

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

LNG adalah gas bumi yang mengandung metana (CH_4) dengan komposisi 90% metana yang dikondensasi menjadi cairan pada tekanan satu atmosfer dan kemudian didinginkan pada suhu -162°C . LNG adalah gas yang mempunyai potensial sebagai transisi energi ramah lingkungan. Pada prosesnya, LNG harus mengalami tahapan pemurnian atau penghilangan impuritas dahulu untuk menghilangkan senyawa-senyawa tidak perlu seperti karbon dioksida, asam sulfida, merkuri, dan hidrokarbon berat.

Penggunaan LNG dimanfaatkan oleh beberapa sektor, diantaranya adalah untuk rumah tangga, bahan bakar kapal, kebutuhan industri, dan pembangkit listrik. Kebutuhan yang signifikan dalam penggunaan LNG adalah untuk keperluan pembangkit listrik. BUMN melakukan program sinergi bersama dengan Pertamina untuk membuat Pembangkit Listrik Tenaga Mesin Gas (PLTMG). Gas LNG mampu mengurangi emisi sebanyak 85% dari gas-gas lainnya. Gas ini mampu tersimpan pada tekanan 1 atmosfer, densitas energi lebih besar daripada volume serta memiliki jarak tempuh yang lama. Menurut data Dirjen ESDM, dari tahun 2016 – 2021, jumlah LNG yang dihasilkan sebesar 104.774.817 ton atau sama dengan gas metana sebanyak 94.297.335 ton.

Indonesia sebagai negara yang memiliki beragam sumber daya alam, salah satunya adalah kelapa sawit. Indonesia juga merupakan produsen dan eksportir minyak sawit terbesar di dunia. Industri kelapa sawit merupakan komoditas yang mendominasi di seluruh dunia. Perkembangan ekonomi di era globalisasi menyebabkan tingginya konsumsi energi di seluruh kalangan masyarakat di berbagai negara. Peningkatan produksi minyak kelapa sawit secara signifikan akan mengakibatkan meningkatnya juga limbah yang dihasilkan, dimana selama proses produksi menghasilkan limbah cair dan padat. Kondisi ini memicu banyaknya stigma negatif tentang pengolahan kelapa sawit di Indonesia, bahkan berkembang isu negatif dan penolakan produk-produk yang berbasis kelapa sawit di Indonesia (Sally, 2020).

Institut Teknologi Indonesia

Secara umum, pada pengolahan kelapa sawit, hanya sekitar 18% hingga 20% yang didapatkan berupa *crude palm oil* (CPO) dari tandan buah segar (TBS) dan sisanya (80-82)% adalah limbah dari hasil produksi sehingga menjadikannya sumber utama pencemaran bagi lingkungan sekitar (Ali et al., 2015; Iskandar et al., 2018). Limbah hasil pengolahan kelapa sawit adalah limbah padat yang terdiri tandan kosong kelapa sawit 23%, limbah serat 13%, limbah cangkang 5% dan limbah lumpur *decanter* 3%, dan sisanya adalah limbah cair (*palm oil mill effluent*/POME).

Menurut laporan kementerian Energi dan Sumberdaya Mineral (ESDM), Indonesia masih menghadapi persoalan besar terhadap ketergantungan energi fosil yang sangat tinggi dalam pemenuhan kebutuhan energi dalam negeri yaitu sebesar 96% (Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi, 2015), dimana saat ini banyak potensi – potensi besar dari biomassa yang masih belum dimanfaatkan secara optimal. Pengolahan tandan kosong kelapa sawit dapat menghasilkan biogas, yang sangat berpotensi menjadi sumber energi terbarukan karena sifatnya yang mudah terbakar (*flammable*).

