



**BADAN PERENCANAAN PEMBANGUNAN DAERAH
(BAPPEDA) KOTA PONTIANAK**

**KAJIAN PENERAPAN DAN PEMANFAATAN
ENERGI TERBARUKAN DALAM PEMBANGUNAN
DI KOTA PONTIANAK**

TAHUN 2022



**LAPORAN
AKHIR**

**Konsultan Pelaksana :
CV. IMSCO PUTRA MANDIRI**

KATA PENGANTAR

Berkat rahmat Allah SWT dan didorong oleh motivasi yang sungguh-sungguh, sehingga Laporan Akhir kegiatan **Kajian Penerapan dan Pemanfaatan Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Di Kota Pontianak Tahun 2022** dapat diselesaikan. Pekerjaan ini diselenggarakan oleh Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Pontianak yang bekerja sama dengan CV. IMSCO PUTRA MANDIRI selaku Pelaksana Pekerjaan.

Dokumen Laporan Akhir ini merupakan tahap kedua dari rangkaian sistem pelaporan pelaksanaan pekerjaan yang seluruhnya terdiri dari 2 Laporan, yaitu Laporan Pendahuluan dan Laporan Akhir. Sesuai dengan Kerangka Acuan yang telah diberikan, materi yang disajikan dalam Buku Laporan Akhir ini adalah : Pertama, Pendahuluan; Kedua, Landasan Teori; Ketiga, Gambaran Umum Wilayah; Keempat, Metodologi; Kelima, Pembahasan; Keenam, Penutup.

Kami menyadari laporan ini masih memiliki kekurangan, tetapi semoga bermanfaat bagi yang memerlukan. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pelaksanaan pengelolaan energi terbarukan di Kota Pontianak. Akhir kata kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian dan penyempurnaan dokumen laporan ini.

Pontianak, Oktober 2022

CV. IMSCO PUTRA MANDIRI

IMAN SAFARI, S.Hut

Direktur

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
Bab I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Referensi Hukum.....	3
1.3 Tujuan, Sasaran, dan Manfaat.....	3
1.4 Ruang Lingkup.....	4
1.4.1 Ruang Lingkup Wilayah.....	4
1.4.2 Ruang Lingkup Materi.....	4
1.5 Sistematika Pelaporan.....	5
Bab II. LANDASAN TEORI.....	6
2.1 Pengertian Energi.....	6
2.2 Pengertian Energi Terbarukan.....	7
2.3 Sumber Energi Terbarukan.....	8
Bab III. GAMBARAN UMUM WILAYAH.....	23
3.1 Gambaran Umum Kota Pontianak.....	23
3.1.1 Keadaan Geografis.....	23
3.1.2 Topografi.....	24
3.1.3 Iklim.....	24
3.1.4 Jenis Tanah dan Keadaan Lapisan Tanah.....	25
3.1.5 Geologi.....	26
3.2 Kependudukan.....	27
3.2.1 Penduduk.....	27
3.2.2 Pertanian.....	29
3.2.3 Peternakan.....	29
3.2.4 Perindustrian.....	30
3.2.5 Energi.....	30
3.3 Potensi Energi Terbarukan Di Kota Pontianak.....	31
Bab IV. METODOLOGI.....	41
4.1 Pendekatan.....	41

4.2	Jenis Dan Sumber Data.....	42
4.3	Metode Pengumpulan Data	42
4.4	Pengolahan dan Analisis Data.....	43
Bab V.	PEMBAHASAN.....	44
5.1	Kajian Gambut Untuk PLTU	44
5.2	Estimasi penggunaan gambut untuk PLTU di kota Pontianak	46
5.3	Menghitung potensi sampah menjadi energi melalui proses Waste to Energy.....	47
5.4	Mengkaji metode pemanfaatan sampah menjadi energi yang sesuai untuk Kota Pontianak.	47
5.5	Potensi sampah yang dapat diproses menjadi RDF	53
5.6	Mengkaji kelebihan dan kekurangan RDF.	60
5.7	Komponen utama PLTS	62
5.8	Prinsip Kerja PLTS	65
5.9	Perhitungan Energi Listrik yang Dihasilkan Oleh Panel Jenis Monocrystalline dan Polycrystalline	66
5.10	Hasil Perhitungan Energi Listrik Setahun	68
5.11	Grafik IRM dan Suhu Sekitar Terhadap Daya Keluaran Panel Surya.....	70
5.12	Daya Listrik Yang Dihasilkan Dari Energi Yang Ada Di Kota Pontianak	72
5.13	Kelebihan Dan Kekurangan Energi Terbarukan Yang Direkomendasikan	72
Bab VI.	PENUTUP	74
6.1	Kesimpulan.....	74
6.2	Saran	76
DAFTAR PUSTAKA.....		77

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jumlah Penduduk Kota Pontianak 2021	28
Tabel 3.2 Kepadatan Penduduk Kota Pontianak 2021	28
Tabel 3.3 Kecepatan Angin, Daya Angin dan Daya Turbin di Kota Pontianak ...	32
Tabel 3.4 Penyinaran Matahari di Kota Pontianak dan sekitarnya	33
Tabel 3.5 Potensi biogas dari hewan ternak dan manusia	34
Tabel 3.6 Potensi biogas dari hewan ternak di Kota Pontianak.....	34
Tabel 5.1 Efisiensi termal PLTU batu bara	45
Tabel 5.2 Nilai kalor dari berbagai jenis sampah	53
Tabel 5.3 Neraca Pengelolaan Sampah Kota Pontianak	54
Tabel 5.4 Komposisi Sampah TPA Batu Layang	55
Tabel 5.5 Nilai Kalor Sampah di Kota Pontianak.....	58
Tabel 5.6 Kelembaban udara di Kota Pontianak dan sekitarnya	61
Tabel 5.7 Energi Listrik Setahun Panel Monocrystalline dan Polycrystalline	68
Tabel 5.8 jenis energi serta daya listrik yang dihasilkan di kota Pontianak	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Proses Pemilahan Sampah di TPST Eelweiss.....	35
Gambar 3.2 Proses Pencacahan Sampah Organik di TPST Edelweiss	36
Gambar 3.3 Reaktor Biogas.....	36
Gambar 3.4 Reservoir Gas.....	37
Gambar 3.5 Peta sebaran gambut di kota Pontianak.....	39
Gambar 3.6 Peta sebaran ketebalan gambut di kota Pontianak	39
Gambar 5.1 Ilustrasi Prinsip Kerja Panel Surya	66
Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Energi Setahun Panel <i>Polycrystalline</i> dan <i>MonoCrystalline</i>	69
Gambar 5.3 Grafik Hubungan IRM dan Daya	70
Gambar 5.4 Grafik Hubungan Suhu dan Daya	70

Bab I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi dibutuhkan bagi aktivitas manusia terutama untuk kegiatan perekonomian, rumah tangga, industri, bisnis serta transportasi. Sebagian besar suplai energi di dunia berasal dari bahan bakar fosil yang merupakan sumber daya non terbarukan. Kebutuhan energi diperkirakan terus meningkat, sementara sumber cadangan minyak bumi dan batu bara jumlahnya semakin menipis. Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil sebagai energi berkontribusi terhadap kelebihan karbon di atmosfer sehingga menyebabkan pemanasan global.

Energi terbarukan berasal dari sumber-sumber yang dapat diperbaharui tanpa batas, seperti tenaga hidro/air, tenaga matahari, tenaga angin maupun tenaga dari sumber yang dapat diproduksi secara berkelanjutan (Economic Cooperation, 2010). Sumber utama energy terbarukan berasal dari tenaga surya (Timmons et al, 2014), yang dapat digunakan secara langsung, misalnya untuk pemanas dan listrik, serta sebagai tenaga utama bagi beberapa energy baru terbarukan. Sementara itu, tenaga hidro, angin serta biomasa merupakan sumber energy matahari sekunder (Timmons et al, 2014) karena masih melibatkan energi matahari di dalam proses pembentukan energi. Beberapa sumber energi yang dapat diperbaharui terdiri dari energi tenaga hidro, tenaga surya, biomasa serta tenaga sampah.

Kota Pontianak menjadi satu-satunya kota se-Kalimantan yang ditunjuk *Global Covenant of Mayors (GCoM) for Climate and Energy* sebagai pilot project atau kota percontohan dalam berkomitmen melakukan aksi nyata berkaitan dengan mitigasi dan adaptasi perubahan iklim serta akses terhadap energi yang berkelanjutan. Program ini adalah inisiatif yang didanai sepenuhnya oleh Uni Eropa. Pontianak terpilih sebagai salah satu kota percontohan di Indonesia selain Tangerang, Minahasa Utara, dan Medan. Sebagai kota percontohan akan dibantu penyusunan rencana aksi daerah terkait penurunan emisi gas rumah kaca atau

disebut sebagai mitigasi, kemudian analisa kerentanan dan risiko iklim atau adaptasi.

Ketersediaan energi bersih dan terjangkau telah menjadi salah satu tujuan pembangunan berkelanjutan 2030, dimana keberlanjutan energi menjadi isu global serta memerlukan komitmen pemerintah pusat maupun pemerintah lokal untuk turut melaksanakan tujuan tersebut. Di Indonesia, kebijakan energi baru dan energi terbarukan tertuang dalam Peraturan Pemerintah No. 79 tahun 2014 tentang kebijakan energi nasional (KEN). Dalam dokumen tersebut, energi baru dan energi terbarukan ditargetkan mencapai 23% pada tahun 2025, serta pada tahun 2050 minimal mencapai 31%.

Untuk mencapai target tahun 2025 hingga 2050, pemerintah harus terus menggali potensi energi baru dan energi terbarukan ditingkat daerah serta terus melakukan investasi disektor energi baru dan energi terbarukan. Meskipun pengelolaan energi merupakan wewenang pemerintah provinsi, pemerintah daerah termasuk Pemerintah Kota Pontianak secara mandiri perlu mengidentifikasi potensi-potensi sumber energi baru dan energi terbarukan (EBT) serta mengkaji penerapan dan pemanfaatannya dalam pembangunan daerah.

Berdasarkan latar belakang tersebut, pada tahun 2022 ini BAPPEDA Kota Pontianak melakukan kegiatan Kajian Penerapan dan Pemanfaatan Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Kota Pontianak. Dalam rangka berpartisipasi dalam kegiatan lelang pekerjaan tersebut, CV. Imsco Putra Mandiri menyusun dan mengajukan dokumen usulan teknis.

Dengan adanya dokumen Usulan Teknis ini diharapkan pihak panitia pengadaan jasa konsultasi dapat mengetahui tingkat kredibilitas perusahaan dalam menyampaikan dan menuangkan pemikiran terhadap teknis pengerjaan melalui pendekatan, metodologi, rencana dan jadwal kerja, personil pelaksana pekerjaan, kemampuan fasilitas perusahaan dalam menunjang kerja serta beberapa informasi lain yang terkait dengan pengalaman perusahaan dan *curriculum vitae* personil pelaksana.

