

**TULANG BAWANG REGENCY GOVERNMENT POLICY IN CONVERTING PALM WASTE INTO A
SOURCE OF ELECTRICAL ENERGY**

**KEBIJAKAN PEMERINTAH KABUPATEN TULANG BAWANG DALAM MENGUBAH LIMBAH
SAWIT MENJADI SUMBER ENERGI LISTRIK**

¹Okta Malinda, ²Lely Marce Margareta, ³Ahmad Yani

^{1,2}Fakultas Ekonomi, Universitas Megou Pak Tulang Bawang, Menggala Lampung

³Fakultas Teknik, Universitas Megou Pak Tulang Bawang, Menggala Lampung

*oktamalinda1986@gmail.com

**Corresponding Author*

ABSTRACT

This research aims to determine the possibility of utilizing liquid palm oil waste (POME) as a new and renewable source of electrical energy. The research was conducted at PT Menggala Sawit Indo in Lingai Village, Banjar Baru District, Tulang Bawang Regency. This research is descriptive analytical in nature which is classified as qualitative research. The data collection technique was carried out by triangulation (combination) using literature study, observation process, in-depth interviews and focus group discussions (FGD). The data used is the POME capacity of palm oil mills. Data analysis is inductive with more emphasis on meaning than generalization. Research has found that palm oil POME waste is very good as a source of new and renewable electrical energy because it is capable of producing large amounts of electrical energy at low cost, has a fast return on investment, and is always sustainable. Using POME waste for electrical energy also provides benefits for human health and the environment because POME waste that has been used for electrical energy is no longer dangerous. Based on the results of this analysis, the policy of using palm oil waste as renewable electrical energy is feasible to be realized.

Keywords: Policy, Palm Oil Waste, Electrical Energy

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemungkinan pemanfaatan limbah cair kelapa sawit (POME) sebagai sumber energi listrik baru dan terbarukan. Penelitian dilakukan di PT Menggala Sawit Indo di Desa Lingai Kecamatan Banjar Baru, Kabupaten Tulang Bawang. Penelitian ini bersifat deskriptif analitis yang tergolong penelitian kualitatif. Teknik pengumpulan data dilakukan secara triangulasi (gabungan) menggunakan studi literatur, proses observasi, wawancara mendalam (*in depth interview*) serta *focus group discussion* (FGD). Data yang digunakan adalah kapasitas POME pabrik kelapa sawit. Analisis data bersifat induktif dengan lebih menekankan makna dari pada generalisasi. Penelitian mendapatkan limbah POME kelapa sawit sangat baik untuk menjadi sumber energi listrik baru dan terbarukan karena mampu menghasilkan energi listrik yang besar dengan biaya

murah, waktu pengembalian investasi yang cepat, serta selalu berkelanjutan (*sustainable*). Penggunaan limbah POME untuk energi listrik juga memberikan keuntungan bagi kesehatan

manusia dan lingkungan karena limbah POME yang sudah digunakan untuk energi listrik, tidak berbahaya lagi. Berdasarkan hasil analisis ini, maka kebijakan menggunakan limbah kelapa sawit sebagai energi listrik EBT, layak untuk direalisasikan.

Kata Kunci: Kebijakan, Limbah Sawit, Energi Listrik

PENDAHULUAN

Di era otonomi daerah, pemerintah daerah sebagai penanggungjawab masalah kebijakan dan kesejahteraan rakyat mempunyai tanggung jawab penuh untuk mengatasi masalah-masalah yang melingkupi masyarakat di daerahnya. Salah satu masalah yang dihadapi masyarakat Kabupaten Tulang Bawang adalah munculnya masalah limbah pasca beroperasinya perusahaan sawit PT Menggala Sawit Indo di Desa Lingai Kecamatan Banjar Baru, Kabupaten Tulang Bawang. Di sisi lain, masalah yang dihadapi masyarakat adalah adanya daerah yang belum dialiri listrik atau sudah ada listrik namun masih belum mencukupi kebutuhan masyarakat (rasio elektrifikasi baru mencapai 85%).

Masalah limbah yang dihadapi masyarakat adalah limbah sisa olahan kelapa sawit yang berbentuk padat, gas, dan cair. Limbah padat kelapa sawit berupa tandan kosong, cangkang dan sabut (Haryanti, Norsamsi, Sholiha, dan Putri, 2014). Limbah cair kelapa sawit berasal dari pengolahan tandan buah segar (TBS) menjadi minyak sawit mentah (CPO) yang masih dapat dimanfaatkan sebagai pupuk cair (Muhadi, 2013). Di antara semua limbah itu, limbah yang paling banyak menimbulkan masalah adalah limbah cair yang biasa disebut POME (*Palm Oil Mill Effluent*) (Anonim, 2014).

POME memiliki bau tidak sedap yang bersumber dari senyawa-senyawa gas yang dihasilkan seperti H_2S (hidrogen sulfida) dan NH_3 (amonia) yang menimbulkan bau busuk pada saat berlangsungnya aktivitas bakteri (Saragih, Al-Hakim, Aprilia, dan Sugiah, 2019). Selain itu POME juga mengandung CH_4 (metana) yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan (Porteus dalam Saron, Sa'id, Suprihatin, dan Hasanudin, 2014).

Metana merupakan salah satu jenis gas rumah kaca (GRK) yang menjadi penyebab pemanasan global. Pemanasan global merupakan masalah yang sangat penting ditangani karena telah berdampak negatif terhadap kehidupan manusia, seperti terjadinya perubahan iklim yang sangat ekstrim di bumi, terganggunya hutan dan ekosistem, serta kenaikan permukaan air laut (Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, 2014). Metana memiliki efek rumah kaca 20-30 kali lebih besar dari gas CO_2 (Porteus dalam Saron, Sa'id, Suprihatin, dan Hasanudin 2014). Selain menimbulkan efek pemanasan yang lebih besar, gas metana juga tidak dapat terserap oleh klorofil tumbuh-tumbuhan sehingga lebih stabil di atmosfer dibanding gas karbon dioksida yang dapat terserap oleh tumbuhan melalui proses fotosintesa (Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, 2014).

Gas metana berkadar tinggi dapat mengurangi kadar oksigen pada atmosfer bumi dan dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen sampai 19,5%. Pada kadar yang lebih tinggi, gas metana dapat menyebabkan kebakaran dan ledakan apabila bercampur dengan udara. Pada manusia, metana menyebabkan penyakit infeksi saluran pernapasan akut (ISPA), seperti sesak napas, kelainan paru-paru bahkan menimbulkan kematian (Andhika, Lanti, dan Setyono, 2015).

Untuk melindungi masyarakat dari bahaya limbah industri sawit, Pemerintah sudah menetapkan standar baku mutu limbah cair kelapa sawit.

Tabel 1. Baku Mutu Limbah Cair pada Pabrik Kelapa Sawit Tahun 1995

| Parameter | Konsentrasi Maksimal (mg/L) | Volume Emisi oleh Polutan Maksimal (kg/ton) |
|----------------------------|-----------------------------|---|
| BOD ₅ | 100 | 0,25 |
| COD | 350 | 0,88 |
| TSS | 250 | 0,63 |
| Lemak minyak | 25 | 0,063 |
| Total nitrogen | 50 | 0,125 |
| pH | | 6,0 – 9,0 |
| Volume air limbah maksimal | | 2,5 m ³ /ton |

Sumber: Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.

