di Indonesia dapat dilihat pada table di bawah ini (Rofiah et al., 2021):

Tabel 2.3 Potensi Energi Biomassa di Indonesia

Potensi	Sumatera	Kalimantan	Jamali	Nusa Tenggara	Sulawesi	Maluku	Papua	Total (Mwe)
Kelapa sawit	8.912	3.384	60	-	323	-	75	12.654
Tebu	399	-	854	-	42	-	-	1.295
Karet	1.918	862	-	-	-	-	-	2.781
Kelapa	53	10	37	7	38	19	14	177
Sekam padi	2.255	642	5.353	405	1.111	22	20	9.808
Jagung	408	30	954	85	251	4	1	1.733
Singkong	110	7	120	18	12	2	1	271
Kayu	1.212	44	14	19	21	4	21	1.335
Limbah ternak	96	16	296	53	65	5	4	535
Sampah kota	326	66	1.527	48	74	11	14	2.066
Total (Mwe)	15.588	5.062	9.215	636	1.937	67	151	32.654

Sumber: Ditjen EBTKE, Kementrian ESDM (2020)

Menurut (Susila Herlambang et al., 2017) terdapat 7 keunggulan energi biomassa yang dapat kita pertimbangkan dalam pengolahannya:

- Biomassa merupakan sumber energi terbarukan karena berasal dari tanaman yang dapat tumbuh kembali dilahan yang sama.
- Biomassa dapat membantu mengurangi impor bahan bakar asing dan membantu meningkatkan kemandirian energi Negara.
- Peningkatan pengguna biomassa dari limbah dapat mengurangi tingkat polusi di dunia dengan mengkonversi sampah menjadi sumber energi yang berguna.
- Dengan menggunakan biomassa ialah pilihan yang lebih ramah lingkungan bila dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar fosil, sekaligus dapat membantu mengurangi tingkat total emisi gas rumah kaca jika tanaman tidak dibakar secara langsung.
- Merupakan teknologi energi terbarukan yang mampu memberikan hasil instan.
- Sumber biomassa dapat ditemukan di semua negara di dunia.

g) Banyak teknologi berbeda yang dapat digunakan untuk mengkonversi biomassa menjadi bentuk energi yang berguna.

Pemanfaatan biomassa sebagai bahan bakar alternatif terbarukan merupakan solusi tepat untuk mengatasi permasalahan akibat dampak pemakaian bahan bakar fosil. Dalam penggunaannya biomassa memberikan dampak yang positif bagi penggunanya, karena pemakaian biomassa tidak memberikan dampak negatif terhadap lingkungan.

2.4 Refuse Derived Fuel (RDF)

Refuse Derived Fuel (RDF) adalah sampah mudah terbakar yang telah dipisahkan dari limbah atau sampah melalui proses pemilahan, pengayakan, dan proses pra pengolahan (*pre treatment*) lainnya. RDF umumnya diperoleh dari limbah industri, sampah domestik (*Municipal Solid Waste/MSW*), residu biomassa yang telah melalui proses pemilahan dan reduksi menjadi ukuran yang lebih kecil.

Untuk memproduksi RDF dari sampah tercampur, komponen sampah yang memiliki nilai seperti kertas, logam, dan komponen berharga lainnya dipisahkan untuk didaur ulang, sedangkan komponen yang tidak dapat diolah menjadi RDF seperti kaca, kerikil, limbah dari material bangunan disingkirkan, selanjutnya sampah terpilah diproses dalam alur produksi RDF. Komposisi dan kualitas dari RDF dapat sangat bervariasi, meskipun pada umumnya RDF memiliki nilai kalori yang lebih tinggi dan kandungan klorin yang lebih rendah dibandingkan sampah tercampur.

Refuse Derived Fuel (RDF) dapat digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil pada proses *co-incineration* di pembangkit listrik tenaga batubara (*coal-fired* dan *brown coal-fired power plant*), pabrik semen, pabrik pembakaran kapur, unit insenerasi sampah atau unit yang didedikasikan untuk pemulihan energi dari RDF menjadi listrik seperti *power plant* berbahan bakar RDF.

Pengolahan sampah menjadi RDF selain penting dalam keberlanjutan pengelolaan sampah, juga sangat penting dalam kerangka efisiensi sumber daya, yakni dalam pemulihan energi dari sampah. RDF memiliki kalori bersih yang cukup baik dan kualitas yang konsisten sebagai pengganti sebagian panas yang dihasilkan

oleh bahan bakar konvensional yang digunakan oleh industri. Melalui pemanfaatan energi dari hasil proses pengolahan sampah, produksi RDF dari sampah juga mendukung peningkatan ekonomi sirkular (Widowati, 2023).

2.4.1 Klasifikasi RDF

Berdasarkan *American Standard Testing and Material* (ASTM E856-83), terdapat 7 (tujuh) jenis RDF yang diklasifikasikan sesuai dengan bentuk dan proses pemilahan awal RDF. Jenis RDF sesuai dengan ASTM sebagai berikut:

- a. RDF-1 adalah RDF dalam bentuk turunan dari sampah, merupakan *Municipal Solid Waste* (MSW) yang digunakan sebagai bahan bakar yang telah dipisahkan dari sampah yang berukuran besar dan tebal.
- b. RDF-2 adalah MSW yang diproses menjadi partikel kasar dengan atau tanpa logam besi (*ferrous metal*). Sub-kategori dari RDF-2 merupakan serpihan RDF yang kemudian dipisahkan sebesar 95% berat dapat melewati saringan *mesh* 6 dan dipadatkan (sekitar 300 kg/m³), (disebut juga sebagai *coarse* RDF atau c-RDF).
- c. RDF-3 merupakan bahan bakar yang dicacah yang berasal dari MSW dan diproses untuk memisahkan logam, kaca, dan bahan anorganik lainnya, dengan ukuran partikel 95% dari berat yang dapat melewati saringan berukuran 2 inch persegi (disebut juga sebagai *Fluff* RDF).
- d. RDF-4 merupakan fraksi sampah yang dapat dibakar (*combustible*) yang diolah menjadi bentuk serbuk, 95% berat dapat melalui saringan *mesh* 10 (disebut juga sebagai *dust* RDF atau p-RDF).
- e. RDF-5 dihasilkan dari fraksi sampah yang dapat dibakar yang kemudian dipadatkan menjadi 600 kg/m³, dalam bentuk granul, *slags*, *cubettes*, briket, dsb (disebut juga dengan *densified* RDF atau d-RDF).
- f. RDF-6 adalah MSW yang diproses menjadi bahan bakar dalam bentuk cair.
- g. RDF-7 adalah MSW yang diproses menjadi bahan bakar dalam bentuk gas.

Meskipun ada dua jenis RDF yang dapat dibedakan berdasarkan komposisinya, RDF dapat diproduksi dalam bentuk bahan lepas (*fluff*) atau pelet yang dapat diolah kembali menjadi produk yang lebih padat. Hal ini tergantung

pada beberapa faktor termasuk namun tidak terbatas pada kebutuhan pengguna, kedekatan unit produksi dengan pelanggan akhir, kebutuhan penyimpanan, jenis sistem umpan pembakaran RDF pada pelanggan, dan sebagainya (Widowati, 2023).

2.4.2 Potensi Industri Pemanfaat RDF

Industri yang berpotensi menjadi pemanfaat RDF adalah industri pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar RDF (*RDF Power Plant*), industri pengguna bahan bakar padat seperti batubara, dan/atau bahan bakar padat lainnya sebagai penghasil panas seperti industri semen, industri pengolahan, industri pengeringan, industri yang menggunakan batubara dan/atau biomassa untuk penggunaan bersama (*co-firing*) dengan batubara untuk menghasilkan listrik melalui *boiler* seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU).