1.2 Referensi Hukum

Beberapa peraturan dan perundang-undangan yang dapat dijadikan referensi hukum dalam pelaksanaan kegiatan ini, antara lain :

1. Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 Tentang Pemerintahan Daerah.
2. Peraturan Pemerintah No. 79 Tahun 2014 Tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN).
3. Permendagri Nomor 17 Tahun 2016 Tentang Pedoman Penelitian dan Pengembangan di lingkungan Kementerian Dalam Negeri.
4. Perda No 7 Tahun 2016 Tentang Pembentukan dan Susunan Perangkat Daerah Kota Pontianak

1.3 Tujuan, Sasaran, dan Manfaat

Dengan melihat latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan bahwa *tujuan* dari kegiatan ini adalah:

1. Mengidentifikasi kondisi eksisting, isu dan permasalahan terkait penerapan dan pemanfaatan energi baru dan terbarukan di Kota Pontianak.
2. Mengkaji dan menganalisis potensi sumber energi baru dan terbarukan dalam rangka meningkatkan kontribusi energi terbarukan (EBT) terhadap pembangunan di Kota Pontianak
3. Menyusun rekomendasi hasil kajian berupa strategis dan arah kebijakan penerapan dan pemanfaatan energi baru dan terbarukan di Kota Pontianak.

Sedangkan *sasaran* dari pekerjaan ini adalah:

1. Teridentifikasi kondisi eksisting, isu dan permasalahan terkait penerapan dan pemanfaatan energi baru dan terbarukan di Kota Pontianak.
2. Terkaji dan teranalisisnya potensi sumber energi baru dan terbarukan dalam rangka meningkatkan kontribusi energi terbarukan (EBT) terhadap pembangunan di Kota Pontianak.

Adapun *manfaat* dalam pelaksanaan pekerjaan ini adalah:

1. Membantu pemerintah dalam mengoptimalkan sumber-sumber potensi sumber energi baru dan terbarukan dalam rangka meningkatkan kontribusi energi terbarukan (EBT) terhadap pembangunan di Kota Pontianak.
2. Sebagai sumber data dan informasi dasar yang dapat dijadikan bahan untuk mempermudah pengambilan kebijakan terkait penerapan dan pemanfaatan potensi energi baru dan terbarukan dalam pembangunan di Kota Pontianak.

1.4 Ruang Lingkup

1.4.1 Ruang Lingkup Wilayah

Pelaksanaan kegiatan **Kajian Penerapan dan Pemanfaatan Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Di Kota Pontianak** ini diselenggarakan di Kota Pontianak, Provinsi Kalimantan Barat. Kegiatan ini dilaksanakan pada Tahun Anggaran 2022 dengan jangka waktu pelaksanaan selama 2 (dua) bulan atau 60 (enam puluh) hari kalender.

1.4.2 Ruang Lingkup Materi

Secara umum lingkup kegiatan **Kajian Penerapan dan Pemanfaatan Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Di Kota Pontianak** adalah :

1. Langkah persiapan, yaitu interpretasi, koordinasi konsultan dengan pihak proyek yang berhubungan dengan kegiatan, agar diperoleh persepsi yang sama tentang pekerjaan yang akan dilaksanakan.
2. Penyusunan Laporan Pendahuluan (*Inception Report*).
3. Pengumpulan data sekunder serta data-data pendukung lainnya yang terkait.
4. Identifikasi dan verifikasi data-data yang diperoleh sesuai dengan keterkaitan antar data.
5. Kajian, analisis dan kompilasi data
6. Penyusunan Draf Laporan Akhir (*Draf Final Report*)
7. Asistensi, Diskusi dan Presentasi/FGD.
8. Penyusunan Laporan Akhir Pekerjaan (*Final Report*).

1.5 Sistematika Pelaporan

Laporan Pendahuluan **Kajian Penerapan dan Pemanfaatan Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Di Kota Pontianak** disusun dengan sistematika sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada bab ini akan diuraikan secara garis besar hal-hal pokok yang akan dibahas dalam kegiatan ini, yaitu meliputi latar belakang masalah, tujuan dan sasaran, manfaat, keluaran serta ruang lingkup yang meliputi ruang lingkup wilayah dan materi.

Bab II Landasan Teori

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai teori-teori yang mendasari pelaksanaan kegiatan ini.

Bab III Gambaran Umum

Pada bab ini diuraikan tentang gambaran umum kegiatan Identifikasi Batas Wilayah Kota Pontianak secara administrasi, kondisi fisik, kependudukan.

Bab IV Metodologi

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai pendekatan dan metodologi yang dapat membantu dalam proses pengerjaan laporan kegiatan ini.

Bab V Pembahasan

Bab ini berisikan pembahasan yaitu kajian dan analisis terkait seluruh aspek kegiatan Kajian Penerapan dan Pemanfaatan Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Di Kota Pontianak.

Bab VI Penutup

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari hasil Kajian Penerapan dan Pemanfaatan Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Di Kota Pontianak.

Bab II. LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Energi

Energi merupakan salah satu kebutuhan penting dalam kehidupan manusia. Segala bentuk aktifitas, mulai dari lalu lintas, penerangan, dan lain sebagainya selalu membutuhkan energi. Sebagian besar permintaan energi berasal dari minyak bumi yang umumnya dijadikan sebagai bahan bakunya. Ketersediaan minyak bumi saat ini semakin sedikit dan mengalami kenaikan harga, sehingga menimbulkan banyak pengembangan energi alternatif. Energi merupakan konsep yang sangat abstrak, energi tidak dapat diamati, dan tidak dapat diukur secara langsung, tetapi perubahannya dapat dirasakan. Konsep bentuk energi tidak dapat dipisahkan dari perubahan energi, karena energi yang akan berubah.

Menurut Undang-undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia, dan elektromagnetika. Energi merupakan kebutuhan manusia yang paling dasar. Energi dimanfaatkan dalam berbagai bidang untuk menunjang berbagai aktivitas dalam kehidupan sehari-hari. Energi yang paling banyak dimanfaatkan dalam pemenuhan kebutuhan manusia yakni energi minyak bumi (Wahyuni, 2009). Terdapat dua jenis energi yaitu energi terbarukan dan energi tak terbarukan. Energi terbarukan merupakan sumber energi yang bisa diperbarui lagi atau bisa digunakan secara berulang. Selain itu, sumber energi tak terbarukan tidak bisa digunakan terus menerus serta akan habis pada satu titik.

Energi merupakan salah satu kebutuhan penting bagi kehidupan manusia. Berbagai hal mulai dari transportasi, penerangan dan lainnya senantiasa membutuhkan energi. Sebagian besar kebutuhan energi dipenuhi dari minyak bumi sebagai bahan bakunya. Kondisi minyak bumi pada saat ini, persediaan semakin menipis dan harga semakin meningkat, mendorong kita untuk mengembangkan sumber energi alternatif 4 . Cadangan minyak bumi dan gas bumi di Indonesia diperkirakan tidak akan berumur lebih dari 25 tahun. Tanpa penemuan cadangan baru, diperkirakan cadangan yang ada hanya cukup untuk

konsumsi selama 18 tahun untuk minyak bumi, 50 tahun untuk gas bumi dan 150 tahun untuk batu bara.

Energi merupakan sesuatu yang bersifat abstrak yang sukar dibuktikan tetapi dapat dirasakan adanya. Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja (energy is the capability for doing work) 1 . Sedangkan energi alam adalah sesuatu yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan dan kebutuhan hidup manusia agar hidup lebih sejahtera, energi alam bisa terdapat dimana saja seperti di dalam tanah, air, permukaan tanah, udara dan lain sebagainya.

Energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja (usaha). Energi merupakan besaran yang kekal, artinya energi tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan, tetapi dapat diubah dari bentuk satu ke bentuk yang lain. Satuan energi menurut Satuan Internasional (SI) adalah joule.

Menurut Arif Alfatah & Muji Lestari (2009), energi adalah sesuatu yang dibutuhkan oleh benda agar benda dapat melakukan usaha. Dalam kenyataannya setiap dilakukan usaha selalu ada perubahan. Sehingga usaha juga didefinisikan sebagai kemampuan untuk menyebabkan perubahan. Sedangkan menurut Campbell, Reece, & Mitchell (2002), energi adalah kemampuan untuk mengatur ulang suatu kumpulan materi atau dengan kata lain, energi adalah kapasitas atau kemampuan untuk melaksanakan kerja. Alvin Hadiwono (2007), mengemukakan bahwa energi adalah perihal tentang apapun yang bergerak, berhubungan dengan ruang dan waktu. Menurut Sumantoro (1993), Energi adalah kemampuan untuk melakukan usaha seperti mendorong dan menggerakkan suatu benda.

2.2 Pengertian Energi Terbarukan

Energi terbarukan merupakan sumber energi paling bersih yang tersedia di planet ini. Tenaga surya, Tenaga angin, biomassa dan tenaga air adalah teknologi yang paling sesuai untuk menyediakan energi di daerah-daerah terpencil dan perdesaan. Energi terbarukan lainnya termasuk panas bumi dan energi pasang surut adalah teknologi yang tidak bisa dilakukan di semua tempat.

Energi terbarukan merupakan energi dari aliran energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan, seperti sinar matahari, angin, udara yang

mengalir proses biologi, dan panas bumi. Sumber daya energi terbarukan seperti angin, sinar matahari, tenaga air menawarkan pilihan yang lebih bersih untuk menggantikan bahan bakar fosil. Sumber daya tersebut lebih sedikit atau bahkan tidak mencemari atau pun menghasilkan gas rumah kaca.

Energi terbarukan merupakan energi yang tidak dikhawatirkan jumlahnya karena energi ini berasal dari alam yang berkelanjutan. Semakin berkurangnya bahan bakar konvensional di masa kini tentu saja energi terbarukan dan energi alternatif sangat diperlukan. Sementara itu meningkatnya kebutuhan energi semakin melonjak. Dengan semakin berkurangnya jumlah yang berasal dari minyak ataupun batu bara, muncul berbagai alternatif sebagai substitusi dari energi minyak ataupun batu bara tersebut. Energi alternatif meliputi energi surya, energi air, energi panas bumi, energi ombak, dan energi angin.

Energi terbarukan berasal dari sumber-sumber yang dapat diperbaharui tanpa batas, seperti tenaga hidro/air, tenaga matahari, tenaga angin maupun tenaga dari sumber yang dapat diproduksi secara berkelanjutan (Economic Cooperation, 2010). Sumber utama energi terbarukan berasal dari tenaga surya (Timmons et al, 2014), yang dapat digunakan secara langsung, misalnya untuk pemanas dan listrik, serta sebagai tenaga utama bagi beberapa energi baru terbarukan. Sementara itu, tenaga hidro, angin serta biomassa merupakan sumber energi matahari sekunder (Timmons et al, 2014) karena masih melibatkan energi matahari di dalam proses pembentukan energi.

Manfaat energi terbarukan adalah mengurangi pemanasan global, sumber energi melimpah atau tak terbatas, meningkatkan kesehatan manusia, dapat menghemat sumber daya dan uang, serta berpeluang menciptakan lapangan pekerjaan.