Proses pengolahan secara anaerobik digestion (AD) secara umum dibagi menjadi beberapa tipe berdasarkan total solid bahan bakunya. Jika dibandingkan antara solid AD dan liquid AD, produktivitas metan secara volumetrik akan lebih besar berkisar 2 – 7 kalinya pada solid AD dibandingkan liquid AD. Hanya saja, beberapa kekurangan teknologi ini diantara yaitu (1) memiliki keterbatasan pada viskositas sehingga mengakibatkan terhambatnya proses AD, (2) transfer massa yang rendah, (3) tidak sempurnanya proses mixing serta akan mengakibatkan terakumulasinya bahan inhibitor seperti VFA dan ammonia sehingga akan menurunkan produksi gas methana/ biogas (Heryadi & Chairasert, 2020).

Salah satu faktor terpenting dalam pembentukan biogas adalah pengadukan. Proses pengadukan yang dilakukan secara berkala menghasilkan biogas dan produksi metana yang lebih tinggi dibandingkan pengadukan secara berkelanjutan. Pengadukan dapat meningkatkan produksi biogas 10%-30% dibandingkan tanpa pengadukan. (Kaparaju et al., 2008). Oleh karena itu penambahan kotoran sapi akan mengurangi viskositas dan proses pengadukan bahan biogas. Pada umumnya kotoran sapi hanya digunakan sebagai pupuk namun pemanfaatan lain yang bisa dilakukan adalah memprosesnya menjadi sumber energi yang potensial dalam bentuk biogas karena

kotoran sapi mempunyai nilai rasio C/N tinggi yaitu 20:1 (Kaparaju et al., 2008). Kotoran sapi cocok sebagai bahan baku pembentukan biogas untuk menaikkan rasio C/N. Menurut Widyasmara et al. (2012) rentang rasio C/N antara 25-30 merupakan rentang optimum untuk proses penguraian anaerob.

Biogas sebagian besar mengandung gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2), dan beberapa kandungan senyawa lain yang jumlahnya kecil diantaranya hidrogen sulfida (H_2S), ammonia (NH_3), hidrogen (H_2), serta oksigen (O_2). Hasil fermentasi anaerobik dari proses ini juga akan menghasilkan berupa lumpur padatan yang dapat menguntungkan bagi lingkungan karena bisa digunakan sebagai pupuk alami.

Metana dalam biogas, bila terbakar akan relatif lebih bersih daripada batu bara, dan menghasilkan energi yang lebih besar dengan emisi karbon dioksida yang lebih sedikit. Biogas dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan maupun untuk menghasilkan listrik. Biogas cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan pengganti minyak tanah, LPG, batu bara, maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil. Pasar metana diperkirakan akan memperlihatkan pertumbuhan yang signifikan selama periode perkiraan karena meningkatnya penggunaan pada beberapa sektor seperti perumahan, transportasi, industri dan komersial. Hal ini juga mengubah preferensi untuk menggunakan gas metana sebagai sumber pembangkit listrik untuk memenuhi permintaan listrik yang terus meningkat. (*Grand View Research*, 2021).

1.2 Data Analisis Pasar

Analisis pasar dilakukan untuk mengetahui nilai produksi, konsumsi, ekspor-impor, dan pertumbuhan pasar untuk 5 tahun kedepan terhadap produk yang dihasilkan. Guna mengetahui peluang pasar sebelum pabrik biogas didirikan. Analisis pasar dilakukan agar pabrik tidak salah dalam perancangan strategi pembangunan pabrik dan pemasaran produknya ke pasaran. Peluang pasar dihitung berdasarkan data kapasitas konsumsi, produksi, ekspor dan impor yang telah diproyeksikan dengan menggunakan perhitungan persen pertumbuhan. Direncanakan pendirian pabrik biometana ini dapat membantu memenuhi kebutuhan dalam negeri dan juga luar negeri mengingat kebutuhan masyarakat akan metana sebagai sumber energi sangat tinggi.