Pemanfaat RDF lainnya yang teridentifikasi adalah industri pengguna *boiler*. *Boiler* pada industri pengolahan menghasilkan energi yang dapat digunakan untuk mengalirkan panas dalam bentuk energi kalor ke suatu proses. Berbagai sektor industri yang memerlukan energi panas dengan memanfaatkan *boiler*, antara lain adalah industri pupuk, makanan dan minuman, kelapa sawit, farmasi, karet, kimia dan petrokimia, kertas dan pulp, pakan ternak, dan sebagainya.

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) pada tahun 2021 mengidentifikasi peluang RDF sebagai substitusi bahan bakar industri pengguna batubara dan industri pengguna bahan bakar padat lainnya. Untuk kategori pertama, BPPT mengidentifikasi industri pengguna batubara yang berpotensi menggunakan bahan bakar RDF sebagai bahan bakar alternatif, antara lain adalah industri semen, tekstil, baja, pupuk, dan kertas.

RDF menjadi salah satu alternatif bahan bakar yang didorong untuk dimanfaatkan di pabrik semen di Indonesia karena memiliki beberapa manfaat lingkungan seperti:

- a. Mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yang tidak terbarukan seperti batubara, dan mengurangi dampak lingkungan yang terkait dengan ekstraksi bahan-bahan alami.

- b. Memberikan kontribusi terhadap penurunan emisi seperti GRK dengan mengganti penggunaan bahan bakar fosil dengan bahan yang lain akan harus dibakar dengan emisi dan residu akhir yang sesuai.

Pada saat ini belum semua pabrik semen di Indonesia siap untuk memanfaatkan bahan bakar alternatif termasuk RDF. Pabrik semen yang akan memanfaatkan RDF sebagai bahan bakar alternatif setidaknya perlu menyiapkan fasilitas penyimpanan, sistem *de-dusting*, dan pengumpanan RDF ke sistem pembakaran di *kiln*. Pengeluaran RDF dari fasilitas penyimpanan umumnya menggunakan *bridge crane* atau *front loader*. Dari *hopper* RDF ditimbang dalam *belt scale* kemudian ditransportasikan menuju sistem pembakaran menggunakan *belt conveyor*. Pengumpanan RDF ke *pre-calciner* atau saluran *riser pre-heater* dapat menggunakan *triple flap gate*. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatan RDF di industri sebagai berikut:

- a. Sistem Pembakaran di *Kiln/Furnace*

Kondisi operasi, yaitu suhu operasi dan waktu retensi sangat penting untuk menghindari pembentukan dioksin dan furan. Contoh suhu operasi di *kiln* semen yang lebih dari 1.550 °C, dan waktu retensi 3 hingga 6 detik di atas 1.200 °C, sesuai untuk membakar RDF dengan aman. Setidaknya terdapat tiga potensi masalah dari *co-firing* RDF dan batubara di *boiler* industri, menurunnya *performance boiler*, timbulnya korosi pada *tube* perpindahan panas, kualitas abu terbang (*fly ash*), dan emisi yang dihasilkan.

- b. Alat Pengendali Emisi

Emisi yang dilepaskan dari pembakaran RDF dalam kondisi terkendali dan tidak terkendali akan berbeda. Dalam kasus pembakaran RDF terutama pada suhu rendah (kurang dari 600 °C), menyebabkan pembentukan gas dan senyawa yang sangat beracun seperti dioksin/furan. Kajian lingkungan mengenai dampak lingkungan RDF perlu dilakukan. Pemenuhan sistem pembersihan gas buang di *plant* pemanfaat RDF seperti di Eropa minimal terdiri dari (1) Kontrol emisi asam, misalnya dengan *scrubber*; (2) DeNO_x, misalnya dengan teknologi SNCR; (3) Penghapusan merkuri dan dioksin, misalnya dengan injeksi karbon aktif; (4) *baghouse*.

c. Kapasitas dan Faktor Keselamatan Sumber Daya Manusia

Industri yang menggunakan RDF harus memiliki kapasitas internal untuk mengukur dan memantau tingkat polutan konvensional seperti, PM, CO, NO_x, menggunakan alat penganalisis emisi yang andal dan kontinyu. Staf harus dilatih untuk mengelola RDF yang berasal dari sampah tercampur sehingga memiliki resiko kesehatan. Pengukuran dan pemantauan emisi logam berat, dioksin, furan dilakukan sesuai dengan skala waktu yang ditentukan oleh pihak berwenang. Risiko kesehatan dan lingkungan dari abu yang dihasilkan dari pembangkit listrik atau steam *boiler* berbahan bakar RDF perlu menjadi perhatian, abu pembakaran RDF perlu dikelola lebih lanjut sesuai aturan yang berlaku.

d. Pasar RDF

Untuk mendorong pasar RDF, kenaikan harga energi merupakan pendorong utama. Selain itu, faktor penunjang lainnya adalah dibangunnya fasilitas pengolahan sampah menjadi RDF, kemitraan jangka panjang dengan konsumen pengguna energi panas, serta mitigasi risiko pasokan RDF melalui kontrak jangka menengah (Widowati, 2023).

2.5 *Polluter Pay*

Menurut Undang-Undang nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pasal 1 ayat (2), disebutkan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (PPLH) adalah upaya sistematis dan terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup yang meliputi perencanaan, pemanfaatan, pengendalian, pemeliharaan, pengawasan, dan penegakan hukum. Pada Bab X bagian 3 pasal 69, diatur mengenai larangan dalam perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup yang meliputi larangan melakukan pencemaran, memasukkan benda berbahaya dan beracun (B3), memasukkan limbah ke media lingkungan hidup, melakukan pembukaan lahan dengan cara membakar, dan lain sebagainya. Larangan-larangan tersebut diikuti dengan sanksi yang tegas dan jelas tercantum pada Bab XV tentang ketentuan pidana pasal 97 sampai dengan pasal 123.

Polluter pay atau sering disebut pencemar membayar, adalah prinsip yang sering diucapkan dalam deklarasi internasional yang kemudian masuk ke dalam konvensi-konvensi internasional dan menjadi prinsip hukum lingkungan internasional. Instrumen internasional pertama yang mengacu pada pernyataan prinsip pencemar membayar secara tegas adalah *Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) 1872, yaitu sebuah organisasi ekonomi internasional yang didirikan oleh 34 negara pada tahun 1961, yang bertujuan untuk menstimulasi perkembangan ekonomi dan perdagangan dunia. Badan ini mendukung prinsip pencemar membayar untuk mengalokasikan biaya pencegahan polusi dan tindakan kontrol untuk mendorong pengelolaan sumber daya lingkungan secara rasional dan menghindari penyimpangan pada perdagangan dan investasi internasional (Harsanto Nursadi, 2015).

Polluter pays principle merupakan suatu asas yang menetapkan bahwa yang harus bertanggungjawab atas terjadinya suatu kerusakan lingkungan ialah pihak yang menyebabkan kerusakan tersebut. Prinsip ini adalah suatu kebijakan dalam bidang ekonomi dalam membebankan biaya kepada pihak yang melakukan pencemaran lingkungan. Jika ditinjau dari Hukum Lingkungan Internasional, prinsip ini memiliki keterkaitan dalam hal pertanggungjawaban kerugian yang dilakukan oleh suatu pihak.