Catatan :

1. Kadar maksimum untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam miligram parameter per liter air limbah.
2. Beban pencemaran maksimum untuk setiap parameter pada tabel diatas dinyatakan dalam kg parameter per ton produk minyak sawit (CPO)
3. Nitrogen total adalah jumlah nitrogen organik + amonia total + NO₃ + NO₂

Teknologi pengelolaan POME umumnya dengan menggunakan teknologi kolam terbuka yang terdiri dari kolam anaerobik, fakultatif dan aerobik dengan total waktu retensi sekitar 90 – 120 hari. Teknologi ini memerlukan lahan yang cukup luas (5-7 Ha), biaya pemeliharaan yang besar dan tetap menghasilkan emisi gas metana ke udara bebas sehingga kurang efisien dan kurang ramah lingkungan (Anonim, 2014). Saat ini ada teknologi pengolahan POME yang membuatnya menjadi sumber listrik energi baru terbarukan (EBT) (Anonim, 2014). Pengembangan EBT terus didorong pemanfaatannya untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik dan dalam rangka menurunkan emisi gas rumah kaca. Indonesia telah berkomitmen untuk menurunkan emisi gas rumah kaca sebesar 29% dari level “*business as usual*” pada tahun 2030 (Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik/RUPTL PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2016 s.d. 2025).

Selain menghadapi masalah limbah, masyarakat Kabupaten Tulang Bawang juga menghadapi masalah kurangnya rasio elektrifikasi. Masalah ini terkait dengan masalah yang dihadapi bangsa Indonesia pada umumnya, yaitu sekarang ini Indonesia menghadapi krisis energi akibat energi berbasis fosil yang semakin menipis. Dalam upaya mengatasi masalah defisit energi tersebut, pengembangan sumber energi terbarukan merupakan suatu keharusan. Terhadap tuntutan ini, industri kelapa sawit mempunyai potensi yang sangat besar. Produk utama kelapa sawit yaitu minyak sawit (CPO) kini sudah mulai dikembangkan sebagai sumber energi terbarukan dengan memprosesnya menjadi biodiesel, seperti yang sudah dikembangkan di Malaysia. Produk samping kelapa sawit seperti cangkang dan limbah

pabrik CPO juga potensial sebagai sumber biomassa yang dapat dikonversi menjadi energi terbarukan. Alternatif ini memiliki beberapa kelebihan.

Pertama, sumber energi tersebut merupakan sumber energi yang bersifat *renewable* sehingga bisa menjamin kesinambungan produksi. Kedua, Indonesia merupakan produsen

utama minyak sawit sehingga ketersediaan bahan baku akan terjamin dan industri ini berbasis produksi dalam negeri. Ketiga, pengembangan alternatif tersebut merupakan proses produksi yang ramah lingkungan. Keempat, upaya tersebut juga merupakan salah satu bentuk optimasi pemanfaatan sumberdaya dalam rangka meningkatkan nilai tambah (Hamdi, 2016).

Dewasa ini salah satu sumber energi terbarukan yang berasal dari kelapa sawit adalah limbah gasnya. Limbah gas industri kelapa sawit yang berupa metana dapat digunakan sebagai sumber pembangkit tenaga listrik. Hal ini merupakan peluang yang sangat baik untuk mendapatkan kemandirian energi listrik dan sekaligus mengatasi masalah pencemaran lingkungan (Naibaho, 2018). Menurut penelitian para ahli, buangan gas metana dari olahan kelapa sawit berdampak signifikan terhadap perubahan iklim karena menyebabkan efek rumah kaca. Hal ini sangat mengundang keprihatinan karena sangat merugikan penduduk dunia (Wihardandi, 2014).

Menurut penelitian Taylor (2014), metana adalah sumber Energi Baru Terbarukan (EBT) yang seharusnya bisa menjadi solusi kelistrikan yang menguntungkan. Lebih lanjut dalam penelitian Taylor (2014) dinyatakan bahwa Malaysia bisa memenuhi seperempat kebutuhan energi listrik mereka dengan memanfaatkan metana dari limbah kelapa sawit ini. Keuntungan dari penggunaan metana ini, selain tidak bakal habis karena merupakan sumber energi baru dan terbarukan, sekaligus juga mengurangi dampak buruk limbah kelapa sawit terhadap lingkungan.

Baru-baru ini pemerintah mewacanakan akan mengganti bahan bakar gas untuk memasak dengan energi listrik. Pertimbangan-pertimbangan yang menyertai peralihan tersebut antara lain karena listrik tidak menimbulkan polusi lingkungan. Akan tetapi satu hal yang tidak boleh dilupakan bahwa perubahan-perubahan itu akan meningkatkan ketergantungan terhadap energi listrik, sementara rasio elektrifikasi berbagai daerah di Indonesia masih banyak yang kurang dari 100%, sehingga kebijakan tersebut harus didukung dengan peningkatan suplai energi listrik. Jika suplai listrik diperoleh dengan mendirikan atau meningkatkan pembangkit listrik berbasis energi fosil, maka solusi itu rentan terhadap kekurangan sumber energi. Harus dicari alternatif solusi energi yang berkelanjutan dan juga berdampak baik bagi lingkungan. Studi ini memberikan alternatif pembangkit listrik dengan karakteristik tersebut, yaitu pembangkit listrik tenaga biogas (PLTBg) menggunakan limbah cair kelapa sawit (POME).

Pengambilan kebijakan pemanfaatan POME untuk memproduksi listrik sekaligus mengatasi efek negatif limbah, menjadi kewenangan Pemerintah Daerah Kabupaten Tulang Bawang. Hal ini sesuai dengan teori otonomi dan pembangunan daerah. Negara Republik Indonesia sebagai negara kesatuan menganut asas desentralisasi dalam penyelenggaraan pemerintahan, dengan memberikan kesempatan dan keleluasaan kepada daerah untuk menyelenggarakan otonomi daerah. Hal ini dinyatakan dalam Pasal 18 ayat (5)

Undang-Undang Dasar 1945 Amandemen 4 jo. Undang-undang Nomor 9 Tahun 2015 tentang Pemerintahan Daerah (Bratakusumah dan Solihin, 2013).

Desentralisasi adalah pelimpahan kewenangan dari pemerintah pusat kepada pemerintah daerah untuk menyelenggarakan sendiri segenap kepentingan penduduk yang mendiami daerah tersebut. Tujuan pelimpahan kewenangan ini adalah peningkatan kesejahteraan rakyat, pemerataan dan keadilan, demokratisasi dan penghormatan terhadap

budaya lokal dengan memperhatikan potensi dan keanekaragaman daerah (Manan, 2012). Otonomi daerah merupakan wujud nyata desentralisasi (Asshiddiqie, 2016). Salah satu tujuan negara menerapkan otonomi daerah adalah untuk meningkatkan kepekaan elit terhadap kebutuhan masyarakat di daerah (Smith dalam Romli, 2014). Melalui otonomi daerah pemerintah daerah diberi kesempatan untuk mengambil inisiatif dan mengembangkan kreativitas, mencari solusi terbaik atas setiap masalah yang dihadapinya (Rasyid, 2016). Harapannya, melalui otonomi daerah permasalahan daerah yang mendesak, dapat segera diselesaikan (Manan, 2014).

Berkenaan dengan pelaksanaan desentralisasi, salah satu faktor yang sangat mempengaruhi pelaksanaannya adalah faktor sumber daya manusia (SDM) dan finansial (Rondinelli dalam Nurcholis, 2015). Berkaitan dengan faktor finansial, otonomi daerah yang diberlakukan di Indonesia telah memberikan implikasi yang sangat mendasar berupa penyerahan kewenangan dilakukan berbarengan dengan transfer keuangan dari pemerintah pusat untuk dikelola menurut kebutuhan dan kepentingan daerah itu sendiri (Kumorotomo, 2018).

Salah satu tugas pemerintah daerah adalah merencanakan pembangunan di daerah (Alamendah, 2012). Transfer keuangan yang diterima daerah digunakan pemerintah daerah untuk merencanakan dan melaksanakan pembangunan di daerah. Pemerintah sebagai pengambil kebijakan publik dapat memanfaatkan modal sosial dan sumber daya alam yang ada di sekitarnya untuk mengoptimalkan pembangunan. Dukungan masyarakat terhadap rencana pembangunan daerah dapat diperoleh jika ada kepercayaan (*trust*) rakyat bahwa kebijakan pemerintah itu memang bertujuan untuk melindungi, memberdayakan dan mensejahterakan rakyat. Hal ini sesuai dengan definisi kebijakan publik sebagai seperangkat tindakan pemerintah yang didesain untuk mencapai hasil-hasil tertentu yang diharapkan oleh publik sebagai konstituen pemerintah (Suharto, 2014).