1.2.1 Data Produksi

Badan usaha yang menghasilkan LNG di Indonesia adalah PT Badak, Tangguh (BP), dan Donggi Senoro (PT DSLNG). Adapun untuk data produksi tiap tahunnya adalah sebagai berikut:

Tabel 1.1 Data Produksi LNG di Indonesia (Buku Statistik Minyak dan Gas Bumi, Ditjen ESDM 2022)

Tahun	Jumlah Produksi (m ³)
2018	19.060.681
2019	16.435.655
2020	15.435.309
2021	14.712.243
2022	14.993.155

Dari data diatas, kita dapat memproyeksikan jumlah produksi untuk enam tahun kedepan yaitu tahun 2028. Proyeksi ini tidak dihitung menggunakan persamaan trendline karena hasil perolehan R² berada di 0,7796 sehingga data proyeksi yang dihasilkan tidak akurat, oleh karena itu, proyeksi dihitung menggunakan perhitungan persen pertumbuhan (0.06%). Berikut adalah hasil proyeksi produksi biogas menggunakan metode persen pertumbuhan:

Tabel 1.2 Proyeksi Jumlah Produksi LNG di Indonesia

Tahun	Proyeksi Jumlah Produksi (m ³)
2023	14.093.566
2024	13.247.952
2025	12.453.075
2026	11.705.890
2027	11.003.537
2028	10.343.325

1.2.2 Data Konsumsi

Kebutuhan masyarakat akan biogas untuk keperluan memasak dan penerangan adalah sekitar 0,45 m³/hari. Jumlah konsumsi biogas di daerah Kalimantan Timur dapat

Institut Teknologi Indonesia

dihitung dengan mengalikan jumlah kebutuhan dengan jumlah masyarakat disana. Data konsumsi biogas di Kalimantan Timur adalah sebagai berikut:

Tabel 1.3 Data Konsumsi LNG di Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2022)

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Jumlah Konsumsi (m ³)
2018	2.665.909	1.199.659
2019	2.732.343	1.229.554
2020	2.775.171	1.248.827
2021	2.819.565	1.268.804
2022	2.862.393	1.288.077

Dari data di atas menunjukkan bahwa setiap tahunnya terjadi peningkatan konsumsi biogas dengan persen pertumbuhan rata-rata sebesar 0,02%. Berikut adalah proyeksi jumlah konsumsi biogas tahun 2023 hingga 2028.

Tabel 1.4 Proyeksi Jumlah Konsumsi LNG di Indonesia

Tahun	Proyeksi Jumlah Konsumsi (m ³)
2023	1.344.451
2024	1.375.777
2025	1.407.832
2026	1.440.635
2027	1.474.201

1.2.3 Data Impor

Tidak ditemukan data impor biogas ke Indonesia.

1.2.4 Data Ekspor

Badan usaha yang memproduksi biogas di Indonesia yang telah disebutkan sebelumnya melakukan ekspor untuk memenuhi kebutuhan global akan biogas. Data eksport biogas adalah sebagai berikut:

Tabel 1.5 Data Ekspor LNG dari Indonesia (Buku Statistik Minyak dan Gas Bumi, Ditjen ESDM 2022)

Tahun	Jumlah Ekspor (m ³)
2018	18.661.905.970

Institut Teknologi Indonesia

2019	13.735.447.131
2020	13.599.158.518
2021	12.316.039.535
2022	11.899.588.198

Dari data di atas menunjukkan bahwa setiap tahunnya terjadi penurunan ekspor biogas dengan persen pertumbuhan rata-rata sebesar -0,10%. Berikut adalah proyeksi jumlah ekspor biogas tahun 2023 hingga 2028.