Dalam rekomendasi OECD kewajiban para pencemar untuk menanggung biaya yang diperlukan sebagai upaya menjaga kondisi lingkungan merupakan awal dari adanya prinsip ini. Namun tak hanya itu, pengendalian pencemaran juga harus termasuk biaya opsi kebijaksanaan melawan pencemaran, pengurusan, penelitian, pengembangan teknologi, perawatan komponen instalasi pengelolaan limbah. Menurut OECD kebijaksanaan prinsip pencemar membayar yang dapat diterapkan yaitu antara lain pengendalian langsung; perpajakan; pembayaran; subsidi; bermacam kebijakan intensif; pelelangan hak pencemaran; pungutan-pungutan (Bintari, 2004).

Penerapan nyata dari prinsip pencemar membayar ini adalah pengalokasian kewajiban ekonomi terkait dengan kegiatan-kegiatan yang merusak lingkungan dan secara khusus berhubungan dengan tanggun-ggugat (*liability*), penggunaan

instrumen ekonomi, dan penerapan peraturan terkait persaingan dan subsidi (Harsanto Nursadi, 2015).

2.6 Pemanfataan Limbah dalam Industri Semen

Departemen penelitian dan pengembangan PT Semen Gresik pada tahun 2010 telah melakukan penelitian yang dilaksanakan oleh (Mardiana & Mahardika, 2010), dengan memasukkan limbah *biomass* (sekam padi, serbuk gergaji dan kulit kacang) yang digunakan sebagai *co-processing* yang dimasukkan ke dalam *Separated Line Calcliner* (SLC). Biaya bahan bakar pada industri semen berkisar 30 – 40 % dari *total production cost*, sehingga perlu di upayakan adanya substitusi bahan bakar fosil menggunakan bahan bakar alternatif. Pembakaran limbah adalah proses oksidasi panas pada temperatur tinggi (minimal 800 °C) untuk menghancurkan komponen organik dari limbah tersebut. Persyaratan temperatur minimal untuk membakar sampah kota adalah 875 °C dan untuk membakar komponen organik yang lebih stabil seperti *dioxin*, *furans* dan residu dari produk *halogen polivinil* adalah 1400 °C. Waktu tinggal material (pada temperatur tinggi) minimal 2 detik. Dari persyaratan temperatur dan waktu tinggal diatas, maka proses operasi yang paling efektif dan efisien dalam mendestruksi limbah adalah di pabrik semen. Temperatur gas pembakaran di *kiln* semen melebihi persyaratan proses pembakaran limbah memakai incinerator. Gas asam hasil dari pembakaran limbah akan dinetralisasi oleh kandungan alkali *raw material* dalam *kalsiner* dan *kiln*. Bahan bakar alternatif tersebut dapat dimasukkan melalui beberapa tempat, yaitu *main burner-rotary kiln outlet*, *transition chamber rotary kiln inlet* di *feed chute*, dan *precalcliner burners*. Penelitian tersebut memiliki tujuan, diantaranya adalah:

- a. Mereduksi emisi gas termasuk gas rumah kaca khususnya CO₂
- b. Memberikan solusi ramah lingkungan terhadap permasalahan limbah, karena dapat memperluas opsi metode pengelolaan limbah selain metode-metode pemusnahan limbah yang sudah ada
- c. Peluang kegiatan ekonomi untuk masyarakat
- d. Mendukung usaha-usaha dalam rangka pembangunan berkelanjutan, yaitu dalam hal pengurangan banyaknya sumber daya tak terbarukan yang digunakan

pada proses produksi sehingga laju eksploitasi sumber daya akan dapat berkurang

e. Efisiensi biaya

Selanjutnya dikutip dari (Rahayu et al., 2023) oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, tercatat terdapat beberapa perusahaan industri semen yang melakukan inovasi pada aspek sumber daya alam sehingga memberikan kontribusi pada pengurangan dampak lingkungan melalui upaya-upaya seperti efisiensi energy dan pemanfaatan kembali limbah B3.

- a. PT Indocement Tungal Prakarsa, Tbk. - Pabrik Palimanan, dengan inovasi program modifikasi pengumpan bahan bakar di suspension preheater sebagai bahan bakar alternatif penurunan konsumsi energi.

PT Indocement Tungal Prakarsa sudah memanfaatkan biomas berupa sekam padi sebagai bahan bakar alternatif dengan nilai kalor 4.754 MCal/Ton seharga Rp 32.743,79. Apabila dibandingkan dengan nilai panas batubara sebesar 4.714 Mcal/Ton maka nilai kalor memiliki selisih sebesar 40 Mcal/Ton. Setelah adanya program, perusahaan telah berhasil memanfaatkan ban bekas sebagai bahan bakar alternatif dengan nilai kalor 7.134 Mcal/Ton seharga Rp 22.227,53. Apabila dibandingkan dengan nilai panas batubara sebesar 4.714 Mcal/Ton maka nilai kalor memiliki selisih sebesar 2.420 Mcal/Ton.

Dampak lingkungan yang dihasilkan adalah berupa penggunaan bahan bakar alternatif dengan nilai kalor yang lebih tinggi dibandingkan batu bara pada tahun 2021 sebesar 2.420 Mcal/ ton yang setara dengan penghematan biaya sebesar Rp 3.803.060.241,00. Nilai tambah dari program inovasi ini adalah berupa perubahan rantai nilai. Perusahaan mendapatkan keuntungan penurunan efisiensi energi sebesar 46.938,07 GJ/tahun dan perusahaan mendapatkan nilai ekonomi dari biaya produksi sebesar Rp 3.803.060.241/tahun.

- b. PT Solusi Bangun Indonesia Tbk - Pabrik Narogong, dengan inovasi pemanfaatan oli trafo bekas sebagai bahan bakar alternatif pada proses *heating up kiln*.

Program pemanfaatan oli trafo bekas sebagai bahan bakar alternatif pada proses *heating up kiln* berdampak pada perubahan subsistem dimana terdapat

value chain optimization yang dilakukan dengan mengubah sistem *heating up kiln* yang sebelumnya menggunakan bahan bakar solar industri menjadi oli trafo bekas sebagai bahan bakar alternatif sehingga dapat memanfaatkan timbunan limbah B3 oli trafo bekas yang dihasilkan dari perawatan trafo yang ada di pabrik Narogong. Program ini memberikan keuntungan kepada produsen, lingkungan/masyarakat, dan supplier.

Setelah dilakukan inovasi, ketika suhu kiln mencapai 350 °C oli trafo bekas mulai diumpankan melalui *main burner kiln* sebanyak 20% dan bertahap naik hingga 100%. Pada saat penggunaan bahan bakar alternatif oli trafo bekas, bentuk api *kiln* secara visual terbentuk *plume*/jelaga di bagian ujung api. Hal ini disebabkan oleh perbedaan viskositas dan titik nyala antara solar dan oli trafo bekas. Untuk mengatasi hal tersebut perlu dilakukan *adjustment* ulang *pressure axial/radial* untuk menghasilkan api yang lebih baik.

- c. PT Semen Baturaja (Persero), Tbk. - Pabrik Baturaja, dengan inovasi program pemanfaatan *sludge oil* dari pihak ketiga sebagai bahan bakar alternatif pada *kiln*.