Pengambilan kebijakan mengadakan sumber energi listrik berbasis EBT sesuai dengan kampanye seluruh negara di dunia yang sekarang ini sedang menghadapi tiga tantangan besar, yaitu: pangan, energi, dan air. Ketersediaan tiga hal ini semakin berkurang padahal jumlah manusia yang membutuhkannya semakin meningkat dari tahun ke tahun. Kondisi kehidupan yang bergantung pada energi tidak terbarukan membawa kehidupan ke berbagai permasalahan, seperti harga minyak bumi cenderung meningkat, subsidi sulit dihentikan, ancaman terhadap ketersediaan sumber energi serta ancaman terhadap lingkungan. Apabila kondisi buruk ini terus terjadi, maka akan sulit untuk mengatasinya. Berangkat dari keadaan itu maka pemanfaatan energi baru dan terbarukan dikampanyekan, karena jumlahnya melimpah dan sifatnya yang dapat diperbaharui.

Energi baru tidak harus jenis energi yang belum pernah ada di peradaban manusia sebelumnya. Energi baru adalah jenis-jenis energi yang pada saat ini belum dipergunakan secara massal oleh manusia dan masih dalam tahap pengembangan. Energi terbarukan

adalah energi yang ketersediaannya sumbernya bisa dipulihkan setelah sumber itu digunakan (Sukandarrumidi, Zodrak, dan Djoko, 2015).

Sektor energi baru dan terbarukan dikembangkan untuk menggantikan energi tidak terbarukan. Konsep energi terbarukan mulai dikenal pada tahun 1970-an. Contoh energi terbarukan yang banyak tersedia di Indonesia adalah biomassa, biogas, air, angin, dan matahari. Sumber energi ini dapat memberikan peluang kemandirian kepada masyarakat

untuk mengelola dan mengupayakan kebutuhan energi mereka sendiri (Sukandarrumidi, Zodrak, dan Djoko, 2015).

Sebagai bangsa yang besar dengan jumlah penduduk sekitar 270 juta jiwa, Indonesia menghadapi masalah energi yang cukup mendasar. Sumber energi yang tidak terbarukan (*nonrenewable*) tingkat ketersediaannya semakin berkurang. Sebagai contoh, produksi minyak bumi Indonesia yang telah mencapai puncaknya pada tahun 1977 yaitu sebesar 1,7 juta barel per hari terus menurun hingga tinggal 1.125 juta barel per hari tahun 2004. Di sisi lain, konsumsi minyak bumi tercatat semakin meningkat (Hamdi, 2016).

Dalam upaya mengatasi masalah defisit energi tersebut, pengembangan sumber energi terbarukan merupakan suatu keharusan. Terhadap tuntutan ini, industri kelapa sawit mempunyai potensi yang sangat besar. Produk utama kelapa sawit yaitu minyak sawit (CPO) kini sudah mulai dikembangkan sebagai sumber energi terbarukan dengan memprosesnya menjadi biodiesel, seperti yang sudah dikembangkan di Malaysia. Produk samping kelapa sawit seperti cangkang dan limbah pabrik CPO juga potensial sebagai sumber biomassa yang dapat dikonversi menjadi energi terbarukan. Alternatif ini memiliki beberapa kelebihan.

Pertama, sumber energi tersebut merupakan sumber energi yang bersifat *renewable* sehingga bisa menjamin kesinambungan produksi. Kedua, Indonesia merupakan produsen utama minyak sawit sehingga ketersediaan bahan baku akan terjamin dan industri ini berbasis produksi dalam negeri. Ketiga, pengembangan alternatif tersebut merupakan proses produksi yang ramah lingkungan. Keempat, upaya tersebut juga merupakan salah satu bentuk optimasi pemanfaatan sumberdaya dalam rangka meningkatkan nilai tambah (Hamdi, 2016).

Dewasa ini salah satu sumber energi terbarukan yang berasal dari kelapa sawit adalah limbah gasnya. Limbah gas industri kelapa sawit yang berupa metana dapat digunakan sebagai sumber pembangkit tenaga listrik. Hal ini merupakan peluang yang sangat baik untuk mendapatkan kemandirian energi listrik dan sekaligus mengatasi masalah pencemaran lingkungan (Naibaho, 2018). Menurut penelitian para ahli, buangan gas metana dari olahan kelapa sawit berdampak signifikan terhadap perubahan iklim karena menyebabkan efek rumah kaca. Hal ini sangat mengundang keprihatinan karena sangat merugikan penduduk dunia (Wihardandi, 2014).

Menurut penelitian Taylor (2014), metana limbah kelapa sawit mewakili 15% emisi gas rumah kaca. Kabar baiknya, emisi metana yang dihasilkan limbah kelapa sawit ini adalah sumber Energi Baru Terbarukan (EBT) yang seharusnya bisa menjadi solusi kelistrikan yang menguntungkan. Lebih lanjut dalam penelitian Taylor (2014) dinyatakan bahwa Malaysia bisa memenuhi seperempat kebutuhan energi listrik mereka dengan memanfaatkan metana dari limbah kelapa sawit ini. Keuntungan dari penggunaan metana ini, selain tidak bakal

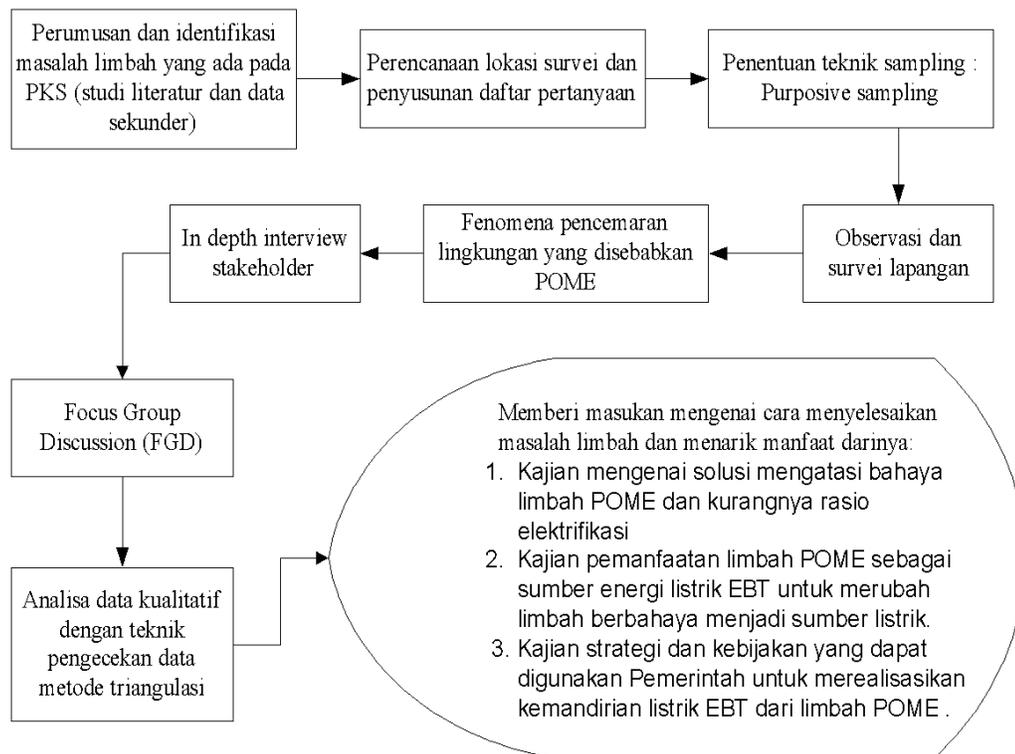
habis karena merupakan sumber energi baru dan terbarukan, sekaligus juga mengurangi dampak buruk limbah kelapa sawit terhadap lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat deskriptif analitis, karena penelitian yang dilakukan bertujuan untuk membuat suatu gambaran tentang suatu keadaan secara objektif dalam suatu situasi. Menurut Sugiyono (2016) penelitian deskriptif adalah penelitian kualitatif. Dalam penelitian kualitatif realitas sosial dipandang sebagai sesuatu yang holistik/utuh, kompleks, dinamis, dan penuh makna. Paradigma yang demikian disebut paradigma postpositivisme.