2.3 Sumber Energi Terbarukan

- **Energi Angin**

Pada saat angin bertiup, angin disertai dengan energi kinetik (gerakan) yang bisa melakukan suatu pekerjaan. Contoh, perahu layar memanfaatkan tenaga angin untuk mendorongnya bergerak di air. Tenaga angin juga bisa dimanfaatkan

menggunakan baling-baling yang dipasang di puncak menara, yang disebut dengan turbin angin yang akan menghasilkan energi mekanik atau listrik.

Keuntungan dari energi angin adalah dampak yang minimal terhadap lingkungan, tidak menghasilkan limbah atau emisi, dan hanya memerlukan sebidang tanah yang kecil. Sedangkan kerugiannya adalah memerlukan sumber angin yang cukup pada lokasi, angin yang tidak merata dapat menyebabkan produksi energi menjadi tidak konsisten, butuh biaya modal yang tinggi, dan dapat mendapat kerusakan dari petir dan burung.

- **Energi Matahari**

Energi yang dipancarkan oleh matahari yang mencapai Bumi setiap menit akan cukup untuk memenuhi kebutuhan energi seluruh penduduk manusia di planet kita selama satu tahun, jika bisa ditangkap dengan benar. Setiap hari, kita menggunakan tenaga surya, misal untuk mengeringkan pakaian atau mengeringkan hasil panen. Tenaga surya bisa dimanfaatkan dengan cara-cara lain, yaitu menggunakan panel surya untuk memanfaatkan energi matahari secara langsung menjadi energi listrik.

Energi yang berasal dari radiasi matahari merupakan potensi energi terbesar dan terjamin keberadaannya di muka bumi. Berbeda dengan sumber energi lainnya, energi matahari bisa dijumpai di seluruh permukaan bumi. Pemanfaatan radiasi matahari sama sekali tidak menimbulkan polusi ke atmosfer. Berbagai sumber energi seperti tenaga angin, bio-fuel, tenaga air, dan sebagainya. Pemanfaatan radiasi matahari umumnya terbagi dalam dua jenis, yakni termal dan photovoltaic. Pada sistem termal, radiasi matahari digunakan untuk memanaskan fluida atau zat tertentu yang selanjutnya fluida atau zat tersebut dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik. Sedangkan pada sistem photovoltaic, radiasi matahari yang mengenai permukaan semikonduktor akan menyebabkan loncatan elektron yang selanjutnya menimbulkan arus listrik.

Keuntungan dari energi matahari adalah tidak akan kuatir dengan pemadaman listrik, bebas dari gangguan, polusi, kedap suara, dan handal, serta mudah ditangani dan dioperasikan. Untuk kerugian dari energi matahari adalah

biaya awal yang mahal, pasokan sinar matahari yang harus terus-menerus, dan pemilihan lokasi yang harus tepat, tidak semua bangunan dapat memanfaatkan energi matahari.

- **Energi Panas Bumi**

Energi panas bumi adalah energi panas yang berasal dari dalam bumi. Energi panas ini dihasilkan di dalam inti bumi yang ditimbulkan oleh peristiwa peluruhan partikel-partikel radioaktif di dalam batuan. Inti bumi terbentuk dari magma yang mengalir menembus berbagai lapisan batuan di bawah tanah. Saat mencapai reservoir air bawah tanah, terbentuklah air panas bertekanan tinggi yang keluar ke permukaan bumi melalui celah atau retakan di kulit bumi, maka timbul sumber air panas yang biasa disebut uap panas.

Sebagai daerah vulkanik, wilayah Indonesia sebagian besar kaya akan sumber energi panas bumi. Jalur gunung berapi membentang di Indonesia dari ujung Pulau Sumatera sepanjang Pulau Jawa, Bali, NTT, NTB menuju Kepulauan Banda, Halmahera, dan Pulau Sulawesi. Panjang jalur itu lebih dari 7.500 km dengan lebar berkisar 50-200 km dengan jumlah gunung api baik yang aktif maupun yang sudah tidak aktif berjumlah 150 buah. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di sepanjang jalur itu, terdapat 217 daerah prospek panas bumi. Potensi energi panas bumi total adalah 19.658 MW dengan rincian di Pulau Jawa 8.100 MW, Pulau Sumatera 4.885MW, dan sisanya tersebar di Pulau Sulawesi dan kepulauan lainnya. Sumber panas bumi yang sudah dimanfaatkan saat ini adalah 803 MW. Biasanya data energi panas bumi dapat dikelompokkan ke dalam data energi cadangan dan energi sumber (Kholiq, 2015).

- **Energi Air**

Indonesia memiliki potensi besar untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga air. Hal ini disebabkan kondisi topografi Indonesia bergunung dan berbukit serta dialiri oleh banyak sungai dan daerah - daerah tertentu mempunyai danau/waduk yang cukup potensial sebagai sumber energi air. Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) adalah salah satu teknologi yang sudah terbukti (proven), tidak merusak lingkungan, menunjang diversifikasi energi dengan memanfaatkan energi

terbarukan, menunjang program pengurangan pemanfaatan BBM, dan sebagian besar memakai kandungan lokal. Besar potensi energi air di Indonesia adalah 74.976 MW, sebanyak 70.776 MW ada di luar Jawa, yang sudah dimanfaatkan adalah sebesar 3.105,76 MW sebagian besar berada di Pulau Jawa.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) menggunakan tenaga air sebagai penggerak turbin sehingga menghasilkan listrik. *Hidro power* merupakan energi terbarukan terbesar yang digunakan sebagai sumber energi listrik. Hampir 150 negara di dunia menggunakan tenaga hidro sebagai sumber listrik. Di Indonesia, tenaga hidro menjadi sumber energi terbesar, terutama untuk penyediaan energi listrik melalui Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).

Terdapat beberapa unit serta komponen mikro hidro, diantaranya yaitu bendungan, saluran terbuka, bak penenang, pipa pesat, turbin dan rumah turbin, serta jaringan kabel pada generator turbin serta instalasi kabel rumah (Nugroho dan Sallata, 2015). Pemasangan instalasi dan penentuan tata letak tenaga hidro harus disesuaikan dengan karakteristik topografi, hidrologi dan geologi (Brown, 2011). Setiap tempat memiliki kondisi alam yang berbeda-beda sehingga perancangan tenaga hidro harus disesuaikan dengan kondisi alam senatural mungkin. Secara umum pemilihan lokasi harus mempertimbangkan debit air, biaya konstruksi, risiko serta dampak lingkungan dan social. Oleh karenanya dalam perancangan PLTMH perlu mengidentifikasi lokasi-lokasi dengan kapasitas daya air yang tinggi, serta lokasi yang cocok untuk struktur tenaga hidro. Debit aliran air serta perbedaan ketinggian mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan oleh PLTMH. Lokasi sungai harus memiliki air yang mengalir sepanjang tahun dengan debit sungai pada musim kemarau dan musim hujan relatif stabil (Setyono et al, 2019).

Pembangunan setiap jenis pembangkit listrik didasarkan pada kelayakan teknis dan ekonomis dari pusat listrik serta hasil studi analisis mengenai dampak lingkungan. Sebagai pertimbangan adalah tersedianya sumber energi tertentu, adanya kebutuhan (permintaan) energi listrik, biaya pembangkitan rendah, serta karakteristik spesifik dari setiap jenis pembangkit untuk pendukung beban dasar (base load) atau beban puncak (peak load) selain PLTA, energi mikrohidro

(PLTMH) yang mempunyai kapasitas 200-5.000 kW potensinya adalah 458,75 MW, sangat layak dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan tenaga listrik di daerah pedesaan di pedalaman yang terpencil ataupun pedesaan di pulau-pulau kecil dengan daerah aliran sungai yang sempit (Kholiq, 2015).

- **Energi Pasang Surut**

Energi pasang surut yaitu suatu energy yang memanfaatkan pasang surutnya air laut dan selama dua kali sehari ketika tingkat air laut pasang dan surut, maka akan menggerakkan volume air yang sangat banyak di sepanjang garis pantai. Energi pasang surut juga dapat dimanfaatkan sebagai penghasil listrik seperti tenaga air, namun dalam jumlah yang lebih besar. Cara kerja energy pasang surut sebagai penghasil listrik yaitu ketika air laut pasang, air laut dapat ditahan di belakang bendungan. Sedangkan, ketika air laut surut, maka akan terlihat perbedaan antara ketika air laut pasang dan surut dalam segi ketinggian air lautnya, kemudian air laut yang berada di belakang bendungan dapat mengalir melalui turbin dan menyebabkan turbin tersebut berputar. Berputarnya turbin inilah yang akan memproduksi listrik.

- **Energi Listrik Tenaga Sampah**

Pembangkit limbah menjadi energi menggunakan limbah sebagai sumber energi untuk menghasilkan listrik. Dibandingkan hanya membuang di Tempat Pembuangan Akhir (TPA), jumlah sampah kota akan lebih bermanfaat sebagai sumber listrik. Semua jenis sampah, baik sampah organik maupun anorganik, dapat menghasilkan listrik. Ada banyak jenis sampah yang diubah menjadi listrik, seperti pengomposan, metanasi, dan pembakaran.

Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTS), sama halnya dengan pembangkit yang lain. Namun yang membedakan jenis pembangkit ini adalah dengan menggunakan gas. Dimana, gas ini berasal dari sampah yang mengalami penguraian secara alami dengan proses anaerobik. Gas ini merupakan gas yang secara alami dimiliki oleh 24 setiap sampah dengan jenis organik. Sehingga pembangkit ini dinamakan pembangkit listrik tenaga sampah.

Pembangkit listrik tenaga sampah ini adalah pembangkit yang menggunakan gas dari landfill hasil dekomposisi sampah, yang kemudian akan dimanfaatkan gas metana yang terkandung didalamnya sebagai bahan bakar generator (gas engine), yang kemudian akan menghasilkan listrik.

a. Sampah Organik

Sampah organik atau sering disebut sebagai sampah yang basah adalah jenis sampah yang berasal dari sisa makhluk hidup, sehingga sampah jenis ini dapat mudah hancur dan membusuk dengan cara yang alami (Damanhuri, 2006).

Sampah organik dapat dikonversi menjadi energy listrik, baik melalui methanisasi maupun insenerasi, tetapi pada umumnya sampah organic dikonversi melalui proses methanisasi. Fermentasi sampah organic menghasilkan gas methan sebagai sumber pembangkit listrik.

b. Sampah Anorganik

Sampah anorganik atau sering disebut sebagai sampah yang kering adalah jenis sampah di mana zat penyusunan dari senyawayang non organik dan biasanya berasal dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui lagi seperti minyak bumi, proses industri dan mineral atau tambang (Damanhuri, 2006). Sampah anorganik hanya bisa dikonversi menjadi energi melalui insenerasi, karena kurang bisa menghasilkan metana. Insenerasi merupakan proses pengolahan buangan dengan cara pembakaran pada temperature yang sangat tinggi (>800 Derajat Celcius) untuk mereduksi timbunan yang tergolong mudah terbakar (*combustible*), yang sudah tidak dapat didaur ulang lagi (Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang, 2018). Insenerasi dapat mengurangi volume buangan padat domestic sampai 85-95% dan pengurangan berat sampai 70-80%.