PT Semen Baturaja melakukan inovasi pemanfaatan *sludge oil* menjadi bahan bakar alternatif pada *kiln*. Kegiatan ini melakukan perubahan sistem tipe *industrial symbiosis* dengan memberikan nilai tambah berupa perubahan rantai nilai dari aktivitas pemanfaatan limbah *sludge oil*. Setelah inovasi ini dilakukan, dampak positif yang dirasakan adalah meningkatkan jumlah pemanfaatan LB3 sebesar 3.843 ton/tahun dan berhasil melakukan penghematan anggaran sebesar Rp 1.877.958.189 di tahun 2022. Inovasi ini sudah masuk dalam ruang lingkup kajian LCA di unit proses *kiln system* pada *sub manufacturing* dan telah berkontribusi terhadap ekonomi sirkular kategori *wasted lifecycles* pada *four type of waste value*, dimana terdapat pemanfaatan limbah B3 yang dihasilkan.

- d. PT Semen Gresik, dengan inovasi pemanfaatan limbah refraktori dengan metode *pre-processing* sebagai wujud industri berwawasan lingkungan.

Kondisi sebelum adanya inovasi limbah refraktori mulai terakumulasi yang menyebabkan *over stock* pada Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) refraktori dan belum dikelola secara internal. Pengendalian yang dilakukan

selama ini adalah dengan menyerahkan limbah kepada pihak ketiga sehingga ada biaya yang ditimbulkan. Kondisi setelah adanya inovasi limbah refraktori dimanfaatkan secara internal, yang sebelumnya dikelola oleh pihak ketiga. Pengolahan limbah refraktori dilakukan dengan metode *pre-processing*. Tahapan inovasi dilakukan dengan metode *pre-processing* pada *limestone crusher*, homogenisasi bahan baku utama *limestone*, limbah refraktori dan *clay mix storage*.

Program ini tergolong dalam perubahan *sub system eco inovasi value chain optimization* yang berhasil memanfaatkan limbah refraktori bekas sebagai alternatif *raw material* dengan metode *pre-processing*, sehingga mengurangi timbulan limbah refraktori bekas di perusahaan sebanyak 153,3 ton pada tahun 2022. Program ini telah terintegrasi dengan kajian LCA tahun 2022 karena unit *crusher*, *rawmill*, dan *kiln* berapada pada proses produksi.

2.7 Studi Kelayakan

2.7.1 Definisi

Investasi dapat diartikan penanaman modal dalam suatu kegiatan yang memiliki jangka waktu relatif panjang dalam berbagai bidang usaha. Penanaman modal yang ditanamkan dalam arti sempit berupa proyek tertentu baik bersifat fisik ataupun nonfisik, seperti proyek pendirian pabrik, jalan, jembatan, pembangunan gedung dan proyek penelitian, dan pengembangan.

Secara umum pengertian proyek adalah kegiatan yang melibatkan berbagai sumber daya yang terhimpun dalam suatu wadah (organisasi) tertentu dalam jangka waktu tertentu untuk melakukan kegiatan yang telah ditetapkan sebelumnya atau untuk mencapai sasaran tertentu. Kemudian, pengertian bisnis adalah kegiatan atau usaha yang dilakukan untuk memperoleh keuntungan sesuai dengan tujuan dan target yang diinginkan dalam berbagai bidang, baik jumlah maupun waktunya.

Studi kelayakan bisnis adalah suatu kegiatan yang mempelajari secara mendalam tentang suatu usaha atau bisnis yang akan dijalankan, dalam rangka menentukan layak atau tidak usaha tersebut dijalankan. Mempelajari secara mendalam artinya meneliti secara sungguh-sungguh data dan informasi yang ada,

kemudian diukur, dihitung, dan dianalisis hasil penelitian tersebut dengan menggunakan metode-metode tertentu. Penelitian yang dilakukan terhadap usaha yang akan dijalankan dengan ukuran tertentu, sehingga diperoleh hasil maksimal dari penelitian tersebut.

Kelayakan suatu usaha dapat dilihat dari berbagai aspek. Setiap aspek untuk dapat dikatakan layak harus memiliki suatu standar nilai tertentu, namun keputusan penilaian tak hanya dilakukan pada salah satu aspek saja. Penilaian untuk menentukan kelayakan harus didasarkan kepada seluruh aspek yang akan dinilai nantinya (Adnyana, 2020).

2.7.2 Aspek Studi Kelayakan

Ada beberapa aspek yang perlu dilakukan untuk menentukan kelayakan suatu usaha. Masing-masing aspek tidak berdiri sendiri, akan tetapi saling berkaitan. Artinya, jika salah satu aspek tidak dipenuhi, maka perlu dilakukan perbaikan atau tambahan yang diperlukan. Secara umum, prioritas aspek-aspek yang perlu dilakukan studi kelayakan adalah sebagai berikut (Adnyana, 2020):

a. Aspek Hukum

Dalam aspek ini, yang akan dibahas adalah masalah kelengkapan dan keabsahan dokumen perusahaan, mulai dari bentuk badan usaha sampai izin-izin yang dimiliki. Kelengkapan dan keabsahan dokumen sangat penting, karena hal ini meruakan dasar hukum yang harus dipegang apabila dikemudian hari timbul masalah. Keabsahan dan kesempurnaan dokumen dapat diperoleh dari pihak-pihak yang menerbitkan atau mengeluarkan dokumen tersebut.

Secara spesifik, analisis aspek hukum pada studi kelayakan bisnis memiliki tujuan-tujuan sebagai berikut:

1. Menganalisis legalitas usaha yang dijalankan.
2. Menganalisis ketepatan badan hukum dengan ide bisnis yang akan dilaksanakan.
3. Menganalisis kemampuan bisnis yang akan diusulkan dalam memenuhi persyaratan perizinan.

4. Menganalisis jaminan-jaminan yang bisa disediakan jika bisnis akan dibiayai dengan pinjaman.

b. Aspek Manajemen/Organisasi

Hal-hal yang dinilai dalam aspek ini adalah para pengelola usaha dan struktur organisasi yang ada. Proyek yang dijalankan akan berhasil apabila dijalankan oleh orang-orang yang profesional, mulai dari merencanakan, melaksanakan sampai dengan mengendalikannya apabila terjadi penyimpangan. Demikian pula dengan struktur organisasi yang dipilih harus dengan bentuk dan tujuan usahanya.

c. Aspek Ekonomi Sosial

Penelitian dalam aspek ekonomi adalah untuk melihat seberapa besar pengaruh yang ditimbulkan jika proyek ini dijalankan. Pengaruh ini terutama terhadap ekonomi secara luas serta dampak sosialnya terhadap masyarakat secara keseluruhan. Dampak ekonomi tertentu, peningkatan pendapatan masyarakat baik yang bekerja dipabrik atau masyarakat diluar lokasi pabrik. Demikian pula dengan dampak sosial yang ada seperti tersedianya sarana dan prasarana seperti jalanan, jembatan, penerangan, telepon, air, tempat kesehatan, pendidikan, sarana olahraga, dan sarana ibadah.

d. Aspek Dampak Lingkungan

Sebelum suatu usaha atau proyek dijalankan, sebaiknya dilakukan terlebih dahulu studi tentang dampak lingkungan yang bakal timbul, baik dampak sekarang maupun mendatang. Studi ini di samping untuk mengetahui dampak yang bakal timbul, juga mencari jalan keluar untuk mengatasi dampak tersebut. Studi inilah yang kita kenal dengan nama analisis dampak lingkungan hidup (AMDAL). Pengertian Analisis Dampak Lingkungan Hidup (AMDAL) menurut PP no. 27 Tahun 1999 Pasal 1 adalah telaahan secara cermat dan mendalam tentang dampak besar dan penting suatu rencana usaha dan kegiatan. Arti lain dari AMDAL adalah teknik untuk menganalisis apakah proyek yang akan dijalankan dapat mencemarkan lingkungan atau tidak. Apabila pelaksanaan proyek dinilai akan mencemarkan lingkungan, maka perlu dicari jalan alternatif pencegahannya. Adapun kegunaan dari pelaksanaan studi AMDAL adalah sebagai berikut:

1. Sebagai bahan bagi perencana dan pengelola usaha dan pembangunan wilayah.

2. Membantu proses pengambilan keputusan tentang kelayakan lingkungan hidup dari rencana usaha dan/atau kegiatan.
3. Memberi masukan untuk penyusunan rencana pengelolaan dan pemantauan lingkungan hidup dari rencana usaha dan/atau kegiatan.
4. Memberi masukan untuk penyusunan rencana pengelolaan dan pemantauan lingkungan hidup dari rencana usaha dan/atau kegiatan.
5. Memberi informasi bagi masyarakat atas dampak yang ditimbulkan dari suatu rencana usaha dan/atau kegiatan.

e. Aspek Teknis dan Teknologi

Tujuan analisis aspek teknis dan teknologi adalah untuk meyakini apakah secara teknis dan pilihan teknologi, rencana bisnis dapat dilaksanakan secara layak atau tidak layak, baik pada saat pembangunan proyek maupun pada saat operasionalisasi secara rutin. Dalam memilih jenis teknologi dan peralatan yang akan digunakan, ada beberapa kriteria yang perlu dipertimbangkan, yaitu sebagai berikut:

1. Ketepatan jenis teknologi yang dipilih dengan bahan mentah yang digunakan.
2. Keberhasilan penggunaan jenis teknologi tersebut ditempat lain yang memiliki ciri-ciri yang mendekati dengan lokasi proyek.
3. Kemampuan pengetahuan penduduk (tenaga kerja) setempat dan kemungkinan pengembangannya.
4. Pertimbangan kemungkinan adanya teknologi lanjutan (aus dan keusangan).

f. Aspek Pasar dan Pemasaran

Aspek ini perlu dianalisis untuk menilai apakah perusahaan yang akan melakukan investasi ditinjau dari segi pasar dan pemasaran memiliki peluang pasar yang diinginkan atau tidak. Atau dengan kata lain seberapa besar potensi pasar yang ada untuk produk yang ditawarkan dan seberapa besar market share yang dikuasai oleh para pesaing dewasa ini. Kemudian bagaimana strategi pemasaran yang akan dijalankan, untuk menangkap peluang pasar yang ada.

Secara khusus dalam aspek pasar dan pemasaran, tujuan perusahaan baik perusahaan dagang ataupun jasa, untuk memproduksi atau memasarkan produknya dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. Meningkatkan Penjualan dan Laba

Dengan meningkatnya omzet penjualan, maka diharapkan keuntungan atau laba juga dapat meningkat sesuai dengan target yang telah ditetapkan.

2. Menguasai Pasar

Menguasai pasar yang ada dengan cara mempebesar *market share*-nya untuk wilayah-wilayah tertentu. Peningkatan *market share* dapat dilakukan dengan berbagai cara, baik dengan cara mencari peluang baru maupun merebut *market share* pesaing yang ada.

3. Mengurangi Pesaing

Menciptakan produk sejenis dengan mutu yang sama tetapi harga lebih rendah dari produk utama merupakan cara untuk mengurangi saingan danantisipasi terhadap kemungkinan pesaing baru yang akan masuk kedalam industri tersebut.

4. Menaikkan *Prestise* Produk Tertentu di Pasaran

Dalam hal produk tertentu,terutama untuk produk kelas tinggi. Tujuan perusahaan memasarkan adalah untuk meningkatkan prestise produk di depan pelanggannya dengan cara promosi atau cara lainnya seperti dengan meningkatkan mutu, selera yang sesuai dengan keinginan konsumen.

5. Memenuhi Pihak-Pihak Tertentu

Tujuan ini biasanya lebih diarahkan untuk memenuhi pihak-pihak tertentu dengan jumlah yang biasanya terbatas, misalnya permintaan pemerintah atau lembaga tertentu.

- g. Aspek Keuangan

Penelitian dalam aspek ini dilakukan untuk menilai biaya-biaya apa saja yang akan dikeluarkan dan seberapa besar biaya-biaya yang akan dikeluarkan. Kemudian juga meneliti seberapa besar pendapatan yang akan diterima jika proyek jadi dijalankan. Penelitian ini meliputi seberapa lama investasi yang ditanamkan akan kembali. Kemudian darimana saja sumber pembiayaan bisnis tersebut dan bagaimana tingkat suku bunga yang berlaku, sehingga apabila dihitung dengan formula penilaian investasi sangat menguntungkan.

1. Sumber dana

Agar dapat mendanai suatu kegiatan investasi, biasanya diperlukan dana yang relatif besar. Dana tersebut dapat diperoleh dari berbagai sumber dana yang ada seperti dari modal sendiri atau dari modal pinjaman atau keduanya. Pilihan apakah menggunakan modal sendiri atau modal pinjaman atau gabungan dari keduanya tergantung dari jumlah modal yang dibutuhkan dari kebijakan pemilik usaha. Pertimbangannya tidak lain adalah untung ruginya jika menggunakan salah satu modal atau dengan modal gabungan. Dilihat dari segi sumber asalnya, modal dapat dibedakan ke dalam dua macam, yaitu:

a) Sumber *Intern*

Modal yang berasal dari sumber intern adalah modal atau dana yang dibentuk atau dihasilkan sendiri di dalam perusahaan. Alasan perusahaan menggunakan sumber dana intern di antaranya adalah sebagai berikut:

- Dengan adanya dana yang berasal dari dalam perusahaan, maka perusahaan tidak mempunyai kewajiban untuk membayar bunga.
- Setiap saat tersedia jika diperlukan.
- Dana yang tersedia sebagian besar telah memenuhi kebutuhan dana perusahaan.
- Biaya pemakaian relatif murah.

Sumber intern atau sumber dana yang dibentuk atau dihasilkan sendiri di dalam perusahaan antara lain terdiri dari laba ditahan dan penyusutan (depresiasi).

- Laba Ditahan

Laba ditahan adalah laba bersih yang disimpan untuk diakumulasikan dalam suatu bisnis setelah dividen dibayarkan. Laba ditahan disebut juga sebagai laba yang tidak dibagikan (*undistributed profits*) atau surplus yang diperoleh (*earned surplus*).

- Depresiasi

Depresiasi adalah alokasi jumlah suatu aktiva yang dapat disusutkan sepanjang masa manfaat yang di estimasi. Penyusutan untuk periode

akuntansi dibebankan ke pendapatan baik secara langsung maupun tidak langsung.

b) Sumber *Ekstern*

Modal yang berasal dari sumber ekstern adalah sumber yang berasal dari luar perusahaan. Alasan perusahaan menggunakan sumber dana ekstern di antaranya adalah sebagai berikut:

- Jumlah dana yang digunakan tidak terbatas.
- Dapat dicari dari berbagai sumber.
- Dapat bersifat fleksibel.

Adapun yang merupakan sumber ekstern perusahaan adalah *supplier*, bank, dan pasar modal.

- *Supplier*

Supplier memberikan dana kepada suatu perusahaan dalam bentuk penjualan barang secara kredit, baik untuk jangka pendek (kurang dari 1 tahun), maupun jangka menengah (lebih dari 1 tahun dan kurang dari 10 tahun). Penjualan kredit atau barang dengan jangka waktu pembayaran kurang dari satu tahun terjadi pada penjualan barang dagang dan bahan mentah oleh *supplier* kepada langganannya. Adapun *supplier* atau manufaktur (pabrik) biasanya menjual mesin atau peralatan lain hasil produksinya kepada suatu perusahaan yang menggunakan mesin atau peralatan tersebut dalam jangka waktu pembayaran 5 sampai 10 tahun.