Tabel 1.6 Proyeksi Jumlah Ekspor LNG dari Indonesia

Tahun	Proyeksi Jumlah Konsumsi (ton)
2024	8.674.799.796
2025	7.026.587.835
2026	5.691.536.146
2027	4.610.144.279
2028	3.734.216.866

1.3 Penentuan Kapasitas Pabrik

Penentuan kapasitas pabrik biogas dapat dihitung dengan peluang pasar yakni menghitung selisih antar supply (penawaran) dan demand (permintaan) pada tahun pendirian pabrik yaitu pada tahun 2026, kapasitas ekonomi pabrik sejenis yang telah beroperasi secara komersil di dunia serta berdasarkan ketersediaan bahan baku. Berikut adalah data peluang pasar yang diperoleh dari data produksi & konsumsi (supply) serta data impor & ekspor (demand).

Tabel 1.7 Selisih antara Penawaran dan Permintaan pada Tahun Pendirian Pabrik

	Penawaran (m ³)		Permintaan (m ³)	
	Produksi	11.705.890	Konsumsi	1.407.832
	Impor	-	Ekspor	5.691.536.146
Total	11.705.890		5.692.943.978	
Selisih	5.681.238.088			

Institut Teknologi Indonesia

Pada tahun 2026 diproyeksikan bahwa total penawaran LNG adalah sebesar 11.705.890 m³ sedangkan total permintaan LNG adalah sebesar 5.692.943.978 m³. Dari Tabel 1.10 diperoleh selisih antara penawaran dan permintaan adalah 5.681.238.088 m³ yang merupakan jumlah penawaran lebih kecil dibandingkan dengan jumlah permintaan. Selain itu, faktor lain dalam penentuan kapasitas produksi biogas adalah melihat kapasitas ekonomis yang sudah tersedia secara global. Berikut adalah data kapasitas ekonomis di dunia dapat dilihat pada Tabel 1.8.

Table 1.8 Kapasitas Ekonomis Pabrik Biogas dan Sejenisnya

No	Negara	Kapasitas Produksi (ton)
1.	US	275.767.093
2.	China	136.870.755
3.	Rusia	60.353.036
4.	India	24.957.287
5.	UEA	27.328.546

Berdasarkan data pada Tabel 1.8, dapat diketahui rentang kapasitas ekonomis antara 25.000.000 – 275.000.000 m³/tahun. Mengingat pabrik biogas yang akan dibangun menggunakan sumber daya alam yakni TKKS, sehingga penentuan kapasitas juga berdasarkan ketersediaan bahan baku. Berikut adalah data bahan baku kelapa sawit pada Tahun 2018-2021.

Table 1.9 Data Ketersediaan Bahan Baku Kelapa Sawit di Kutai Kartanegara (Dinas Perkebunan Kalimantan Timur, 2021)

Tahun	Jumlah kelapa sawit (ton)	Jumlah kelapa sawit (kg)	Jumlah TKKS (kg)	Potensi Biogas (m ³)
2018	13.398.348	13.398.348.000	3.081.620.040	360.549.545
2019	18.343.872	18.343.872.000	4.219.090.560	493.633.596
2020	16.717.254	16.717.254.000	3.844.968.420	449.861.305
2021	19.472.064	19.472.064.000	4.478.574.720	523.993.242

Seperti yang diketahui bahwa bahan alam itu tidak dapat diperoleh dengan mudah setiap tahunnya, sehingga data yang digunakan adalah ketersediaan bahan baku terkini. Pada tabel 1.9 diperoleh informasi produksi kelapa sawit dari tahun 2018 hingga

Institut Teknologi Indonesia

2021. Pada tahun 2021, ketersediaan TKKS tersedia sebanyak 4.478.574.720 kg. Selain meninjau dari ketersediaan TKKS, jumlah ketersediaan kotoran sapi sebagai bahan penunjang juga perlu untuk diketahui. Dalam 3 tahun terakhir jumlah populasi sapi potong di Provinsi Kalimantan Timur terus meningkat secara signifikan. Berikut merupakan data bahan penunjang kotoran sapi mulai tahun 2017 sampai 2022.