Metode penelitian kualitatif ini sering juga disebut metode penelitian naturalistik karena penelitiannya dilakukan pada kondisi yang alamiah (natural setting) dimana peneliti adalah sebagai instrumen kunci (Sugiyono, 2013). Teknik pengumpulan data dilakukan secara triangulasi (gabungan) dan analisis data bersifat induktif. Hasil penelitian kualitatif lebih menekankan makna dari pada generalisasi.

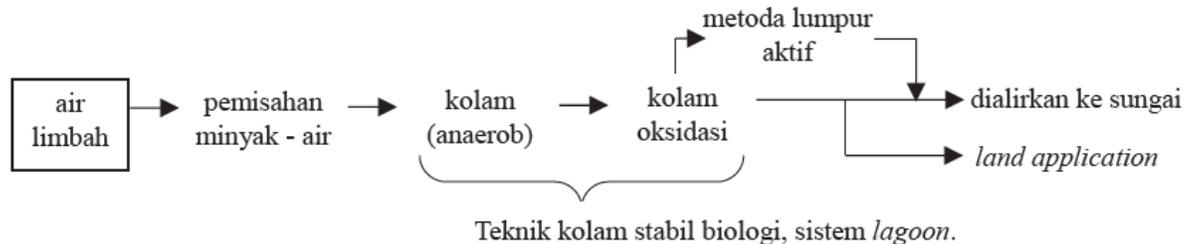
Riset lebih mendalam dilakukan menggunakan studi literatur, proses observasi, wawancara mendalam (*in depth interview*) serta *focus group discussion* (FGD) dengan memanfaatkan model-model keputusan kualitatif. Tahapan penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

HASIL DAN DISKUSI

Adanya limbah berbahaya yang dihasilkan limbah kelapa sawit membuat pabrik kelapa sawit harus mengolah limbah yang dihasilkannya sebelum mengalirkannya ke lingkungan.

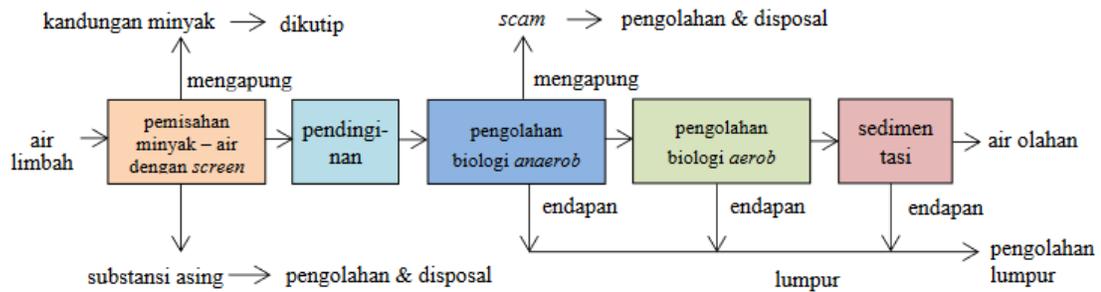


Gambar 2. Alur Pengolahan Limbah Sawit yang Umum
(Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup Jepang dan Indonesia, 2013)

Ada tiga metode pengolahan limbah kelapa sawit yaitu dengan menggunakan sistem lahan (*land application*), sistem kolam (*ponding system*), dan kolam dengan elektrokoagulasi. Metode-metode tersebut ditujukan untuk mengurangi kandungan zat berbahaya pada POME.

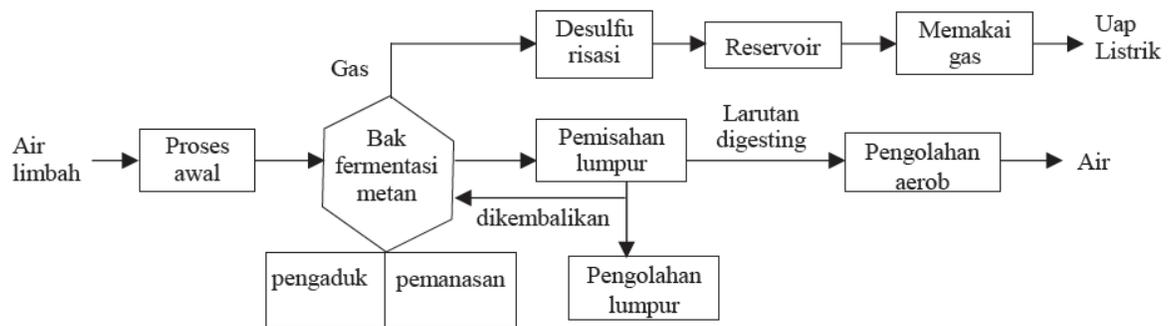
Sistem kolam adalah sistem yang umum dan paling banyak digunakan oleh pabrik kelapa sawit dalam mengolah limbah POME. Sistem ini terdiri dari beberapa kolam terbuka yaitu: kolam fat pit, kolam pendinginan, kolam pengasaman, kolam pembiakan mikroba, kolam anaerob, kolam aerob, dan kolam sedimentasi. Setelah itu hasil akhir dilakukan *land application* (penggunaan limbah POME sebagai pupuk karena POME masih memiliki cukup banyak kandungan organik (Hanim, Fadhlani, dan Wibowo, 2020).

Pada pengolahan limbah cair yang umum, limbah ini dimasukkan dalam satu kolam, lalu diolah. Namun dari sudut pandang higienis, sebaiknya air limbah diolah dalam kolam terpisah dengan metode kolam stabil biologis sistem *lagoon*. Teknik ini memakai beberapa kolam dengan luas 1 - beberapa hektar berkedalaman 3 - 5 m. Limbah dengan kadar minyak tinggi dialirkan ke kolam anaerob. Salah satu unsur limbah cair kelapa sawit yang sangat berbahaya dan sulit untuk ditangani adalah gas metana. Walaupun sudah mengalami proses pencairan, gas metana ini seringkali masih terhambur ke udara. Untuk itu sebelum dibuang ke sungai, harus dilakukan proses fermentasi metana di dalam bak fermentasi metana dengan proses sebagai berikut. Bagian dalam kolam anaerob berada pada kondisi anaerob sehingga fermentasi metana akan terjadi. Sebagai hasilnya, zat organik diuraikan menjadi gas karbon dan metana, sehingga konsentrasi zat organik di dalam air limbah turun sampai level tertentu. Setelah itu, air luapan dialirkan dari kolam anaerob ke kolam oksida dan diolah secara aerob. Dari kolam oksida, air dialirkan ke kolam endap dan terakhir dialirkan ke sungai atau sebagai *land application* (pupuk). Proses tersebut dimuat dalam gambar berikut.



Gambar 3. Alur Pengolahan Limbah Cair di Pabrik Kelapa Sawit
(Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup Jepang dan Indonesia, 2013)

Lebih detail, proses khusus fermentasi metana dapat dilihat dalam gambar berikut.



Gambar 4. Proses Fermentasi Metana
(Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup Jepang dan Indonesia, 2013)

Untuk menangani limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi sawit, PT Menggala Sawit Indo memiliki 6 kolam pengolahan limbah. Dalam enam kolam itu dilakukan berbagai reaksi kimia untuk mengurangi kandungan yang membahayakan, sehingga akhirnya limbah itu dapat memenuhi batas aman. Setelah memenuhi batas aman, limbah cair sebagian dimanfaatkan untuk *land application* (pemupukan) dan sebagian lagi dialirkan ke sungai.