- *Bank*

Bank adalah lembaga yang berperan sebagai perantara keuangan (*financial intermediary*) antara pihak yang memiliki dana, serta sebagai lembaga yang berfungsi memperlancar lalu lintas pembayaran.

- Pasar Modal

Pasar modal adalah suatu pengertian abstrak yang mempertemukan dua kelompok yang saling berhadapan tetapi yang kepentingannya saling mengisi, yaitu calon pemodal (investor) di satu pihak dan emiten yang membutuhkan dana jangka menengah atau jangka panjang di lain pihak, atau dengan kata lain adalah tempat () bertemunya penawaran dan

permintaan dana jangka menengah atau jangka panjang. Pemodal yang dimaksudkan disini adalah perorangan atau lembaga yang menanamkan dananya dalam efek, sedangkan emiten adalah perusahaan yang menerbitkan efek untuk ditawarkan kepada masyarakat.

Fungsi dari pasar modal itu sendiri adalah mengalokasikan secara efisien arus dana dari unit ekonomi yang mempunyai surplus tabungan kepada unit ekonomi yang mempunyai defisit tabungan.

2.8 Capital Budgeting

Modal (*capital*) menunjukkan aktiva tetap yang digunakan untuk produksi. Adapun yang dimaksud dengan anggaran (*budget*) adalah sebuah rencana rinci yang memproyeksikan aliran kas masuk dan aliran kas keluar selama beberapa periode pada saat yang akan datang. Dengan demikian, penganggaran modal (*capital budgeting*) dapat didefinisikan sebagai garis besar rencana pengeluaran aktiva tetap. Secara luas, *capital budgeting* adalah suatu proses menyeluruh yang menganalisa proyek-proyek dan menentukan proyek mana saja yang dimasukkan ke dalam anggaran modal (Adnyana, 2020).

2.8.1 Metode Penilaian Kelayakan Investasi

Metode yang dapat digunakan untuk dapat mengevaluasi berbagai alternatif investasi barang modal untuk dapat dipilih dikenal dua macam metode, yakni metode konvensional dan metode *discounted cash flow*. Di dalam metode konvensional, dipergunakan dua macam tolak ukur untuk menilai profitabilitas rencana investasi, yakni *Payback Period* (PP) dan *Average Rate of Return* (ARR), sedangkan dalam metode *discounted cash flow*, dikenal dua macam tolak ukur profitabilitas, yakni *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Profitability Index* (PI). Perbedaan utama antara metode konvensional dengan metode *discounted cash flow* terletak pada penilaian terhadap nilai waktu uang (*time value of money*). Dalam hal ini, metode evaluasi konvensional tidak mempertimbangkan *time value of money*.

a. *Payback Period* (PP)

Secara istilah, *payback periode* merupakan suatu periode yang diperlukan untuk menutup kembali pengeluaran investasi dengan menggunakan *proceeds* atau aliran kas neto (*net cash flows*). Dengan kata lain, *payback period* adalah suatu metode penilaian kelayakan investasi yang menggunakan panjangnya waktu yang diperlukan agar dana yang diperlukan untuk suatu investasi dapat diperoleh kembali seluruhnya. Apabila *proceeds* setiap tahunnya sama jumlahnya, maka *payback periode* dari suatu investasi dapat dihitung dengan cara membagi jumlah investasi dengan *proceeds* tahunan. *Payback period* dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Payback Period} = \frac{IO}{CF_t}$$

Keterangan:

IO : Investasi awal pada tahun 0

CF_t : Aliran kas per tahun pada periode t

Dari rumus perhitungan tersebut, terlihat bahwa lamanya waktu pengembalian dari suatu investasi dijadikan dasar pertimbangan utama penilaian kelayakan suatu investasi. Itu berarti, metode ini secara tidak langsung memberikan syarat bagi perusahaan untuk memiliki beberapa alternatif investasi pada saat tertentu. Dalam kaitannya dengan hal ini, semakin kecil nilai *payback period* pada proyek yang di jalankan maka akan semakin cepat pengembalian investasi yang telah di keluarkan.

Metode *payback period* ini merupakan metode yang paling sederhana dan paling mudah digunakan. Akan tetapi, metode ini memiliki beberapa kelemahan, antara lain sebagai berikut.

1. Mengabaikan nilai waktu dari uang (*time value of money*). Uang yang diterima pada akhir tahun pertama dianggap sama nilainya dengan yang diterima pada akhir tahun ke empat.
2. Mengabaikan arus kas masuk investasi (*proceeds*) yang diterima setelah masa *payback period* tercapai. Oleh karena itu, metode ini bukan mengukur tingkat profitabilitas, tetapi mengukur kecepatan kembalinya investasi.

b. *Net Present Value* (NPV)

Oleh karena metode *payback period* memiliki beberapa kelemahan, maka diupayakan untuk memperbaiki kelemahan tersebut dengan menambahkan nilai waktu dan arus kas bersih perusahaan. Dalam hal ini, *Net Present Value* (NPV) adalah metode penilaian investasi yang menggunakan *proceeds* yang telah didiskontokan atas dasar biaya modal yang diinginkan sebagai dasar penilaian investasi. Artinya, *proceed* tahunan yang diperoleh perusahaan dalam beberapa tahun ke depan dinilai sekarang. Adapun yang dimaksud dengan nilai sekarang dari uang adalah jumlah uang pada saat ini dari sejumlah uang pada masa mendatang dengan memperhitungkan tingkat bunga yang berlaku di antara tahun-tahun tersebut. Itu berarti, nilai sekarang (*present value*) dari sejumlah uang pasti merupakan nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai uang tersebut di masa depan (*future value*).

Kriteria nilai sekarang bersih atau *net present value* (NPV), didasarkan atas konsep pendiskontoan seluruh arus kas ke nilai sekarang. Dengan mendiskontokan semua arus kas masuk dan keluar selama umur proyek (investasi) ke nilai sekarang, kemudian menghitung angka bersihnya, akan diketahui selisihnya dengan memakai dasar yang sama, yaitu harga (pasar) saat ini. Berikut ini merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung NPV:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - IO$$

IO Keterangan :

IO : Investasi awal

CF_t : Aliran kas per tahun pada periode t

R : Suku bunga/*discount rate* (*cost of capital*)

t : Periode

n : Jumlah periode

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan rumus di atas, kelayakan investasi dapat ditentukan dengan kriteria-kriteria sebagai berikut.

1. Apabila $NPV > 0$, maka suatu proyek dinyatakan menguntungkan dan layak untuk dijalankan.

2. Apabila $NPV < 0$, maka suatu proyek tidak menghasilkan nilai biaya yang dipergunakan. Dengan kata lain, proyek tersebut merugikan dan tidak layak untuk dijalankan.
3. Apabila $NPV = 0$, maka suatu proyek mampu mengembalikan sebesar modal sosial *opportunity cost* dari faktor produksi normal. Oleh karena itu, lebih baik modal atau dana tersebut di simpan di bank karena lebih menguntungkan.

c. *Profitability Index (PI) atau Benefit Cost Ratio (BCR)*

Dalam mengkaji kelayakan proyek, sering digunakan pula kriteria yang disebut *profitability index* atau *benefit cost ratio*. Penggunaannya amat dikenal dalam mengevaluasi proyek-proyek untuk kepentingan umum atau sektor publik. Perhitungan proyek dengan *benefit cost ratio* menghasilkan perhitungan selama umur ekonomis proyek. Disini meskipun penekanannya ditujukan kepada manfaat (*benefit*) bagi kepentingan umum dan bukan keuntungan finansial perusahaan, namun bukan berarti perusahaan swasta mengabaikan kriteria ini.