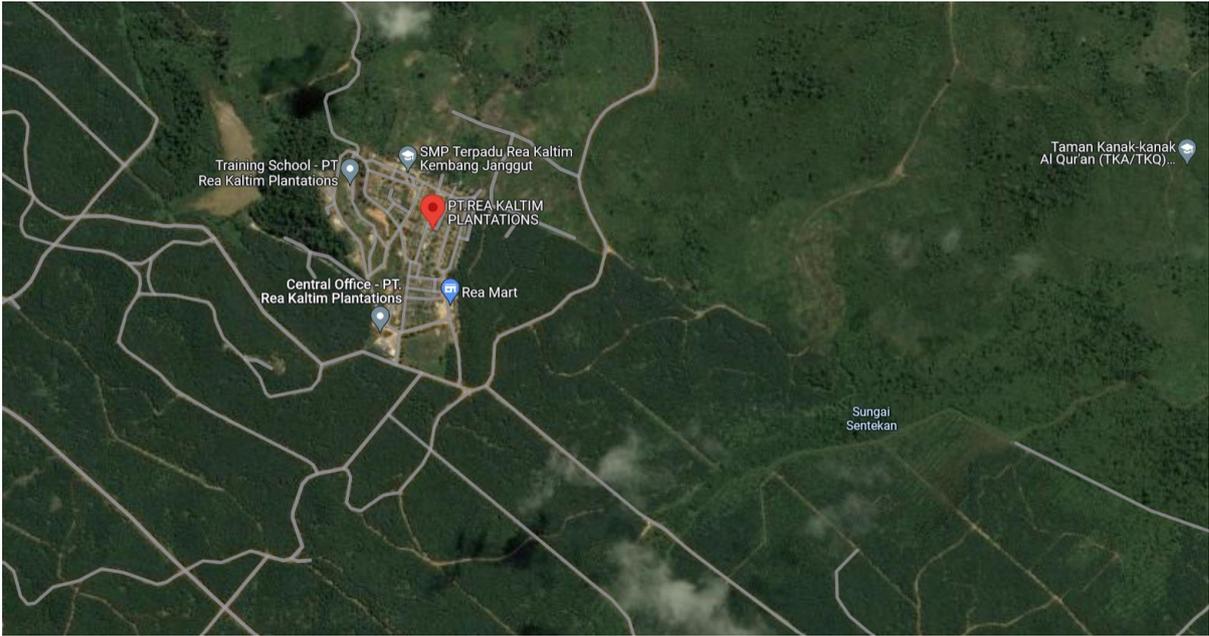
Table 1.10 Data Jumlah Kotoran Sapi di Kutai Kartanegara (Direktorat Jendral Peternakan dan Kesehatan Hewan, 2022)

Tahun	Jumlah kotoran sapi (kg/tahun)	Potensi Biogas (m ³)
2017	982.764.750	22.603.589
2018	969.408.000	22.296.384
2019	985.751.250	22.672.279
2020	989.785.500	22.765.067
2021	1.000.642.500	23.014.778
2022	896.057.250	20.609.317

Penentuan kapasitas pabrik diambil 80% dari ketersediaan bahan baku potensial, sehingga berdasarkan data pada Tabel 1.12 dan Tabel 1.13 terkait ketersediaan bahan baku TKKS dan Kotoran sapi pada tahun terakhir maka ditentukan bahwa kapasitas Pabrik Biogas dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan Kotoran sapi adalah sebanyak 100.000.000 m³/tahun.

1.4 Penentuan Lokasi

Penentuan lokasi pabrik merupakan hal penting dalam keberlangsungan operasional pabrik. Pemilihan lokasi pabrik diatas berdasarkan berbagai pertimbangan untuk mencapai keuntungan baik dari sisi teknis maupun ekonomis. Pendirian suatu pabrik hendaknya memiliki lokasi yang strategis, sehingga biaya produksi maupun distribusi dapat diminimalkan. Dilihat dari bahan baku utama, letak konsumen, tenaga kerja serta fasilitas, maka keberadaan pabrik ditentukan di daerah Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Untuk menjaga kondisi bahan baku agar tidak rusak dan membusuk saat di perjalanan.