Metode pengolahan limbah kelapa sawit yang terakhir adalah sistem elektrokoagulasi. Metode ini merupakan alternatif untuk proses penjernihan limbah cair. Pada sistem ini limbah cair dilakukan penggumpalan melalui proses elektrolisis untuk mengurangi atau menurunkan ion-ion logam dan partikel-partikel di dalam air. Setelah terjadi penggumpalan, maka limbah padat yang tercampur dalam air limbah dapat diambil dengan mudah sehingga air limbah menjadi lebih jernih dan dapat dialirkan ke sungai (Wiyanto, Harsono, Makmur, Pangputra, Julita, dan Kurniawan, 2014).

Cara lain yang memberikan manfaat ganda dalam proses penjernihan limbah cair proses pengolahan limbah sawit adalah dengan menjadikannya bahan bakar PLTBg. PLTBg berbasis POME menjadi solusi mendapatkan sumber energi listrik terbarukan dan berkelanjutan sekaligus mengatasi dampak buruk limbah POME, karena setelah gas metana

yang dihasilkan POME digunakan untuk pembangkit listrik, maka kandungan limbahnya tidak lagi berbahaya. Jika cara ini direalisasikan, akan tercipta energi listrik yang dapat memenuhi kebutuhan hari ini tanpa mengorbankan hak generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri (*sustainable energy*).

Hasil penelitian yang dilakukan pada objek penelitian, yaitu PT Menggala Sawit Indo di Desa Lingai Kecamatan Banjar Baru, Kabupaten Tulang Bawang mendapatkan data kapasitas POME perusahaan adalah 60 ton TBS/jam dengan menghasilkan limbah POME 800 m³ per hari. Berdasarkan data kapasitas tersebut akan dilakukan perhitungan kelayakan dibangun PLTBg. Hasil perhitungan tersebut akan dikomunikasikan dengan pihak yang terkait langsung dengan listrik, yaitu PT PLN Kabupaten Tulangbawang dan diteruskan kepada pihak Pemda Kabupaten Tulangbawang untuk dapat direalisasikan dengan menggunakan dana APBD ataupun APBN.

Jika limbah cair kelapa sawit akan digunakan untuk bahan bakar PLTBg, maka perhatian utama adalah bagaimana mendapatkan sebanyak mungkin gas metana dari limbah itu. Untuk itu perlu digunakan teknologi pengolahan POME menjadi biogas. Dewasa ini telah ada dua teknologi yang dapat digunakan, yaitu teknologi *continuous stirred tank reactor* (CSTR) dan teknologi *covered lagoon* (Irwansyah, Danial, dan Hiendro, 2018).

Teknologi CSTR adalah cara pengolahan POME untuk menghasilkan biogas didalam reaktor yang berbentuk silinder yang terbuat dari beton ataupun logam. Sistem teknologi ini sudah dilengkapi dengan *thickener*, *clarifier*, ataupun *dissolved air floatation* (DAF) untuk memekatkan biomassa di dalam reaktor sehingga mampu menghasilkan biogas yang lebih optimal. Teknik ini membutuhkan biaya investasi yang lebih besar karena membutuhkan tanki-tanki dengan kapasitas besar dalam jumlah banyak untuk menampung POME (Irwansyah, Danial, dan Hiendro, 2018).



Gambar 5. Teknologi *Continuous Stirred Tank Reactor* (CSTR)
(Sumber: Rahayu, Karsiwulan, Yuwono, Trisnawati, Mulyasari,
Rahardjo, et al., 2015)

Pengolahan POME dengan teknologi *covered lagoon* yaitu cara pengolahan POME untuk menghasilkan biogas dengan memasukan POME ke dalam kolam dengan kedalaman 6 meter atau lebih yang ditutupi cover di atasnya. Biogas yang dihasilkan dari proses anaerobik

didalam kolam tersebut kemudian dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pemangkit listrik tenaga biogas untuk menghasilkan energi listrik (Irwansyah, Danial, dan Hiendro, 2018).



Gambar 6. Teknologi *Covered Lagoon*

(Sumber: Rahayu, Karsiwulan, Yuwono, Trisnawati, Mulyasari, Rahardjo, et al., 2015)

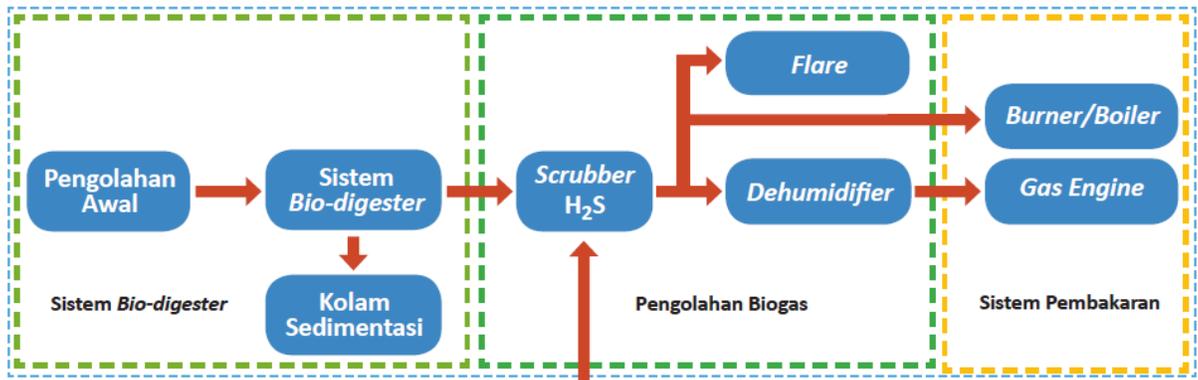
Secara teoretis sistem CSTR dianggap memberikan kinerja lebih baik dibandingkan sistem kolam tertutup (*covered lagoon*), namun data operasional pembangkit listrik tenaga menunjukkan bahwa produksi energi dari teknologi kolam tertutup layak untuk diterapkan (Rahayu, Karsiwulan, Yuwono, Trisnawati, Mulyasari, Rahardjo, et al., 2015).

Tabel 2. Perbandingan Biaya Dan Kerumitan Pengoperasian CSTR dan *Covered Lagoon* Tahun 2015

| Teknologi | Jenis Limbah | HRT (hari) | Produksi Energi | Biaya Modal (USD/kWe) | Kerumitan Pengoperasian |
|----------------|----------------|------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|
| CSTR | Cair dan padat | 20 – 40 | Baik | Tinggi | Sedang |
| Kolam tertutup | Cairan kental | 20 – 90 | Kurang baik | Sedang | Rendah |

Sumber: Rahayu, Karsiwulan, Yuwono, Trisnawati, Mulyasari, Rahardjo, et al., 2015.

Dalam penelitian ini, POME akan diolah menggunakan sistem *covered lagoon*. Secara sederhana, cara kerja PLTBg menggunakan *covered lagoon* adalah: Limbah POME dialirkan dari pabrik kelapa sawit (PKS) ke reaktor melalui sebuah pipa. Limbah itu kemudian diolah hingga menghasilkan gas metana yang dihimpun dalam sebuah reaktor yang ditutup oleh plastik. Reaktor ini harus cukup besar, misalnya lebarnya 100 m x 90 m dengan ketinggian 10 meter. Gas yang dihasilkan dari reaktor itu kemudian dialirkan ke sebuah mesin yang mengolah gas metana menjadi bahan bakar listrik.