Menurut *profitability index*, suatu investasi dihitung tingkat indeksnya dengan membagi nilai tunai (*present value*) dari *cash inflow* dengan *present value* dari *cash outflow* dari investasi. Indeks ini pada umumnya digunakan sebagai alat untuk membuat ranking atas usulan investasi, dari urutan terendah (menurun) ke tertinggi (menaik). *Profitability index* dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$PI = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}}{IO}$$

Keterangan :

IO : Investasi awal

CF_t : Aliran kas per tahun pada periode t

r : suku bunga/discount rate (*cost of capital*)

t : Periode

n : Jumlah periode

Berikut ini merupakan kriteria kelayakan investasi berdasarkan metode *profitability index*.

1. Jika $PI \geq 1$, maka usulan investasi layak dilaksanakan karena arus benefit yang diperoleh lebih besar dari pada arus biaya.
2. Jika $PI < 1$, maka usulan investasi tidak layak dilaksanakan karena arus *benefit* yang diperoleh lebih kecil dari pada arus biaya dengan nol.

d. *Internal Rate of Return (IRR)*

Metode *Internal Rate of Return (IRR)* adalah suatu metode penilaian investasi yang dilakukan dengan cara mencari nilai tingkat bunga yang dapat memberikan nilai *net present value* dari seluruh *cash flow* investasi sama dengan nol. Untuk menghitung IRR dari suatu usulan investasi, maka NPV harus sama dengan nol. Maksudnya, tingkat bunga yang akan digunakan untuk mendiskonto *cash flow* agar NPV sama dengan nol dilakukan secara simulasi.

Salah satu cara untuk memperkirakan besarnya IRR adalah dengan berpatokan kepada besar *cost of capital*. Apabila dengan menggunakan tingkat bunga yang besarnya sama dengan *cost of capital* ternyata hasil NPV adalah negatif, maka tingkat bunga tersebut perlu diturunkan. Demikianlah dilakukan simulasi secara berulang-ulang hingga diperoleh suatu tingkat bunga tertentu yang menghasilkan NPV investasi yang sama dengan nol. Tingkat bunga yang menyamakan NPV investasi dengan nol inilah yang dikatakan sebagai *Internal Rate of Return (IRR)*. Berikut ini merupakan rumus yang dapat digunakan untuk mengukur IRR:

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} - IO$$

Keterangan :

IO : Investasi awal pada tahun 0

CF_t : Aliran kas per tahun pada periode t

IRR : Suku bunga/discount rate (*cost of capital*)

n : Periode

n : Jumlah periode

Dengan metode IRR ini, keputusan untuk menerima atau menolak usulan investasi didasarkan pada kriteria penilaian sebagai berikut.

1. Terima usulan investasi apabila $IRR > \text{opportunity cost of capital}$ karena hal ini menunjukkan bahwa usulan investasi yang bersangkutan bersifat layak.
2. Tolak usulan investasi apabila $IRR < \text{opportunity cost of capital}$ karena hal ini menunjukkan bahwa usulan investasi yang bersangkutan tidaklah layak (Adnyana, 2020).

2.8.2 Depresiasi

Depresiasi adalah penurunan nilai suatu aset yang disebabkan oleh penggunaan yang terus-menerus sehingga aus dan atau diakibatkan oleh perkembangan teknologi sehingga aset yang lama sudah tidak dapat dipakai lagi. Depresiasi juga dapat dikatakan sebagai proses pengalokasian harga perolehan aktiva tetap menjadi biaya selama masa manfaat dengan cara yang rasional dan sistematis.

Metode depresiasi adalah metode perhitungan yang dipakai untuk menetapkan nilai penyusutan aset setiap tahunnya. Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengalokasikan jumlah biaya depresiasi pada setiap periode pencatatan keuangan. Pemilihan metode tersebut berdasarkan kesepakatan tim manajemen atau pemilik. Metode yang paling banyak dipilih adalah metode garis lurus dengan alasan perhitungan lebih simpel dan mudah dipahami. Metode garis lurus (*Straight line method*) merupakan metode yang menghitung jumlah penyusutan atau biaya yang dibebankan dalam jumlah yang sama setiap tahun (periode) penggunaan aset.

Rumus untuk menghitung depresiasi adalah:

$$\text{Biaya depresiasi} = \frac{\text{Harga perolehan} - \text{Nilai sisa}}{\text{Umur ekonomis}}$$

Besaran nilai depresiasi suatu aset ditentukan berdasarkan estimasi sesuai dengan metode yang digunakan. Itu artinya nilai yang ditetapkan merupakan angka perkiraan yang diperkuat dengan pengalaman penggunaan aset pada masa

sebelumnya. Ada tiga hal yang menjadi pertimbangan utama dalam menetapkan besarnya biaya depresiasi sebelum menetapkan metode yang akan digunakan.

a. Biaya perolehan aset

Biaya perolehan yang dimaksud adalah jumlah seluruh pengorbanan yang dikeluarkan dalam bentuk nilai uang untuk memperoleh suatu barang investasi/aset. Biaya tersebut tidak hanya harga pembelian barang saja, namun mencakup seluruh biaya yang dikeluarkan sampai aset terpasang dan siap untuk digunakan dalam proses produksi. Biaya-biaya yang dikeluarkan tersebut misalnya biaya angkut/ongkos kirim, biaya perakitan/pemasangan, dan biaya-biaya lainnya.

Satu-satunya aset yang tidak diperhitungkan nilai depresiasi adalah perolehan tanah/lahan. Penetapan biaya pembelian tanah/lahan meliputi harga pembelian, fee broker, biaya survey, biaya legalitas dan pajak pembelian/peralihan hak milik, termasuk biaya pematangan lahan (land clearing). Jumlah pengeluaran tersebut diperhitungkan sebagai biaya pembelian aset.

b. Usia ekonomis/usia pakai aset (*Usefull life*)

Usia ekonomis adalah perkiraan usia aset bila dipakai terus menerus dalam kondisi normal. Usia ekonomis tersebut biasanya diperhitungkan berdasarkan tahun pakai. Terkadang untuk mesin-mesin pabrik diperhitungkan juga jam pakai. Tidak ada satu barang pun yang awet bila dipakai terus menerus sebab pemakaian barang akan menyebabkan keausan/ usang. Biasanya, usia ekonomis aset dihitung berdasarkan tahun pakai. Ada juga yang memperhitungkan usia pakai aset berdasarkan jam penggunaan seperti mesin-mesin produksi, lampu-lampu, dapat juga diberlakukan bagi penggunaan kendaraan/alat berat dan ukuran lainnya berdasarkan penggunaan aset.

c. Nilai sisa aset (*Residual value*)

Setelah usia pemakaian aset ditetapkan, pada akhir pemakaian bila aset tidak digunakan lagi dalam usaha, biasanya dijual dengan nilai tertentu. Nilai tersebut disebut nilai sisa (*residual value*). Nilai sisa adalah nilai yang masih dapat diperhitungkan meskipun aset sudah tidak bisa dipergunakan lagi,

misalnya kendaraan berat yang tidak dapat dipakai lagi masih dapat diperhitungkan harga jualnya sebagai besi tua.