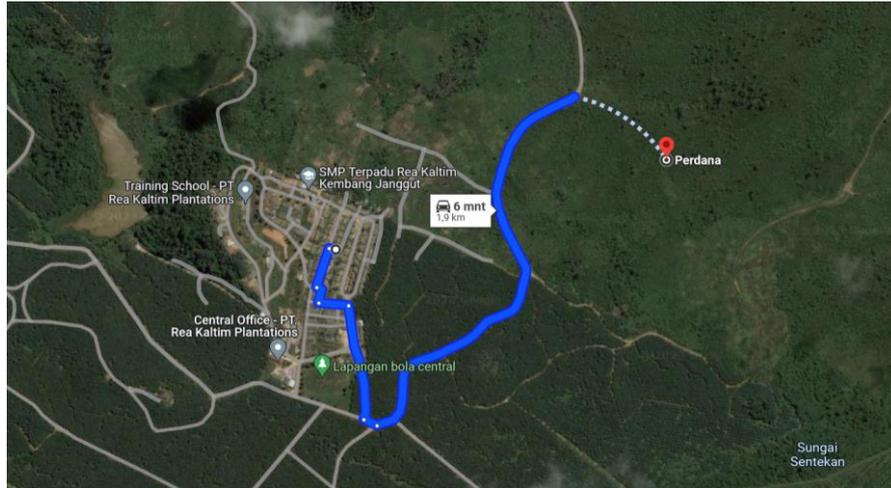
Gambar 1.2 Wilayah Pabrik Biogas (Google Maps, 2023)

1.4.1 Sumber Bahan Baku

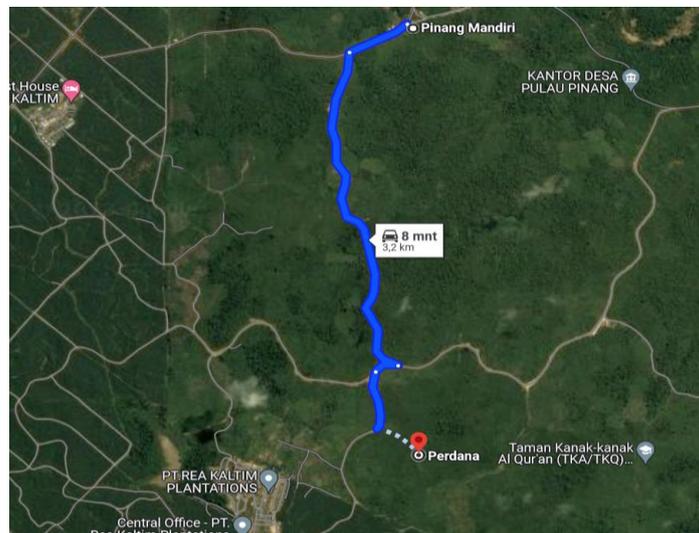
Lokasi pabrik didirikan dekat dengan pabrik kelapa sawit yang merupakan produsen bahan baku di daerah Kutai Kartanegara, sehingga diharapkan kebutuhan akan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan baku tidak kesulitan untuk dipenuhi, murah dari segi harga dan transportasi yang diperlukan. Bahan baku untuk pabrik biogas ini adalah limbah TKKS yang diambil dari PT. Rea Kaltim Plantations di daerah Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Sedangkan kotoran sapi didapatkan dari Pinang Mandiri Farm di daerah Pulau Pinang, Kecamatan Kembang Janggut, Kalimantan Timur.