Gambar 7. Teknologi *Covered Lagoon*
(Sumber: Rahayu, Karsiwulan, Yuwono, Trisnawati, Mulyasari, Rahardjo, et al., 2015)

Potensi Energi Biogas

Pada tahun 2014, Peraturan Menteri Nomor 27/2014 mengenai *Feed-in Tariff* untuk energi terbarukan dari biomassa dan biogas mendorong minat penjualan listrik dari proyek konversi POME menjadi energi ke jaringan PLN. Berdasarkan peraturan tersebut, pemilik pabrik dapat menjual listrik kepada Perusahaan Listrik Negara (PLN) melalui skema Perjanjian Jual Beli Listrik/*Power Purchase Agreement* (PPA) atau perjanjian penjualan kelebihan daya listrik (*excess power*). Dukungan dari pemerintah ini membuat proyek biogas menjadi lebih layak secara finansial untuk dikembangkan.

Untuk mengetahui potensi listrik dengan sumber daya biogas, ada beberapa parameter yang harus diketahui, yaitu:

Tabel 3. Parameter Perhitungan Potensi Daya Listrik dari POME Tahun 2015

| Parameter | Unit | Keterangan |
|-------------------------|-------------------------|--|
| Jam operasi | jam/hari | Rata-rata jumlah jam operasi pabrik dalam sehari |
| Hari operasi | hari/tahun | Rata-rata jumlah hari pabrik beroperasi dalam setahun |
| TBS Tahunan | ton TBS/tahun | Jumlah TBS yang diproses dalam setahun |
| Rasio POME terhadap TBS | m ³ /ton TBS | Rasio volume POME yang dihasilkan per TBS yang diolah POME : TBS = (m ³ POME) / (ton TBS) |
| COD | mg/l | COD limbah cair yang dianalisis dengan spektrofotometer |

Sumber: Rahayu, Karsiwulan, Yuwono, Trisnawati, Mulyasari, Rahardjo, et al., 2015
Keterangan:

COD adalah pengukuran oksigen equivalent dari bahan organik dan anorganik dalam sampel air yang mampu dioksidasi oleh bahan kimiawi pengoksidasi.

TBS (Tandan Buah Segar) adalah buah kelapa sawit setelah dilepas dari tandan yang diproses menjadi produk utama berupa minyak sawit mentah/CPO dan minyak inti sawit/PKO.

Tabel 4. Simbol-Symbol dalam Perhitungan Potensi Daya Listrik dari POME Tahun 2015

| Parameter | Simbol | Nilai | Satuan | Keterangan |
|---|----------------------|-------|--|---|
| Rasio konversi CH ₄ terhadap COD | CH ₄ /COD | 0,35 | Nm ³ CH ₄ /kg COD <i>removed</i> | Volume metana yang dihasilkan per kg COD yang dihilangkan dari air limbah secara teoretis |
| Efisiensi COD <i>removal</i> | COD _{eff} | 80-95 | % | Persentase COD yang akan diubah menjadi metana |
| Nilai Energi Metana | CH _{4,ev} | 35,7 | MJ/m ³ | Kandungan energi metana |
| Rata-rata efisiensi kelistrikan | Gen _{eff} | 38-42 | % | Efisiensi gas engine dalam mengkonversi nilai energi metana menjadi energi listrik. |

Sumber: Rahayu, Karsiwulan, Yuwono, Trisnawati, Mulyasari, Rahardjo, et al., 2015

Berdasarkan karakteristik limbah cair PKS dan asumsi di atas, dapat dilakukan perhitungan potensi daya listrik yang dihasilkan POME dengan tahapan-tahapan perhitungan sebagai berikut.

$$(1) \text{ Bahan baku harian (ton TBS/hari) } = \frac{\text{TBS Olah Tahunan}}{\text{Hari operasi dalam setahun}}$$

$$(2) \text{ Aliran limbah cair harian (m}^3\text{/hari) } = \text{volume limbah cair harian} \times \text{rasio POME terhadap TBS}$$

$$(3) \text{ COD loading (kg COD/hari) } = \text{COD} \times \text{Aliran limbah cair harian} \times \frac{\text{kg}}{1.000.000 \text{ mg}} \times \frac{1000 \text{ L}}{\text{m}^3}$$

$$(4) \text{ Produksi CH}_4 \text{ (Nm}^3 \text{ CH}_4\text{/hari) } = \text{COD loading} \times \text{COD}_{\text{eff}} \times \text{CH}_4\text{/COD}$$

$$(5) \text{ Kapasitas Pembangkitan (MWe) } = \frac{\text{Produksi CH}_4 \times \text{CH}_{4, \text{ev}} \times \text{Gen}_{\text{eff}}}{24 \times 60 \times 60}$$

Tabel 5. Potensi Daya dari Konversi POME Menjadi Biogas Tahun 2015

| Kapasitas PKS (ton TBS/jam) | POME yang dihasilkan | | Potensi Daya (MWe) |
|--------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|
| | m ³ /jam | m ³ /hari | |
| 30 | 21 | 400 | 1,1 |
| 45 | 31,5 | 600 | 1,6 |
| 60 | 42 | 800 | 2,1 |

Sumber: Rahayu, Karsiwulan, Yuwono, Trisnawati, Mulyasari, Rahardjo, et al., 2015

Perhitungan potensi daya yang diuraikan di atas menggunakan asumsi bahwa setiap ton TBS menghasilkan 0,7 m³ limbah cair, PKS beroperasi 20 jam per hari, konsentrasi COD 55.000 mg/L.

Hasil penelitian ini mendapatkan bahwa PT Menggala Sawit Indo mempunyai kapasitas 60 ton per jam, beroperasi selama 5.000 jam per tahun dan 300 hari per tahun. Berdasarkan catatan *flow meter*, dihitung bahwa rasio volume POME (m³) untuk setiap ton TBS adalah 0,8. Konsentrasi limbah cair adalah 62.000 mg/l yang diukur setelah kolam pendinginan. Penghitungan mengasumsikan 90% konversi COD menjadi metana dan efisiensi gas engine sebesar 38%. Berdasarkan data tersebut dapat dihitung potensi listrik yang dihasilkan.

$$\begin{aligned} \text{Aliran limbah cair harian} &: 60 \frac{\text{ton FFB}}{\text{jam}} \times \frac{5000 \text{ jam}}{300 \text{ hari}} \times 0,8 \frac{\text{m}^3 \text{ POME}}{\text{ton TBS}} = 800 \frac{\text{m}^3 \text{ POME}}{\text{hari}} \\ \text{COD loading} &: 62.000 \frac{\text{mg COD}}{\text{L}} \times 800 \frac{\text{m}^3 \text{ POME}}{\text{hari}} \times \frac{\text{kg}}{1.000.000 \text{ mg}} \times \frac{1.000 \text{ L}}{\text{m}^3} = 49.600 \text{ kg COD/hari} \\ \text{Produksi CH}_4 &: 49.600 \frac{\text{kg COD}}{\text{hari}} \times 90\% \times 0,35 \frac{\text{Nm}^3 \text{CH}_4}{\text{kg COD}} = 15.624 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4/\text{hari} \\ \text{Kapasitas pembangkitan daya} &: 15.624 \frac{\text{Nm}^3 \text{CH}_4}{\text{hari}} \times 35,7 \frac{\text{MJ}}{\text{Nm}^3 \text{ CH}_4} \times 38\% \times \frac{\text{hari}}{24 \times 60 \times 60 \text{ detik}} = 2,45 \text{ MWe} \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, dapat diketahui bahwa PT Menggala Sawit Indo akan mampu menghasilkan energi listrik sebesar 2,45 MWe/Megawatt electric per hari. Untuk menjadikan MWe ke MWh/Megawatt hour, maka dikalikan 24 jam, sehingga 2,45 MWe x 24 = 58,8 MWh per hari. Karena satuan listrik yang dipakai PLN adalah kWh, maka MWh diubah menjadi kWh dengan mengalikannya dengan 1.000, sehingga kapasitas listrik yang dihasilkan adalah:

$$58,8 \times 1.000 \text{ kWh} = 58.800 \text{ kWh} / \text{hari}.$$

Pembiayaan Proyek

Biaya proyek meliputi biaya tetap dan biaya variabel. Biaya tetap adalah biaya yang tidak berubah-ubah dan hanya dikeluarkan satu kali saja di awal proyek. Biaya variabel adalah biaya yang berubah-ubah, sesuai dengan kegiatan yang dilakukan yang dikeluarkan selama proyek berjalan.