• **Biogas**

Biogas merupakan gas hasil aktivitas biologi melalui fermentasi melalui proses anaerob. Dalam proses ini bakteri metana didukung bakteri terkait akan 5 mendekomposisikan senyawa organic untuk menghasilkan gas dengan komposisi yang didominasi oleh metana. Gas ini setiap saat dapat diproduksi apabila tersedia bahan baku dan mikroorganisme dengan kondisi yang sesuai. Dengan demikian

biogas merupakan energi terbarukan karena ketersediannya dapat diperbaharui (Rahman , 2001).

Biogas merupakan energi tanpa menggunakan material yang masih memilikimanfaat termasuk biomassa sehingga biogas tidak merusak keseimbangan karbondioksida yang diakibatkan oleh penggundulan hutan (deforestation) dan perusakan tanah. Energi biogas dapat berfungsi sebagai energi pengganti bahan bakar fosil sehingga akan menurunkan gas rumah kaca di atmosfer dan emisi lainnya. Metana merupakan salah satu gas rumah kaca yang keberadaannya di atmosfer akan meningkatkan temperatur, dengan menggunakan 6 biogas sebagai bahan bakar maka akan mengurangi gas metana di udara. Limbah berupa sampah kotoran hewan dan manusia merupakan material yang tidak bermanfaat, bahkan bisa mengakibatkan racun yang sangat berbahaya Aplikasi anaerobik digestion akan meminimalkan efek tersebut dan meningkatkannilai manfaat dari limbah. Selain keuntungan energi yang didapat dari proses anaerobik digestion denganmenghasilkan gas bio, produk samping seperti sludge. Material ini diperoleh darisisa proses anaerobik digestion yang berupa padat dan cair. Masing-masing dapat digunakan sebagai pupuk berupa pupuk cair dan pupuk padat (Susetyo dkk., 2010).

Biogas merupakan sumber energy yang bersih dan murah, diproduksi dari kotoran binatang melalui binatang melalui proses anaerobic yang merupakan kegiatan microbial organisme. Gas yang terjadi mengandung 70% metana. Biogas yang berdasarkan kotoran sapi sangat berpotensi lebih tinggi bila dibandingkan dengan biogas yang lain. Peternakan sapi di Indonesia khususnya Lampung berpotensi tinggi saat ini bahkan menjadi daerah dengan produksi sapi terbesar ke lima di Indonesia setelah Jawa Timur, Jawa Tengah, Sulawesi Selatan, dan Nusa Tenggara Barat. Data dari Dinas Peternakan dan Kesehatan Hewan (Disnakeswan) Lampung, hingga Juli 2011 saja, populasi sapi potong di Lampung mencapai 728.442 ekor. Sementara kebutuhan pemotongan sapi di Lampung setiap tahunnya hanya 45 ribu - 50 ribu.

Pada dasarnya, segala kotoran binatang dapat digunakan sebagai bahan baku biogas, termasuk kotoran manusia. Hanya saja teknologi terbentur oleh asas

kepentingan dari masyarakat. Sampah organik juga dapat digunakan sebagai bahan pokok pembuatan gas. Jika sampah organik dijadikan sebagai bahan dasar biogas reaktor biogas dapat ditempatkan di tempat penampungan akhir (TPA) sampah.

Semua bahan organik yang terdapat dalam tanaman, karbohidrat, selulosa adalah salah satu bahan baku sebagai bahan pembuat biogas karena bahan tersebut mudah dicerna. Selulosa secara normal mudah dicerna oleh bakteri, tetapi dari berbagai tanaman sedikit sulit didegradasikan bila dikombinasikan dengan lignin. Lignin adalah molekul kompleks yang memiliki bentuk rigid dan struktur ber kayu dari tanaman, dan bakteri hampir tidak dapat mencernanya. Jerami mengandung banyak lignin dan dapat masalah apabila digunakan sebagai bahan pembuat biogas karena akan mengapung dan membentuk lapisan keras (Meynell, 1976).

Adapun keuntungan dari biogas adalah sebagai berikut:

1. Biogas merupakan energi tanpa menggunakan material yang masih memiliki manfaat termasuk biomassa sehingga biogas tidak merusak keseimbangan karbondioksida yang diakibatkan oleh penggundulan hutan (deforestation) dan perusakan tanah.
2. Energi biogas dapat berfungsi sebagai energi pengganti bahan bakar fosil sehingga akan menurunkan gas rumah kaca dan atmosfer dan emisi lainnya.
3. Metana merupakan salah satu gas rumah kaca yang keberadaannya di atmosfer akan meningkatkan temperatur, dengan menggunakan biogas sebagai bahan bakar maka akan mengurangi gas metana di udara.
4. Limbah berupa sampah kotoran hewan dan manusia merupakan material yang tidak bermanfaat, bahkan bisa mengakibatkan racun yang sangat berbahaya. Aplikasi anaerobik digestion akan meminimalkan efek tersebut dan meningkatkan nilai manfaat dari limbah.
5. Biogas dapat digunakan untuk menggantikan bahan bakar konvensional yang sudah umum digunakan seperti minyak tanah (kerosene) atau kayu bakar, serta penggunaan biogas juga menyelamatkan lingkungan dari pencemaran dan mengurangi kerusakan lingkungan hidup. f. Biogas juga menjadi hal penting dalam isu pemanasan global karena gas metan sebagai kandungan utama dalam

biogas memberikan efek rumah kaca (green house gases) yang 21 kali lebih bersifat polutan daripada gas CO₂

6. Biogas adalah gas mudah terbakar (flammable) yang dihasilkan dari proses penguraian bahan organik oleh bakteri yang hidup dalam kondisi kedap udara (bakteri anaerob) terhadap limbah-limbah organik baik di digester (pencerna) anaerob maupun di tempat pembuangan akhir sampah (sanitary landfill). Gas ini sering dimanfaatkan untuk pemanas, memasak, pembangkit listrik dan transportasi.

Berikut ini merupakan Tahapan Proses Pembentukan Biogas:

Dekomposisi anaerobik pada biopolymer organik menjadi gas metan dilakukan oleh mikroba. Secara umum dekomposisi ini dapat digolongkan dalam empat tahapan reaksi, yaitu hidrolisis, asidogenesis, asetogenesis dan metanogenesis. Reaksi metabolisme ini memiliki jalur yang cukup kompleks terutama pada tahap asidogenesis.

1. Hidrolisis

Dalam tahap hidrolisis terjadi pemecahan secara enzimatik dari bahan yang tidak mudah larut seperti lemak, polisakarida, protein, asam nukleat, dan lain-lain menjadi bahan yang mudah larut (Yani dan Darwis, 1990). Pada tahap ini terjadi penguraian bahan-bahan organik mudah larut dan bahan pencernaan bahan organik yang kompleks menjadi sederhana, perubahan struktur bentuk polimer menjadi bentuk monomer (Mara, 2012).

2. Asidogenesis

Pada tahap asidogenesis bakteri menghasilkan asam, mengubah senyawa rantai pendek hasil proses pada tahap hidrolisis menjadi asam asetat, hydrogen dan karbondioksida. Bakteri tersebut merupakan bakteri anaerobik yang dapat tumbuh dan berkembang pada keadaan asam. Faktor terpenting dalam proses asidogenesis adalah asam asetat, asam propionate, 11 asam butirrat, karbon dioksida, H₂, dan CO₂. Selain itu dihasilkan sejumlah kecil asam formiat, asam laktat, asam valerat, metanol, etanol, butadienol, dan aseton (Amaru, 2004).

Bakteri pembentuk asam biasanya dapat bertahan terhadap perubahan kondisi yang mendadak daripada bakteri penghasil metan. Bakteri ini jika dalam kondisi anaerobik mampu memproduksi makanan pokok untuk penghasil metan dan aktifitas enzim yang dihasilkan terhadap protein dan amino akan membebaskan garam-garam amino yang merupakan satusatunya sumber nitrogen yang dapat diterima oleh bakteri penghasil metan.

Pada tahap pengasaman komponen monomer (gula sederhana) yang terbentuk pada tahap hidrolisis akan menjadi bahan makanan bagi bakteri pembentuk asam. Produk akhir dari perombakan gula-gula sederhana ini yaitu asam asetat propionat, format, laktat, alkohol dan sedikit butirir, gas karbon dioksida, hidrogen dan amonia (Mara, 2012). Tidak semua produk dari asetogenesis dapat digunakan secara langsung pada tahap metanogenesis. Alkohol dan asam volatil rantai pendek tidak dapat langsung digunakan sebagai substrat pembentuk metan, tetapi harus dirombak dahulu oleh bakteri asetogenesis menjadi asetat, H₂ dan CO₂. Asam lemak yang teruapkan dari hasil asidogenesis akan digunakan sebagai energi oleh beberapa bakteri obligat anaerobik. Tetapi bakteri- bakteri tersebut hanya mampu mendegradasi lemak menjadi asam asetat. Produk yang dihasilkan ini menjadi substrat pada tahap pembentukan gas metan oleh bakteri metanogenik. Setelah asidogenesis dan asetogenesis, diperoleh asam asetat, hidrogen, dan karbondioksida yang merupakan hasil degradasi anaerobic bahan organik (Amaru, 2004).

3. Metanogenesis

Metanogenesis merupakan tahap terakhir dari semua tahap konversi anaerobik dari bahan organik menjadi metan dan karbondioksida. Pada tahap awal pertumbuhanya, bakteri metanogenik bergantung pada ketersediaan nitrogen dalam bentuk ammonia dan jumlah substrat yang digunakan pada tahap metanogenesis, bakteri metanogenik mensintesis senyawa dengan berat molekul rendah menjadi senyawa dengan berat molekul tinggi. Sebagai contoh bakteri ini menggunakan hidrogen, CO₂, dan asam asetat untuk membentuk metana dan CO₂. Bakteri penghasil asam dan gas metana bekerja sama secara simbiosis. Bakteri ini membentuk keadaan lingkungan yang ideal untuk bakteri penghasil metana. Sedangkan bakteri pembentuk gas metana

menggunakan asam yang dihasilkan dari bakteri penghasil asam tanpa adanya proses simbiotik tersebut, akan menciptakan kondisi toksik bagi mikroorganisme penghasil asam (Susetyo dkk., 2010).

Menurut (Yani dan Darwis, 1990), pembentukan metana oleh bakteri membutuhkan sejumlah energi dan tergantung pada asetat dan CO₂ yang terlarut sebagai sumber karbon dan sumber pengoksidasi sebagai pengganti oksigen. Bakteri yang bekerja dalam tahap metanogenesis adalah bakteri metanogenik, seperti metanobakterium melianski dan metanobakterium ruminantium. Bakteri ini menggunakan substrat sederhana yang berisi asetat atau komponen-komponen karbon tunggal, seperti karbondioksida, hidrogen, asam format, metanol, metilamin, dan karbonmonoksida.