1.4.2 Waktu Pengangkutan Bahan Baku

Efisiensi waktu merupakan target yang harus dicapai dalam mobilisasi bahan baku. Semakin cepat waktu pengangkutan dari perkebunan ke pabrik maka semakin memperkecil resiko saat pemindahan. Jarak dari rencana lokasi pabrik biogas ke pabrik bahan baku TKKS berjarak 1,9 km dan membutuhkan waktu selama 6 menit yang dimuat dalam Gambar 1.3. Lalu, jarak dari rencana lokasi pabrik biogas ke bahan baku kotoran sapi di daerah Pulau Pinang, Kecamatan Kembang Janggut berjarak 3,2 km dan membutuhkan waktu selama 8 menit yang dimuat dalam Gambar 1.4.



Gambar 1.3 Waktu Pengangkutan Bahan Baku (Google Maps, 2023).



Gambar 1.4 Waktu Pengangkutan Kotoran Sapi (Google Maps, 2023)

1.4.3 Transportasi

Transportasi merupakan faktor penting yang dipertimbangkan dalam penentuan lokasi pabrik. Faktor transportasi berpengaruh terhadap biaya pengangkutan bahan baku dan produk sehingga kualitasnya tetap terjaga dan nilai ekonomisnya tinggi. Pabrik ini direncanakan berdiri di Desa Perdana, Kec. Kembang Janggut, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur yang bersebelahan dengan PT Rea Kaltim Plantations.

1.4.4 Tenaga Kerja

Ketersediaan tenaga kerja yang terampil merupakan salah satu faktor penting guna menunjang kredibilitas pabrik, dimana untuk memenuhi kebutuhan tenaga kerja

Institut Teknologi Indonesia

diperoleh dari lulusan perguruan tinggi, tenaga ahli, lulusan sekolah keahlian dan lainnya yang sederajat. Pada saat ini persentase pengangguran di Kabupaten Kutai Kartanegara menurut Badan Pusat Statistik adalah sebesar 4,14%, sehingga diharapkan dengan didirikannya pabrik ini, dapat mengurangi jumlah pengangguran.

1.4.5 Utilitas

Utilitas merupakan unit pendukung dari suatu proses dalam pabrik. Sarana utilitas yang utama adalah air, bahan bakar dan energi listrik, dimana penyediaan air sebagai kebutuhan sanitasi dan kebutuhan proses pabrik. Kebutuhan air dalam perancangan pabrik biogas ini didapatkan dari Kawasan industri kelapa sawit. Untuk kebutuhan bahan bakar solar untuk dump truck pengangkut bahan baku dipenuhi dari PT. Pertamina (Persero).

1.4.6 Iklim

Kabupaten Kutai Kartanegara memiliki iklim hutan tropika humida. Temperatur udara rata - rata Kabupaten Kutai Kartanegara berkisar pada 26°C dengan temperatur terendah mencapai 21°C dan temperatur tertinggi mencapai 33°C. Curah hujan Kabupaten Kutai Timur berkisar pada 2000 - 4000 mm/tahun dengan jumlah hari rata - rata selama 130 - 150 hari/tahun. (Badan Pusat Statistika, 2023).

1.4.7 Lingkungan

Pendirian pabrik memiliki pengaruh terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat akibat dari pembuangan limbah yang dihasilkan dari aktivitas produksi. Pengelolaan limbah perlu diperhatikan dengan cermat dan teliti agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Kab. Kutai Kartanegara memiliki luas wilayah sebesar 27.263 km² dengan luas kecamatan Kembang Janggut sebesar 1.923,9 km² atau 14,17% dari luas wilayah Kabupaten Kutai Kartanegara. Rincian lebih lanjut mengenai standar pengelolaan lingkungan hidup terdapat pada Peraturan Daerah Kabupaten Kutai Kartanegara Nomor 7 Tahun 2012 Tentang Pengelolaan Sampah Lingkungan di Kutai Kartanegara dan sekitarnya merupakan lingkungan yang baik dimana terdapat instalasi pengolahan air baku, instalasi pengolahan air limbah, saluran drainase, instalasi penerangan jalan, dan jaringan jalan.