1. Perhitungan Biaya Tetap

Biaya tetap berupa biaya investasi pembangkit listrik. Dalam penelitian ini, sistem pembangkit listrik yang digunakan adalah sistem kolam tertutup (Teknologi *Covered*

Lagoon). Biaya investasi untuk sistem kolam tertutup berkisar antara USD1,5 juta – 3 juta per MWe dengan masa pakai 25 tahun (Rahayu, Karsiwulan, Yuwono, Trisnawati, Mulyasari, Rahardjo, et al., 2015). Diasumsikan biaya investasi kolam tertutup dalam penelitian ini adalah USD2 juta (kurs Rp14.000/USD). Sesuai hasil perhitungan yaitu listrik yang dihasilkan adalah 2,45 MWe, maka biaya investasi kolam adalah:

$$2.500.000 \times \text{Rp}14.000 \times 2,45 = \text{Rp}85.750.000.000$$

Biaya Rp85.750.000.000 adalah biaya investasi untuk proyek sampai usia 25 tahun.

2. Perhitungan Biaya Variabel

Biaya variabel yang dikeluarkan dalam proyek ini adalah biaya bahan baku, tenaga kerja, pemeliharaan digester (alat tampungan bahan-bahan organik untuk membentuk biogas yang bersifat anaerob, yang dalam penelitian ini diasumsikan menggunakan *covered lagoon*), dan pemeliharaan sistem.

Dalam perhitungan ini akan dilakukan dua kali perhitungan. Perhitungan pertama menggunakan asumsi bahwa biaya bahan baku adalah nol karena diberikan secara gratis oleh pabrik. Perhitungan ke-2 menggunakan asumsi bahwa biaya bahan baku adalah Rp500/L (sesuai dengan hasil penelitian, bahwa pabrik meminta harga POME Rp500/L).

a. Perhitungan 1

Biaya bahan baku = 0

Biaya tenaga kerja = 5 org x Rp2.000.000 / bulan = Rp 10.000.000 = 120.000.000 / tahun

Pemeliharaan digester = Rp 1.000.000 / bulan = Rp12.000.000 / tahun

Pemeliharaan sistem = Rp 1.000.000 / bulan = Rp 12.000.000 / tahun

Total biaya variabel = Rp144.000.000 / tahun

Jika usia proyek adalah 25 tahun, maka biaya variabel tahunan dikalikan dengan 25, sehingga biaya variabel adalah:

$$\text{Rp}144.000.000 \times 25 = \text{Rp}3.600.000.000$$

Modal total diperoleh dari biaya investasi ditambah dengan biaya variabel.

$$\text{Rp}85.750.000.000 + \text{Rp}3.600.000.000 = \text{Rp} 89.350.000.000$$

a. Perhitungan 2

$$\begin{aligned} \text{Biaya bahan baku} &= 800 \text{ m}^3 \text{ POME/hari} \times \text{Rp}500 \\ &= \text{Rp}400.000 \end{aligned}$$

$$\text{Biaya bahan baku/tahun} = 360 \times \text{Rp}400.000 = \text{Rp}144.000.000$$

Biaya bahan baku = Rp144.000.000 / tahun

Biaya tenaga kerja = 5 org x Rp2.000.000 / bulan = Rp 10.000.000 = 120.000.000 / tahun

Pemeliharaan digester = Rp 1.000.000 / bulan = Rp12.000.000 / tahun

Pemeliharaan sistem = Rp 1.000.000 / bulan = Rp 12.000.000 / tahun

+

Total biaya variabel = Rp288.000.000 / tahun

Jika usia proyek adalah 25 tahun, maka biaya variabel tahunan dikalikan dengan 25, sehingga biaya variabel adalah:

$$\text{Rp}288.000.000 \times 25 = \text{Rp}7.200.000.000$$

Modal total diperoleh dari biaya investasi ditambah dengan biaya variabel.

$$\text{Rp}85.750.000.000 + \text{Rp}7.200.000.000 = \text{Rp}92.950.000.000$$

Arus Kas Masuk

Peraturan Menteri ESDM terbaru Nomor 27/2014 mengatur *feed-in tariff* untuk energi biomassa dan biogas sebesar Rp1.050,00/kWh untuk sambungan pada tegangan menengah dan Rp1.400,00/kWh untuk sambungan pada tegangan rendah. Faktor pengali (F) tarif berlaku berdasarkan lokasi proyek. Tabel 4 menunjukkan *feed-in tariff* dan faktor perkalian untuk daerah yang berbeda.

Tabel 6. *Feed-in Tariff* Untuk Energi Biomassa dan Biogas Tahun 2014

| Wilayah | Faktor Perkalian (F) | <i>Feed—in Tariff</i> (Rp/kWh) | |
|---|----------------------|--------------------------------|-----------------|
| | | Tegangan Menengah | Tegangan Rendah |
| Jawa | 1,00 | 1.050,00 | 1.400,00 |
| Sumatera | 1,15 | 1.207,50 | 1.610,00 |
| Sulawesi | 1,25 | 1.312,50 | 1.750,00 |
| Kalimantan | 1,30 | 1.365,00 | 1.820,00 |
| Pulau Bali, Pulau Bangka Belitung, Pulau Lombok | 1,50 | 1.575,00 | 2.100,00 |
| Kepulauan Riau, Pulau Papua dan Pulau lainnya | 1,60 | 1.680,00 | 2.240,00 |

Sumber: Peraturan Menteri ESDM terbaru Nomor 27/2014 tentang Pembelian Tenaga Listrik Dari Pembangkit Listrik Tenaga Biogas Oleh PT Perusahaan Listrik Negara (Persero).

Dengan menggunakan ketentuan di atas, dapat dihitung pemasukan yang diperoleh pembangkit listrik yang berada di daerah Lampung (Sumatera) dengan asumsi tegangan yang dihasilkan adalah tegangan rendah.

$$\begin{aligned} \text{feed-in tariff} &= 58.800 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.610 \times 1,15 \\ &= \text{Rp}85.750.000.000/\text{tahun} \end{aligned}$$

Jadi pemasukan tahunan dari penjualan listrik kepada PLN adalah Rp85.750.000.000.

Perhitungan Pay Back Period

Untuk mengetahui kelayakan proyek dilakukan perhitungan *pay back period*. *Pay back period* adalah cara paling sederhana untuk mengevaluasi suatu proyek, yaitu dengan melihat pada tahun keberapa investor bisa mendapatkan kembali dana yang diinvestasikan dalam proyek tersebut. Perhitungan *pay back period* dalam penelitian ini dilakukan dua kali, yaitu dengan menggunakan biaya bahan baku Rp0 dan Rp500/L.

a. Perhitungan 1

$$\begin{aligned} \text{Payback Period} &= \frac{\text{Biaya Proyek}}{\text{Arus Kas Masuk Tahunan}} \\ &= \frac{\text{Rp } 89.350.000.000}{\text{Rp } 85.750.000.000} \\ &= 1,04 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan *pay back period* dapat diketahui bahwa proyek ini dapat kembali modal dengan cepat, yaitu hanya 1,04 tahun. Oleh karena itu proyek ini layak untuk direalisasikan jika bahan baku POME yang digunakan didapatkan dengan gratis.

b. Perhitungan 2

$$\begin{aligned} \text{Payback Period} &= \frac{\text{Biaya Proyek}}{\text{Arus Kas Masuk Tahunan}} \\ &= \frac{\text{Rp } 92.950.000.000}{\text{Rp } 85.750.000.000} \\ &= 1,08 \text{ tahun} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan *pay back period* dapat diketahui bahwa jangka waktu pengembalian investasi proyek yang menggunakan asumsi biaya bahan baku POME Rp500/L tetap layak, karena jangka waktu pengembalian modal tetap cepat, yaitu 1,08 tahun. Oleh karena itu proyek ini tetap layak untuk direalisasikan.