- **Biomassa**

Biomassa didefinisikan sebagai bahan organik, tersedia secara terbarukan, yang diproduksi langsung atau tidak langsung dari organisme hidup tanpa kontaminasi dari zat lain atau limbah. Biomassa termasuk residu hutan dan pabrik, tanaman pertanian dan limbah, kayu dan kayu limbah, kotoran hewan, residu operasi ternak, tanaman air, cepat tumbuh pohon dan tanaman, sampah kota dan industry (Diji, 2013).

Biomassa merupakan bahan-bahan organik berumur relatif muda dan berasal dari tumbuhan, hewan, produk dan limbah industri budidaya (pertanian, perkebunan, kehutanan, peternakan, perikanan). Unsur utama dari biomassa adalah bermacam-macam zat kimia (molekul) yang sebagian besar mengandung atom karbon (C). Biomassa secara garis besar tersusun dari selulosa dan lignin (sering disebut lignin selulosa). Komposisi elementer biomassa bebas abu dan bebas air kira-kira 53% massa karbon, 6% hidrogen dan 42% oksigen, serta sedikit nitrogen, fosfor dan belerang (biasanya masing-masing kurang dari 1%). Kadar abu kayu biasanya kurang dari 1% (Supriyatno dan Crishna, 2010).

Keunggulan lain dari biomassa adalah harganya yang lebih murah dibandingkan dengan sumber energi lainnya. Kondisi ini dapat terjadi karena jumlahnya yang sangat melimpah dan umumnya merupakan limbah dari suatu aktivitas masyarakat. Energi yang dikandungnya masih sangat potensial untuk

dimanfaatkan terutama dalam rangka membangkitkan energi panas. Biomassa juga dikategorikan sebagai bahan bakar karbon netral (Supriyatno dan Crishna, 2010).

Biomassa merupakan bahan organik yang dihasilkan baik berupa produk atau buangan. Bahan ini diantaranya kotoran ternak, tanaman, rumput, limbah pertanian, limbah hutan, dan tinja. Selain digunakan untuk tujuan primer seperti serat, pakan ternak, miyak nabati, bahan bangunan dan bahan pangan. Biomassa bisa digunakan sebagai sumber energi yaitu bahan bakar yang memiliki nilai ekonomisnya rendah atau limbah setelah diambil produk primernya (Pari dan hartoyo, 1983).

Energi biomassa dapat menjadi sumber energi alternatif pengganti bahan bakar fosil (minyak bumi) karena beberapa sifatnya yang menguntungkan yaitu, dapat dimanfaatkan secara lestari karena sifatnya yang dapat diperbaharui (renewable resources), dan dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya hutan dan pertanian (Widardo dan Suryanta, 1995).

Potensi biomassa di Indonesia cukup tinggi. Hutan di Indonesia yang sangat luas, setiap tahun diperkirakan terdapat limbah kayu sebanyak 25 juta ton yang terbuang dan belum dimanfaatkan. Besar energi yang terkandung dalam kayu itu tinggi, yaitu 100 milyar kkal pertahun. Bahan dari sekam padi, tongkol jagung, dan tempurung kelapa yang merupakan limbah pertanian dan perkebunan, juga memiliki potensi yang besar.

Biomassa adalah jumlah total bahan organik hidup di atas tanah dalam pohon yang dinyatakan dalam berat kering oven dalam ton per unit area. Jumlah biomassa dalam hutan merupakan selisih antara produksi melalui fotosintesis dan konsumen melalui respirasi. Data dan informasi mengenai biomassa suatu ekosistem menunjukkan tingkat produktifitas ekosistem tersebut. Dari segi ekologi, data biomassa hutan berguna untuk mempelajari aspek fungsional dari suatu ekosistem hutan, seperti produk primer, siklus hara dan aliran energi. Dari segi manajemen hutan secara praktis, data biomassa hutan sangat penting untuk perencanaan perusahaan khususnya dalam penetapan tujuan manajemen pengelolaan hutan (Sutiono. 1992)

Peningkatan penyerapan cadangan karbon dapat dilakukan dengan (a) meningkatkan pertumbuhan biomassa hutan secara alami, (b) menambah cadangan kayu pada hutan yang ada dengan penanaman pohon atau mengurangi pemanenan kayu, dan (c) mengembangkan hutan dengan jenis pohon yang cepat tumbuh karbon yang diserap oleh tanaman disimpan dalam bentuk biomassa kayu, sehingga cara yang paling mudah untuk meningkatkan cadangan karbon adalah menanam dan memelihara pohon (Rahayu, Betha L, dan Van Meine 2004).

Faktor iklim seperti suhu dan curah hujan merupakan faktor yang mempengaruhi laju peningkatan biomassa pohon (Kusmana, 1993). Selain curah hujan dan suhu yang mempengaruhi besarnya biomassa yang dihasilkan adalah umur dan kerapatan tegakan, komposisi dan struktur tegakan, serta kualitas tempat tumbuh (Satoo dan Madgwick, 1982). Semakin tinggi suhu akan menyebabkan kelembaban udara relatif semakin berkurang. Kelembaban udara relatif bisa mempengaruhi laju fotosintesis. Hal ini disebabkan kelembaban udara relatif yang tinggi akan memiliki tekanan uap air parsial yang lebih tinggi dibanding dengan tekanan udara parsial CO₂, sehingga memudahkan uap air berdifusi melalui stomata. Akibat selanjutnya laju fotosintesis akan menurun.

Biomassa tegakan hutan dipengaruhi oleh umur tegakan hutan, sejarah perkembangan vegetasi, komposisi dan struktur tegakan, kondisi iklim setempat terutama temperatur dan curah hujan. Biomassa tumbuhan tanaman bertambah karena tumbuhan / tanaman menyerap CO₂ dari udara dan mengubahnya menjadi bahan organik melalui proses fotosintesis, tumbuhan / tanaman juga melakukan respirasi yang melepaskan CO₂ ke udara. Laju pengikatan biomassa merupakan selisih antara produksi (fotosintesis) dan konsumsi (respirasi) disebut produktivitas primer bruto (Satoo 1982).

Biomassa hutan sangat relevan dengan isu perubahan iklim. Biomassa hutan berperan penting dalam siklus biogeokimia terutama dalam siklus karbon. Dari keseluruhan karbon hutan, sekitar 50% diantaranya tersimpan dalam vegetasi hutan. Sebagai konsekuensi, jika terjadi kerusakan hutan, kebakaran, pembalakan dan sebagainya akan menambah jumlah karbon di atmosfer (Ariani dan Wahid 2014).

Dinamika karbon di alam dapat dijelaskan secara sederhana dengan siklus karbon. Siklus karbon adalah siklus biogeokimia yang mencakup pertukaran/perpindahan karbon diantara biosfer, pedosfer, geosfer, hidrosfer dan atmosfer bumi. Siklus karbon sesungguhnya merupakan suatu proses yang rumit dan setiap proses saling mempengaruhi proses lainnya (Damayanti, 2007).

Hutan, tanah laut dan atmosfer semuanya menyimpan karbon yang tersimpan secara dinamis diantara tempat-tempat penyimpanan tersebut panjang waktu. Tempat penyimpanan ini disebut dengan kantong karbon aktif (active carbon pool). Penggundulan hutan akan mengubah kesetimbangan carbon dengan meningkatkan jumlah karbon yang berada di atmosfer dan mengurangi karbon yang tersimpan di hutan, tetapi hal ini tidak menambah jumlah keseluruhan karbon yang tersimpan di hutan, tetapi hal ini tidak menambah jumlah keseluruhan karbon yang berinteraksi dengan atmosfer (Asril. 2009).

Simpan karbon lain yang penting adalah deposit bahan bakar fosil. Simpanan karbon ini tersimpan jauh di dalam perut bumi dan secara alami terpisah dari siklus karbon di atmosfer, kecuali jika simpanan tersebut di ambil dan di lepaskan ke atmosfer ketika bahan-bahan tersebut dibakar. Semua pelepasan karbon dari simpanan ini akan menambah karbon yang beebeda di kantong karbon aktif (active carbon pool). Apa yang terjadi saat ini selain kerusakan hutan, adalah begitu tingginya laju pembakaran bahan bakar fosil sehingga jumlah karbon yang berbeda di atmosfer meningkat dengan pesat (Hairiyah dan Rahayu 2007).

Tumbuhan akan mengurangi karbon di atmosfer (CO₂) melalui proses fotosynthesis dan penyimpantumbuhan nya dalam jaringan. Sampai waktunya karbon tersebut tersiklus kembali ke atmosfer, karbon tersebut akan menempati salah satu dari sejumlah katong. Semua komponen penyusun vegetasi baik pohon, semak, liana dan epifit merupakan bagian dari biomassa atas permukaan. Di bawah permukaan tanah tanah, akar tumbuh juga merupaakan bagan dari biomassa atas permukaan. Di bawah permukaan tanah, akar tumbuhan juga merupakan penyimpanan karbon selain tanah itu sendiri. Pada tanah gambut, jumlah simpanan karbon mungkin lebih besar di dibandingkan dengan simpanan

karbon yang ada di atas permukaan tanah. Karbon juga masih tersimpan pada bahan organik mati dan produk-produk berbasis biomassa seperti produk kayu baik ketika masih dipergunakan maupun sudah berada di tempat penimbunan. Carbon dapat tersimpan dalam kantong karbon dalam periode yang lama atau hanya sebentar. Peningkatan jumlah karbon yang tersimpan dalam karbon pool ini mewakili jumlah carbon yang tererap dari atmosfer (Alreza. 2014).

- **Energi Gambut**

Gambut adalah jenis tanah yang terbentuk dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan yang setengah membusuk. Oleh sebab itu, kandungan bahan organiknya tinggi. Komponen organik berupa karbon hidrogen yang terkandung di dalam gambut adalah komponen yang sangat penting dalam pemanfaatan gambut sebagai bahan energi. Salah satu sumber energi terbarukan dari gambut adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap Gambut (PLTU Gambut) yang dinyatakan ramah lingkungan di Daerah Kalimantan. Gambut memiliki komponen Fe₂O akan menurunkan titik lebur abu juga rendahnya kandungan sulfur sebesar 0,05% sampai 0,20% sehingga akan sangat menguntungkan dari aspek lingkungan. Titik lebur yang dimiliki oleh gambut sendiri adalah kurang dari 3%. Kandungan kalori yang dimilikinya adalah sebesar 1.330 kJ/Nm³ sampai 1.370,6 kJ/Nm³.