Tidak semua aset diperhitungkan memiliki nilai sisa. Beberapa aset yang bernilai sisa nol bahkan dapat menjadi beban setelah usia pakai berakhir. Sebagai contoh, bangunan tua yang telah melewati batas usia pemakaian akan bernilai sisa nol, bahkan pemilik harus mengeluarkan biaya untuk merobohkannya. Biaya merobohkan biasanya dibebankan pada bangunan baru yang dibuat (Zainuri, 2021).

2.9 Kriteria dan Prosedur Investasi PT X

Dalam rangka menetapkan kerangka kerja pengelolaan investasi secara efektif dan efisien di PT X untuk mempertahankan tingkat pertumbuhan dan perkembangan yang dikehendaki secara optimal dan berkesinambungan, maka kriteria investasi yang ada di perseroan antara lain:

- a. Segala pengeluaran untuk memperoleh aset berwujud atau tak berwujud, serta penyertaan modal yang memenuhi kriteria sebagai berikut:
 - 1) Diadakan dengan cara membeli, membangun, dan/ atau memodifikasi aset yang ada.
 - 2) Digunakan dalam operasi perusahaan termasuk untuk tujuan administratif atau tujuan lainnya yang memberikan manfaat di masa depan baik secara langsung ataupun tidak langsung.
 - 3) Mempunyai umur manfaat lebih dari 1 (satu) tahun.
 - 4) Memenuhi nilai minimal *capex*.
 - 5) Sesuai dengan kebijakan akuntansi yang berlaku.
- b. *Capex* yang dilakukan guna memenuhi persyaratan ketentuan dan perundangan yang berlaku (*mandatory*), dapat dikecualikan dari persyaratan.
- c. Pengeluaran biaya yang tidak memenuhi kriteria *capex* seperti penelitian, penyelidikan, pengujian, studi, atau observasi yang berdiri sendiri (dilakukan sebelum menjadi *Capex* dan disetujui), tidak dapat dimasukkan sebagai *capex* tetapi sebagai biaya *opex* (*operational expenditure*).

- d. Biaya yang dimaksud dalam poin c di atas, bila kegiatan-kegiatan tersebut dilakukan ditengah perjalanan tahun rencana kerja dan anggaran perusahaan, maka dilakukan pengajuan pelampauan biaya *opex* (*operational expenditure*) sesuai dengan mekanisme yang ditetapkan.
- e. Pengeluaran untuk aset yang tidak memenuhi nilai minimal *capex*, bukan merupakan *capex* dan dicatat sebagai beban *opex* pada tahun pengeluaran yang bersangkutan dan harus tetap dikelola serta dicatat terpisah dari pencatatan untuk laporan keuangan (*extracomptable*).
- f. *Capex* harus selaras dengan strategi bisnis Induk dalam RKAP tahun berjalan.

2.10 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan studi kelayakan. Berikut penjelasan singkat mengenai penelitian tersebut:

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu tentang Studi Kelayakan

Nama Penulis	Judul	Metode	Pengolahan Data	Kesimpulan
Febri Fahrudin Nugroho (2020)	Analisa Kelayakan Investasi Pembangunan Fasilitas Pemanfaatan Limbah <i>Spent Bleaching Earth</i> (SBE) di Pabrik Tuban	Pengumpulan data: • Studi literatur • Diskusi • Survey • Wawancara Metode penelitian: • Kuantitatif	• <i>Cash flow projection</i> • <i>Payback period</i> • <i>Net present value</i> (NPV) • <i>Internal rate of return</i> (IRR) • <i>Weighted average cost of capital</i> (WACC) • <i>Sensitivity analisis</i>	• Secara aspek pasar, proyeksi market share fasilitas yang dibangun atas jasa pemusnahan limbah SBE sebesar 7% • Secara aspek teknis, diperlukan <i>pre-processing</i> limbah SBE sebelum dimasukkan ke dalam fasilitas pengolahan limbah • Nilai NPV sebesar 19.746 M (NPV>0) dan IRR sebesar 22,58% (IRR>WACC), maka investasi layak untuk dilanjutkan
Habib Muthohar (2015)	Studi Kelayakan Investasi Jalan Tol Gempol-Pasuruan	Pengumpulan data: • Studi literature • Survey Metode penelitian: • Kuantitatif	• <i>Net present value</i> (NPV) • <i>Internal rate of return</i> (IRR) • <i>Benefit cost ratio</i> (BCR) • <i>Payback period</i>	• Analisa kelayakan ekonomi dengan jangka waktu 5 tahun, disimpulkan bahwa proyek tidak layak dilaksanakan • Analisa kelayakan ekonomi dengan jangka waktu 10 tahun, disimpulkan bahwa proyek tidak layak dilaksanakan • Analisa kelayakan ekonomi dengan jangka waktu 15 tahun, disimpulkan bahwa proyek tidak layak dilaksanakan • Analisa kelayakan ekonomi dengan jangka waktu 20 tahun, disimpulkan bahwa proyek tidak layak dilaksanakan

					•Analisa kelayakan ekonomi dengan jangka waktu 30 tahun, disimpulkan bahwa proyek tidak layak dilaksanakan	
Nikolas Keba (2015)	Umbu	Studi Investasi Perumahan <i>Green Hills</i> Malang	Kelayakan Proyek	Pengumpulan data: • Studi literature • Wawancara • Dokumentasi Metode penelitian: • Kualitatif • Studi khusus	• Modal investasi • <i>Net present value</i> (NPV) • <i>Internal rate of return</i> (IRR) • Profitabiliti index (PI) • <i>Payback period</i> • <i>Sensitivity analisis</i>	• Nilai perhitungan analisa kelayakan diperoleh : a. NPV = 13.290.195.299,63 (positif) b. IRR = 23,41% > 12% c. Profitability index = 4,618764717 d. Periode perngembalian = 21,33 • Analisa sensitifitas terhadap kenaikan biaya konstruksi terjadi pada saat kenaikan biaya konstruksi 2 kali lipat • Dari perhitungan, dapat disimpulkan proyek layak dibangun
Supriyanto Wibowo (2024)		Analisa Investasi Pembangunan Fasilitas Pemanfaatan Alternatif Bahan Baku dan Bahan Bakar di PT X	Kelayakan	Pengumpulan data: • Studi literature • Wawancara Metode penelitian: • Kuantitatif	• <i>Payback period</i> • <i>Net present value</i> (NPV) • <i>Internal Rate of Return</i> (IRR)	• Analisa pasar, kebutuhan jasa pemusnahan limbah besar, baik limbah B3, limbah industri dan RDF • Aspek teknis, diperlukan <i>pre-processing</i> terhadap limbah B3, limbah industry dan RDF sebelum dimasukkan ke dalam fasilitas pemanfaatan. Untuk • Analisa finansial, nilai <i>payback period</i> adalah 5 tahun 7 bulan, NPV sebesar 6.784.925.409 (NPV > 0), dan IRR sebesar 15,85% maka investasi layak untuk dilanjutkan. • Pengaruh sensitivitas terhadap kelayakan investasi berada pada batas

waktu lama operasional maksimal adalah 6 bulan, dengan kenaikan biaya operasional maksimal 8% per tahun dan penurunan sumber limbah sebesar 20% per tahun.



2.11 Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran adalah alur pikir peneliti sebagai dasar-dasar pemikiran untuk memperkuat sub fokus yang menjadi latar belakang dari penelitian. Alur kerangka pemikiran penelitian ini dapat digambarkan pada diagram berikut :



Gambar 2.1 Kerangka Pemikiran