KESIMPULAN

Dari pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan limbah POME kelapa sawit sebagai sumber energi baru dan terbarukan untuk PLTBg sangat layak untuk dilaksanakan. Biaya investasi sebesar Rp 89.350.000.000 dengan asumsi bahan baku diberikan gratis oleh perusahaan, dapat kembali dalam waktu yang cukup singkat, yaitu

selama 1,04 tahun. Apabila diasumsikan harga bahan baku Rp500/L maka investasi sebesar Rp92.950.000.000 akan kembali dalam 1,08 tahun.

Penggunaan POME sebagai sumber energi listrik EBT memberikan keuntungan ganda, yaitu mendapatkan tenaga listrik dengan biaya murah dan berkelanjutan (*sustainable*) serta dapat mengatasi bahaya metana limbah POME karena limbah yang sudah dimanfaatkan tidak berbahaya lagi bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Masyarakat sekitar pabrik akan selamat dari bahaya kesehatan dan lingkungan, sementara pemilik PLTBg akan mendapat keuntungan yang besar dari penjualan listrik hasil PLTBg.

Pemanfaatan POME sebagai sumber energi listrik baru dan terbarukan tidak akan pernah habis, sehingga akan meningkatkan kemandirian listrik. Produksi listrik yang besar dari limbah POME akan memenuhi kebutuhan listrik masyarakat dan meningkatkan rasio elektrifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamendah. 2012. "Energi Terbarukan di Indonesia", diakses dari <https://alamendah.org/2012/03/07/energi-terbarukan-diindonesia/com-ment-page-1/> pada tanggal 1 Februari 2022.
- Andhika, A.R.R., Lanti, R.D.Y., dan Setyono, P. 2015. "Pengaruh Paparan Gas Metana (CH₄), Karbon Dioksida (CO₂) dan Hidrogen Sulfida (H₂S) terhadap Keluhan Gangguan Pernapasan Pemulung di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Klotok Kota Kediri." *Jurnal Ekosains*, 7 (2), 105-116.
- Anonim. 2014. "Teknologi Pengolahan Limbah Pabrik Kelapa Sawit". Diakses dari sawitindonesia.com/rubrikasi-majalah/inovasi/teknologi-pengolahan-limbah-pabrik-kelapasawit pada tanggal 1 Februari 2022.
- Asshiddiqie, J. 2016. *Pokok-Pokok Hukum Tata Negara Indonesia Pasca Reformasi*. Jakarta: Bhuana Ilmu Populer.
- Bratakusumah, D.S. dan Solihin, D. 2013. *Otonomi Penyelenggaraan Pemerintah Daerah*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Hamdi. 2016. *Energi Terbarukan*. Jakarta: Kencana.
- Hanim, W., Fadhlani, Wibowo, S.G. 2020. "Pengolahan Limbah Cair di Pabrik Minyak Kelapa Sawit PT. Sisirau Desa Sidodadi Kecamatan Kejuruan Muda Kabupaten Aceh Tamiang." *Jurnal Envi Science*, 4 (2), 67-76.
- Haryanti, A., Norsamsi., Sholiha, P.S.F., Putri, N.P. 2014. "Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit". *Jurnal Konversi*. 3 (2). 20-29.
- Irwansyah, W.Y., Danial, Hiendro, A. 2018. "Potensi Pemanfaatan Palm Oil Mill Effluent (POME) Sebagai Bahan Baku Pembangkit Listrik Tenaga Biogas (PLTBG) di PKS PT. Fajar Saudara Kusuma." Diakses melalui <https://eproceeding.itp.ac.id>. 1-8.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2021. *Statistik Ketenagalistrikan 2020*. Jakarta: Sekretariat Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan.
- Kementerian Lingkungan Hidup Jepang dan Indonesia. 2013. *Panduan Penanganan Air Limbah di Pabrik PKS (Sebagai Hasil Studi Kebijakan Bersama Indonesia – Jepang 2011 – 2013)*. Jakarta: KLH RI Deputi Bidang Pembinaan Sarana Teknis Lingkungan dan Peningkatan Kapasitas.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.

International Journal of Multidisciplinary Approach Sciences and Technologies (MULTI)

Vol 1 (1) 2024 : 75-96

- Kumorotomo, W. 2018. *Desentralisasi Fiskal, Politik dan Perubahan Kebijakan 1974-2004*. Jakarta: Kencana.
- Manan, B. 2012. *Menyongsong Fajar Otonomi Daerah*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- _____. 2014. *Hubungan Antara Pusat dan Daerah Menurut UUD 1945*. Jakarta: Pustaka Sinar Harapan.
- Muhadi, A. 2013. "Studi Pemanfaatan Limbah Cair Sawit Sistem Land Application pada Perkebunan Kelapa Sawit di PT Tritunggal Sentra Buana, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur." *Tugas Akhir* (Tidak Diterbitkan). Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene dan Kepulauan Pangkep: Program Studi Agroindustri Diploma IV.
- Naibaho, P.M. 2018. *Tekhnologi Pengolahan Kelapa Sawit*. Medan: Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Nurcholis, H. 2015. *Teori dan Praktik Pemerintahan dalam Otonomi Daerah*. Jakarta: Grasindo.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air. 2014. *Model Sistem Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca Dari Waduk Dan Rawa Gambut*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Rahayu, A.S., Karsiwulan, D., Yuwono, H., Trisnawati, I., Mulyasari, S., Rahardjo, S., et al. 2015. *Buku Panduan Konversi POME Menjadi Biogas Pengembangan Proyek di Indonesia*. Jakarta: USAID Bekerja sama dengan Winrock International.
- Rasyid, M.R. 2016. *Makna Pemerintahan Tinjauan dari Segi Etika dan Kepemimpinan*. Jakarta: PT Yarsif Watampone.
- Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2016 s.d. 2025.
- Romli, L. 2014. *Potret Otonomi Daerah dan Wakil Rakyat di Tingkat Lokal*. Yogyakarta: Delta Buku.
- Saragih, G., Al-Hakim, M., Aprilia, S., & Sugiah. 2019. "Optimalisasi Penurunan BOD Menggunakan Bakteri Mesofilik Untuk Land Application di Unit Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit". *Journal of Regional Development Industry & Health Science, Technology and Art of Life*, 96-102.
- Sarono, Sa'id, E., Suprihatin, & Hasanudin, U. 2014. "Strategi Implementasi Pemanfaatan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Menjadi Energi Listrik (Studi Kasus di Provinsi Lampung)". *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 24 (1), 11-19.
- Sugiyono. 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.

**International Journal of Multidisciplinary Approach Sciences and
Technologies (MULTI)**

Vol 1 (1) 2024 : 75-96

- Suharto, E. 2014. *Membangun Masyarakat Memberdayakan Rakyat: Kajian Strategis Pembangunan Kesejahteraan Sosial dan Pekerjaan Sosial*. Bandung: Refika Aditama.
- Sukandarrumidi, K., Zodrak, H., Djoko. W. 2015. *Energi Terbarukan, Konsep Dasar Menuju Kemandirian Energi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Taylor, P.G., et. al. 2014. "Palm Oil Wastewater Methane Emissions And Bioenergy Potential", *Journal of Nature Climate Change*. 4 (1). 151-152.
- Wihardandi, A.. 2014. "Penelitian Emisi Metana Air Limbah Kelapa Sawit Beri Dampak Perubahan Iklim". Diakses dari www.mongabay.co.id. pada tanggal 1 Februari 2022.
- Wiyanto, E., Harsono, D., Makmur, A., Pangputra, R., Julita, dan Kurniawan, M.S. 2014. "Penerapan Elektrokoagulasi dalam Proses Penjernihan Limbah Cair." *JETri*, 12 (1), 19-36.