Bab III. GAMBARAN UMUM WILAYAH

3.1 Gambaran Umum Kota Pontianak

3.1.1 Keadaan Geografis

Kota Pontianak merupakan ibukota Provinsi Kalimantan Barat. Luas wilayah Kota Pontianak mencapai 107,82 km² yang terdiri atas 6 Kecamatan dan 29 kelurahan. Kota Pontianak terletak pada 0° 02' 24" Lintang Utara sampai dengan 0° 05' 37" Lintang Selatan, dan 109° 16' 25" Bujur Timur sampai dengan 109° 23' 01" Bujur Timur. Berdasarkan garis lintang, maka Kota Pontianak dilalui garis katulistiwa. Ketinggian Kota Pontianak berkisar antara 0,10 meter sampai 1,50 meter diatas permukaan laut. Wilayah Kota Pontianak secara keseluruhan berbatasan dengan wilayah Kabupaten Pontianak dan Kabupaten Kubu Raya, yaitu:

- Bagian Utara : Kecamatan Siantan Kabupaten Mempawah
- Bagian Selatan : Kecamatan Sungai Raya dan Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya
- Bagian Barat : Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya
- Bagian Timur : Kecamatan Sungai Raya dan Kecamatan Sungai Ambawang Kabupaten Kubu Raya.

Kecamatan di Kota Pontianak yang mempunyai wilayah terluas adalah Kecamatan Pontianak Utara (34,52 persen), diikuti oleh Kecamatan Pontianak Barat (15,25 persen), Kecamatan Pontianak Kota (14,39 persen), Kecamatan Pontianak Tenggara (13,75 persen), Kecamatan Pontianak Selatan (13,49 persen) dan Kecamatan Pontianak Timur (8,14 persen). Di dalam wilayah Kota Pontianak banyak terdapat sungai dan parit yang keseluruhannya berjumlah 55 sungai/parit. Sungai/parit tersebut dimanfaatkan oleh sebagian masyarakat untuk keperluan sehari-hari dan sebagai penunjang sarana transportasi.

Di dalam wilayah Kota Pontianak banyak terdapat sungai dan parit yang keseluruhannya berjumlah 61 sungai/parit. Sungai/parit tersebut dimanfaatkan

oleh sebagian masyarakat untuk keperluan sehari-hari dan sebagai penunjang sarana transportasi.

3.1.2 Topografi

Kota Pontianak terletak di Delta Sungai Kapuas dengan kontur topografis yang relatif datar dengan ketinggian permukaan tanah antara berkisar antara 0.1 s/d 1.5 meter di atas permukaan laut. Dengan ketinggian permukaan wilayah tersebut, maka kota Pontianak sangat dipengaruhi oleh pasang surut air sungai sehingga mudah tergenang. Ketinggian air dari permukaan tanah pada saat banjir di wilayah kota rata-rata 50 cm. Pada pengamatan pasang surut melalui alat ukur (pada koordinat 0000'5" LU dan 109002'20" BT) diperoleh titik pasang tertinggi sebesar 2,42 meter, titik pasang terendah sebesar 0,07 meter dan muka laut rata-rata maksimal 0,89 meter).

Kota Pontianak terbelah menjadi tiga daratan dipisahkan oleh Sungai Kapuas Besar, Sungai Kapuas Kecil dan Sungai Landak dengan lebar 400 meter, kedalaman antara 12 sampai dengan 16 meter, sedangkan cabangnya mempunyai lebar sebesar 250 meter. Sungai ini selain sebagai pembagi wilayah fisik kota juga berfungsi sebagai pembatas perkembangan wilayah yang mempunyai karakteristik berbeda. Kurangnya jaringan penghubung yang dapat mengkoneksikan antar ketiga bagian wilayah Kota Pontianak menyebabkan wilayah kota seperti terkotak-kotak dengan fungsi dan perkembangan yang berbeda-beda sehingga infrastruktur pendukungnya seperti jaringan jalan dan jembatan sangat berperan dalam mengimbangi perkembangan wilayah kota.

3.1.3 Iklim

Hasil pencatatan dari Stasiun Meteorologi Maritim Pontianak menunjukkan bahwa pada tahun 2021 temperatur udara minimum di Kota Pontianak mencapai 20,8°C, sedangkan suhu maksimum mencapai 35,6 °C, dan rata-rata tekanan udaranya sebesar 1011,0 milibar.

Rata-rata kecepatan angin di Kota Pontianak sebesar 2,3 knot dengan kecepatan angin terbesar terjadi pada Bulan April yaitu sebesar 28 knot. Selama tahun 2021

hari hujan terbanyak terjadi pada Bulan Januari yaitu sebanyak 24 hari dengan curah hujan sebesar 299,7 mm.

3.1.4 Jenis Tanah dan Keadaan Lapisan Tanah

Jenis-jenis tanah disepanjang sungai-sungai merupakan pengendapan yang menghasilkan daerah *tropaquent* dibarengi dengan *tropofluevent* dan dalam kondisi tersaturasi permanen *fluvaquent*. *Tropofluevent* dan *fluvaquent* berasal dari endapan akresi baru dari berbagai komposisi dan bentuk termasuk materi organik. Sabuk *tropaquent* melebar ke arah selatan mencapai pusat Kota Pontianak dan sungai Kapuas di dekatnya.

Jenis tanah di Kota Pontianak terdiri dari jenis tanah Organosol, Gley, Humus dan Aluvial dengan karakteristik masing-masing berbeda satu dengan yang lainnya. Pada wilayah tanah yang bergambut ketebalan gambut dapat mencapai 1 – 6 meter, sehingga menyebabkan daya dukung tanah yang kurang baik apabila diperuntukkan untuk mendirikan bangunan besar ataupun untuk menjadikannya sebagai lahan pertanian.

1. Aluvial

Jenis tanah Aluvial disebut juga sebagai tubuh tanah endapan. Jenis tanah ini masih muda, belum mengalami perkembangan, berasal dari bahan induk aluvium. Secara keseluruhan tanah aluvial mempunyai sifat fisika kurang baik sampai sedang, tekstur beraneka ragam, struktur tanahnya pejal atau tanpa struktur, serta konsistensinya keras waktu kering dan teguh waktu lembab. Sifat kimia dari tanah jenis ini sedang sampai baik, reaksi tanahnya masam sampai netral, kandungan bahan organiknya rendah, kandungan unsur haranya relatif kaya dan banyak tergantung pada bahan induknya, kesuburan tanahnya sedang sampai tinggi. Penyebarannya di daerah dataran aluvial sungai (hasil dari lumpur yang mengendap), dataran aluvial pantai, dan daerah cekungan (depresi).

2. Organosol Gley Humus atau Tanah Gambut atau Tanah Organik

Jenis tanah ini berasal dari bahan induk organik seperti dari hutan rawa atau rerumput rawa, dengan ciri dan sifat: tidak terjadi deferensiasi horizon secara jelas, ketebalan lebih dari 0.5 meter, warna coklat hingga kehitaman, tekstur debu lempung, tidak berstruktur, konsistensi tidak lekat-agak lekat, kandungan organik lebih dari 30% untuk tanah tekstur lempung dan lebih dari 20% untuk tanah tekstur pasir, umumnya bersifat sangat asam (pH 4.0), kandungan unsur hara rendah.

Berdasarkan penyebaran topografinya, tanah gambut dibedakan menjadi tiga yaitu:

- a. Gambut ombrogen: terletak di dataran pantai berawa, mempunyai ketebalan 0.5-16 m, terbentuk dari sisa tumbuhan hutan dan rumput rawa, hampir selalu tergenang air, bersifat sangat asam;
- b. Gambut pegunungan: terbentuk di daerah topografi pegunungan, berasal dari sisa tumbuhan yang hidupnya di daerah sedang (vegetasi spagnum).
- c. Gambut topogen: terbentuk di daerah cekungan (depresi) antara rawa-rawa di daerah dataran rendah dengan di pegunungan, berasal dari sisa tumbuhan rawa, mempunyai ketebalan 0.5-6 m, bersifat agak asam, kandungan unsur hara relatif lebih tinggi; dan

Berdasarkan susunan kimianya tanah gambut dibedakan menjadi:

- a. Gambut oligotrop, bersifat sangat asam, miskin O₂, miskin unsur hara, biasanya selalu tergenang air;
- b. Gambut eutrop, bersifat agak asam, kandungan O₂ serta unsur haranya lebih tinggi;
- c. Mesotrop, peralihan antara eutrop dan oligotrop.

3.1.5 Geologi

Kondisi geologi di Kota Pontianak termasuk ke dalam kategori wilayah peneplant dan sedimen alluvial yang secara fisik merupakan jenis tanah liat. Jenis

tanah ini berupa gambut bekas endapan lumpur sungai Kapuas. Dengan kondisi tersebut, tanah yang ada sangat labil dan mempunyai daya dukung sangat rendah.

Kondisi geologi di Kota Pontianak terdiri dari jenis batuan endapan Alluvium dan Litoral yang masing-masing memiliki karakteristik sedikit berbeda. Batuan endapan Alluvium tersusun dari sediment, clastic dan alluvium dan merupakan hasil dari endapan terrestrial alluvium. Sedangkan batuan endapan litoral tersusun dari sediment, clastic dan fine dan merupakan hasil dari endapan litoral dan estuary. Sebagian besar wilayah Kota Pontianak tersusun dari formasi jenis batuan alluvial, hanya bagian Pontianak Utara yang sebagian wilayahnya tersusun dari formasi tanah litoral.

3.2 Kependudukan

3.2.1 Penduduk

Jumlah penduduk Kota Pontianak pada tahun 2021 sebanyak 663.713 jiwa, dimana untuk setiap kilometer persegi wilayahnya rata-rata dihuni oleh 5.610 jiwa. Kecamatan Pontianak Barat merupakan wilayah dengan kepadatan penduduk terbesar yaitu dihuni oleh 9.104 jiwa per km², sedangkan wilayah kecamatan yang kepadatannya paling kecil adalah Kecamatan Pontianak Tenggara dengan tingkat kepadatan penduduknya sebesar 3.037 jiwa per km².

Laju Pertumbuhan Penduduk di Kota Pontianak pada periode 2020- 2021 adalah 1,02 persen. Kecamatan dengan laju pertumbuhan tertinggi adalah kecamatan Pontianak Timur yaitu 2,02 persen per tahun.

Perbandingan antara banyaknya penduduk laki-laki dan perempuan di Kota Pontianak menunjukkan jumlah yang cukup berimbang, hal ini dapat dilihat dari Sex Ratio sebesar 100,08. Ini berarti terdapat 100 hingga 100 penduduk laki-laki untuk setiap 100 penduduk perempuan.

Tabel 3. 1 Jumlah Penduduk Kota Pontianak 2021

No	Kecamatan	Penduduk			Rasio Jenis
		Laki-laki	Perempuan	Jumlah	Kelamin
1.	Pontianak Timur	54.013	53.373	107.386	101,20
2.	Pontianak Tenggara	24.411	24.696	49.107	98,85
3.	Pontianak Barat	73.976	73.875	147.851	100,14
4.	Pontianak Selatan	45.084	45.837	90.921	98,36
5.	Pontianak Utara	72.450	71.783	145.233	102,32
6.	Pontianak Kota	61.058	62.157	123.215	98,23
Jumlah		331.992	331.721	663.713	100,08

Sumber: Kota Pontianak Dalam Angka Tahun 2021

Jumlah penduduk terbanyak berada di Kecamatan Pontianak Barat yang jumlahnya 147.851 jiwa dari total jumlah penduduk di Kota Pontianak yaitu 663.713 jiwa.

Tabel 3. 2 Kepadatan Penduduk Kota Pontianak Tahun 2021

No	Kecamatan	Persentase Penduduk	Kepadatan Penduduk per km ²
1.	Pontianak Timur	16,06%	8.816
2.	Pontianak Tenggara	7,46%	3.038
3.	Pontianak Barat	22,27%	9.033
4.	Pontianak Selatan	13,79%	5.499
5.	Pontianak Utara	21,74%	3.462
6.	Pontianak Kota	18,68%	7.680
Jumlah		100%	5.567

Sumber: Kabupaten Kubu Raya Dalam Angka Tahun 2021

Penyebaran penduduk Kota Pontianak tidak merata antara kecamatan satu dengan lainnya. Dengan total kepadatan penduduk di Kota Pontianak yaitu sebanyak 5.567 jiwa per km², kecamatan yang memiliki jumlah penduduk terpadat adalah Kecamatan Pontianak Barat, yaitu 9.033 jiwa per km². Sedangkan kecamatan yang jarang penduduknya adalah Kecamatan Pontianak Tenggara, yaitu sebanyak 3.038 jiwa per km².

3.2.2 Pertanian

Selama tahun 2021, luas panen Padi yang tercatat di Kota Pontianak adalah seluas 198,4 ha, jumlah ini meningkat dari tahun sebelumnya yakni seluas 177 ha. Luas panen padi di Kota Pontianak sebagian besar berada di Kecamatan Pontianak Barat dan Kecamatan Pontianak Utara, yaitu secara berturut-turut seluas 100 ha dan 63,2 ha.

Khusus untuk tanaman sayur- sayuran, tampak bahwa tanaman Kangkung dan Bayam merupakan komoditi yang dominan di Kota Pontianak, dimana pada tahun 2021, produksi masing-masing tanaman tersebut adalah sebesar 21,044 kuintal dan 10,702 kuintal. Berdasarkan hasil yang didapat bahwa Kecamatan Pontianak Utara merupakan kecamatan penghasil sayuran terbesar di Kota Pontianak.

3.2.3 Peternakan

Data yang disajikan pada subbab ini meliputi ternak besar (sapi potong, sapi perah), ternak kecil (kambing dan babi) serta Unggas (ayam kampung, ayam petelur, ayam pedaging, dan itik. Pada tahun 2021, Dinas Pangan, Pertanian, dan Perikanan Kota Pontianak mencatat bahwa populasi sapi potong mencapai 2.392 ekor, kambing 1.825 ekor, dan babi 1.540 ekor.

Untuk ternak unggas, ayam pedaging merupakan populasi yang terbesar dibandingkan dengan unggas lainnya, yaitu mencapai 4.440.959 ekor, sedangkan ayam kampung dan itik masing-masing sebanyak 18.313 ekor dan 6.597 ekor.

3.2.4 Perindustrian

Data Industri Kota Pontianak ini bersumber pada data yang dikumpulkan melalui survey Perusahaan Industri Besar dan sedang tahunan Badan Pusat Statistik, dimana kategori industry yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Industri Besar mempunyai tenaga kerja 100 orang atau lebih
2. Industri Sedang dengan tenaga kerja 20-99 orang
3. Industri Kecil dengan tenaga kerja 5-19 orang
4. Industri Makro dengan tenaga kerja 1-4 orang

Jumlah perusahaan Industri Besar Sedang di Kota Pontianak pada kondisi terakhir tahun 2021 adalah sebanyak 35 perusahaan, 22 perusahaan diantaranya terletak di Kecamatan Pontianak Utara, 4 perusahaan di Kecamatan Pontianak Selatan dan Kecamatan Pontianak Kota, 3 perusahaan di Kecamatan Pontianak Timur, dan 2 perusahaan di Kecamatan Pontianak Barat.

Jumlah tenaga kerja yang diserap oleh perusahaan Industri Besar Sedang didapatkan dari hasil survei N+1, sehingga data terakhir untuk jumlah tenaga kerja perusahaan Industri Besar Sedang yang didapatkan adalah data tahun 2020 yang surveinya dilaksanakan pada tahun 2021. Pada tahun 2020, jumlah tenaga kerja Industri Besar Sedang Manufaktur ada sebanyak tersebut berjumlah 2.588 orang.

3.2.5 Energi

Berdasarkan data yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Wilayah Kalimantan Barat Area Pontianak, bahwa pada kondisi akhir tahun 2021 yakni Bulan Desember, ada sebanyak 347.951 pelanggan yang tercatat di PT. PLN. Pelanggan ini meliputi Rumah Tangga, Industri, Perkantoran, Bisnis, Sosial, dan pelanggan Prabayar.

Produksi listrik PLN yang terjual selama tahun 2021 adalah sebanyak 1.137.427.074 KWH, dimana golongan pelanggan yang paling banyak menggunakan listrik PLN adalah golongan rumah tangga dengan konsumsi listrik sebanyak 55,18 persen dari total listrik yang diproduksi PLN, sedangkan pelanggan listrik kelas industri hanya mengkonsumsi listrik sebesar 10,42 persen.

3.3 Potensi Energi Terbarukan Di Kota Pontianak

a. Energi Air

Air adalah salah satu bentuk energi yang tersedia di alam, Pembangkit Listrik Tenaga Air mengkonversikan energi air menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin air. Cara kerjanya cukup sederhana, energi air yang memutar turbin air, diteruskan untuk memutar alternator, sehingga akan menghasilkan energi listrik (Jatmiko, dkk, 2012). Untuk memutar bilah turbin diperlukan aliran air yang cukup kuat. Aliran air ini biasanya diperoleh jika terdapat terjunan berupa air terjun atau riam dengan tinggi jatuh > 1 meter sampai 200 meter (Dietzel, 1993). Kota Pontianak yang terletak di Delta Sungai Kapuas memiliki kontur topografis yang relatif datar, sehingga tidak terdapat terjunan atau aliran air yang cukup kuat yang bisa digunakan untuk memutar turbin.

Ada 2 jenis turbin yang biasa digunakan untuk pembangkit listrik tenaga air, yaitu turbin impuls dan turbin reaksi. Untuk bisa menggunakan turbin impuls diperlukan aliran air dengan kecepatan minimal 1 m/s. Satu-satunya sungai yang dapat menjadi sumber energi adalah sungai kapuas kecil dan sungai kapuas besar. Keduanya memiliki kecepatan aliran air sebesar < 1 m/s. Kecepatan tersebut lebih rendah dari pada kecepatan minimal yang diperlukan untuk memutar turbin. Oleh karena itu, penggunaan energi air sebagai energi terbarukan di Kota Pontianak memiliki potensi yang sangat kecil.

b. Energi Angin

Menurut penelitian dari Andi Ihwan dan Ibrahim Sota (2010) dapat diketahui bahwa kecepatan angin di Kota Pontianak sangat berfluktuasi. Potensi energi yang didapat tertinggi pada bulan Juni sebesar 4,82 kw dan yang terendah pada bulan Januari sebesar 3,21 kw.

Selain itu berdasarkan penelitian dari Zora Ulva Adlina (2018) diketahui juga bahwa kecepatan angin di Kota Pontianak tergolong rendah yaitu berkisar 2 – 3 m/s, dengan potensi listrik yang dihasilkan sebesar 230 watt/hari.

Tabel 3. 3 Kecepatan angin, daya angin dan daya turbin di Kota Pontianak

No	Lokasi	Kecepatan angin rata-rata (m/detik)	Kecepatan angin yang paling sering terjadi (m/detik)	Daya angin (watt/hari)	Daya turbin dengan luas penampang 1 m ² (watt/hari)
1	Kecamatan Pontianak selatan	0,82	1,5	162,02	95,6
2	Kecamatan Pontianak tenggara	0,2	0,5	0,1	0,06
3	Kecamatan Pontianak timur	0,69	1,5	29,6	17,5
4	Kecamatan Pontianak kota	1,14	1,5-3,5	728	429,5

Sumber: Adlina dkk (2018)

Dari dua penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa kecepatan angin dan daya listrik yang dihasilkan di Kota Pontianak tergolong rendah atau kecil sehingga kurang berpotensi sebagai sumber energi terbarukan. Selain itu nilai potensi yang dihasilkan tidak sebanding dengan cost pembangunan turbin atau kincir angin.

c. Energi Matahari

Kota Pontianak memiliki intensitas penutupan awan yang terlalu banyak sehingga menyebabkan lama penyinaran matahari hanya terjadi selama 4 - 9 jam/hari. Sehingga memiliki potensi yang kecil untuk menjadi energi alternatif. Walaupun sudah ada beberapa orang atau bangunan yang menggunakan energi tersebut, tetapi hanya dalam skala kecil.

Untuk mengetahui berapa besar potensi energi matahari sebagai energi terbarukan, harus diketahui berapa lama penyinaran matahari di Kota Pontianak. Menurut BPS Kalimantan Barat tahun 2020 persentase penyinaran matahari dapat dilihat dari dua stasiun yaitu stasiun siantan dan stasiun maritim supadio masing – masing sebesar 56% dan 60%.

Tabel 3. 4 Penyinaran Matahari di Kota Pontianak dan sekitarnya

Stasiun Meterorologi	Penyinaran Matahari (%)		
	2019	2020	2021
Siantan, Mempawah	60,92	59,00	56,00
Supadio, Kuburaya	73,83	59,00	60,00

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Pontianak, 2021

Menurut penelitian Islammiyati dan Sutikno (2019), menyatakan lama penyinaran matahari di Kota Pontianak rata-rata mencapai 8 jam per hari dan lama penyinaran yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi antara 2 – 4 jam per hari 2s dengan intensitas antara 12 – 16 Mjoule/m²/hari. Sedangkan menurut Sihotang (2019) atap Hotel Kini Pontianak dengan 625 m² apabila ditutup dengan panel surya berkapasitas 250 Wp akan mampu membangkitkan daya sebesar 119,9 kWh/hari pada kondisi intensitas radiasi matahari 4,8 kWh/m² yang bersinar antara jam 7 pagi sampai 4 sore.

Kota Pontianak sudah ada beberapa bangunan yang menggunakan energi surya(matahari),salah satunya di UNTAN, sistem PLTS Terbesar di institusi pendidikan se-Indonesia berkapasitas 1,5 MWp terletak di Kalimantan Barat, Universitas Tanjungpura Kolaborasi SUN Energy dan PT Wika Industri Energi ini memecahkan rekor PLTS terbesar di institusi pendidikan se-Indonesia sebelumnya yang dipegang oleh Institut Teknologi Sumatera dengan kapasitas 1 MWp Sistem PLTS dihadirkan bersama dengan Laboratorium Energi Baru Terbarukan di Universitas Tanjungpura. Dengan begitu energi matahari termasuk energi terbarukan yang potensial jika dikembangkan di kota Pontianak.

d. Biogas

Ada beberapa bahan yang berpotensi menjadi bahan baku yang bisa digunakan untuk biogas yaitu kotoran ternak, tinja manusia dan sampah.

Tabel 3. 5 Potensi biogas dari hewan ternak dan manusia

No	Sumber tinja	Produksi tinja (kg/ekor/hari) atau (kg/orang/hari)	Dapat menghasilkan gas (liter/kg)
1	Sapi	10-15	360-540
2	Ungags	0,90	39,6
3	Babi	3	135
4	manusia	0,2	24

Sumber: Potensi energi terbarukan di kawasan perbatasan Provinsi Kalimantan Barat (2021)

Tabel 3. 6 Potensi biogas dari hewan ternak di Kota Pontianak

no	Sumber tinja	Jumlah(ekor)	Produksi tinja(kg/hari)	Produksi gas (liter)	Setara liter minyak (SLM)	Setara kWh
1	Sapi	2584	25840-38760	9302-20930	581-868	5284-7926
2	Ayam	5590	5031	199252	112708	1028
3	Itik	6904	6213	246058	139	1270
4	babi	1400	4200	367000	94	838

Pemanfaatan biogas dari kotoran ternak menghadapi beberapa kendala, yaitu populasi ternak cenderung berkurang (peternakan pindah keluar kota) dan ternak tidak berada di satu tempat, sehingga potensi nyata di lapangan yang dapat dimanfaatkan secara ekonomis berbeda dengan potensi teoritis. Sehingga yang tersedia dalam jumlah banyak dan tersedia secara terus - menerus adalah tinja manusia dan sampah. Tetapi untuk tinja manusia masih belum bisa diolah karena tidak tersedia infrastruktur pengolahannya di Kota Pontianak, sehingga yang paling berpotensi digunakan sebagai bahan baku untuk biogas adalah sampah.

Salah satu contoh pengolahan sampah menjadi biogas dapat kita lihat pada TPST Edelweis yang terletak di jalan Purnama kota Pontianak. TPST ini melakukan pengolahan pada sampah dengan cara mengubahnya menjadi biogas dan kompos, serta menggunakan proses pirolisis unuk mengolah sampah plastik menjadi minyak. Sampah yang masuk ke TPST ini merupakan sampah yang berasal dari pasar.. Adapun persentase yang didapat dari hasil pemilahan di TPST didapat sebesar 70% untuk sampah organik berupa sisa sayur, ampas tebu dan kulit jagung dan 30 % sampah yang akan menjadi residu berupa sampah plastik

sampah organik yang tidak terolah seperti batang pisang dan sampah logam. Sedangkan untuk rata-rata berat sampah organik yang didapat setiap harinya yaitu 633 kg/hari. Persentase sampah organik memiliki kuantitas yang cukup besar, oleh sebab itu sampah-sampah organik tersebut dapat diolah kembali dan dimanfaatkan melalui proses biogas. Proses pengolahan sampah menjadi biogas diawali dengan tahap pemilahan sampah, kemudian pencacahan, penumpukan/penyimpanan dan pembentukan gas. Proses pemilahan sampah yang dilakukan dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



Gambar 3.1 Proses Pemilahan Sampah di TPST Eelweiss

Setelah dilakukan proses pemilahan dan didapat besaran sampah organik hingga 70%, sampah organik masuk ke dalam proses pencacahan. Proses pencacahan dilakukan dengan menggunakan alat pencacah dan dicampur dengan air untuk mempermudah proses pencacahan. Berikut pada Gambar 3.2 dapat dilihat alat pencacah yang digunakan di TPST Edelweis.



Gambar 3.2 Proses Pencacahan Sampah Organik di TPST
Edelweiss

Setelah dilakukan proses pencacahan, sampah yang telah tercacah kemudian dimasukkan ke dalam reactor biogas dengan kapasitas sebesar 30 ton. Berikut gambar dari reactor tempat penyimpanan sampah hasil pencacahan.



Gambar 3.3 Reaktor Biogas

Gas yang dihasilkan dari proses biogas tersebut, disimpan di dalam reservoir dengan kapasitas sebesar 500 L/reservoir. Gas yang dihasilkan dapat

dimanfaatkan untuk penggunaan gas di TPST itu sendiri, seperti penggunaan *genset* untuk proses pencacahan dan kebutuhan sehari-hari di TPST tersebut.



Gambar 3.4 Reservoir Gas

Namun proses biogas yang telah dilakukan di salah satu TPST Kota Pontianak masih harus dioptimalkan kembali dengan memberikan solusi untuk pendistribusian gas yang sudah terbentuk. Selain itu kota Pontianak juga belum memiliki pengolahan untuk limbah tinja yang mana seharusnya limbah tinja tersebut dapat diolah kembali dan dimanfaatkan kembali menjadi kompos. Potensi biogas ini kedepannya akan memberikan manfaat yang cukup besar namun evaluasi harus tetap dilakukan guna mendapatkan hasil terbaik dari proses biogas tersebut.

e. Biomassa

Biomassa adalah bahan yang dibakar untuk menghasilkan panas. Bahan yang bisa menjadi sumber biomassa adalah limbah industri yang berupa tandan kosong kelapa sawit, limbah industri kayu yang berbentuk cacahan kayu dan sampah. Untuk Kota Pontianak sumber biomasanya dapat berupa rumput, daun, ranting dan dahan dari kegiatan pengelolaan RTH/taman dan pekarangan rumah/fasilitas publik serta limbah pertanian. Limbah pertanian dengan potensi biomassa di Kota Pontianak adalah padi dengan produksi pada tahun 2020 sebanyak 713 kg.

Bahan organik sumber biomassa dari kegiatan perawatan RTH dan pekarangan jumlahnya sedikit dan fluktuatif. Biomassa dari pertanian cenderung berkurang karena lahan pertanian berubah menjadi permukiman atau perkantoran. Bila melihat ketersediaan bahan baku, maka yang paling berpotensi adalah sampah. Hal ini dikarenakan sampah diproduksi secara terus menerus setiap hari dan dalam jumlah yang berlimpah. Salah satu hasil produksi dari penggunaan sampah sebagai bahan baku biomassa adalah briket.

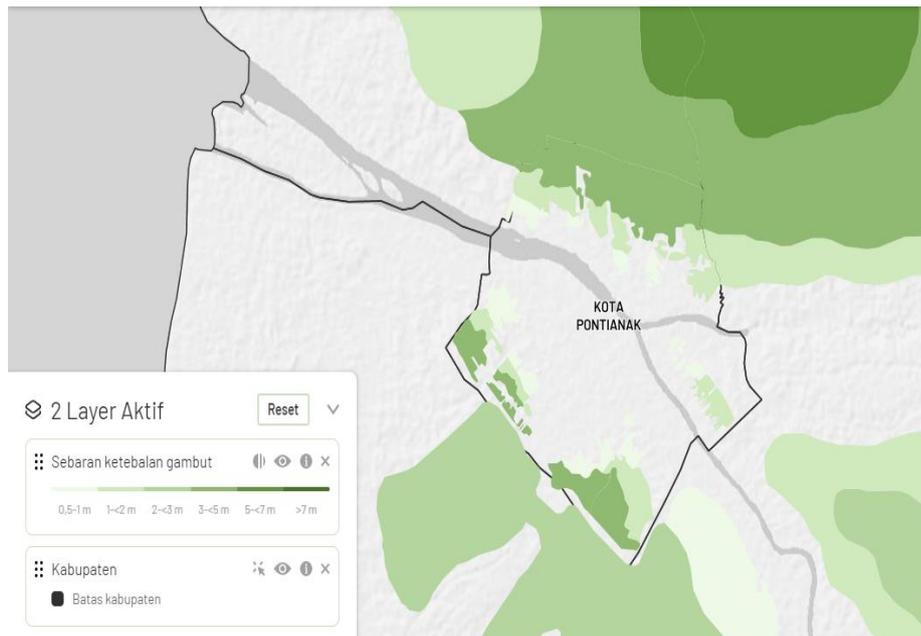
Bila melihat uraian potensi energi yang mungkin dilakukan di Kota Pontianak, maka sampah menjadi satu – satunya sumber bahan baku yang paling mungkin digunakan karena akan terus menerus diproduksi, belum dimanfaatkan secara optimal dan bisa diubah menjadi salah satu energi alternatif seperti biogas dan biomassa dengan proses *waste to energy*.

f. Energi Gambut

Kota Pontianak memiliki lahan gambut dengan luas 4.172,87 hectare (berdasarkan data dari primis gambut). Gambut pada dasarnya dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan karena memiliki pertimbangan sebagai berikut yaitu energi kalor lepas dari gambut adalah berkisar antara 10 Mj/Kg hingga 20 Mj/Kg dan penggunaan 1 m³ gambut sebagai bahan bakar yang mampu menghasilkan sekitar 600 Mj setara dengan penggunaan 17 kg batu bara.



Gambar 3.5 peta sebaran gambut di kota Pontianak



Gambar 3.6 peta sebaran ketebalan gambut di kota Pontianak

Salah satu sumber energi terbarukan dari gambut adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap Gambut (PLTU Gambut) yang dinyatakan ramah lingkungan di Daerah Kalimantan. Gambut memiliki komponen Fe_2O akan menurunkan titik lebur abu juga rendahnya kandungan sulfur sebesar 0,05% sampai 0,20% sehingga akan sangat menguntungkan dari aspek lingkungan. Titik lebur yang dimiliki oleh gambut sendiri adalah kurang dari 3%. Kandungan kalori yang dimilikinya adalah sebesar 1.330 kJ/Nm³ sampai 1.370,6 kJ/Nm³. hal tersebutlah yang membuat energi gambut merupakan energi yang berpotensi di Pontianak.

Bab IV. METODOLOGI

4.1 Pendekatan

Pendekatan yang digunakan dalam penyusunan **Kajian Penerapan dan Pemanfaatan Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Di Kota Pontianak** adalah sebagai berikut:

1. Survey

Pengumpulan data dan informasi yang diperlukan dalam pekerjaan ini dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- **Survey Instiusional/Instansional**, yang ditujukan untuk mendapatkan data sekunder yang dimiliki oleh institusi/ lembaga, instansi-instansi terkait, baik pemerintah maupun non pemerintah,
- **Observasi Lapangan**, yang berupa pengamatan atau peninjauan langsung terhadap kondisi wilayah studi/ kajian.
- **Teknik Wawancara dan atau Kuesioner**, umumnya teknik ini dilakukan apabila data dan atau informasi sebagai bahan masukan tidak terdapat dalam data sekunder.

2. Pengolahan Data

Mempersiapkan data mentah (*raw data*) menjadi bahan kajian yang siap dianalisis dan dibuat saran dan rekomendasinya sesuai dengan kebutuhan pokok substansi pekerjaan untuk mencapai tujuan dan sasaran kegiatan.

3. Analisis Data

- a. Pengumpulan data primer dan sekunder, yang akan dianalisis menjadi bahan untuk dikaji secara lebih komprehensif.
- b. Analisis pengolahan dan penyajian harus sinergi dan mempunyai korelasi dengan aturan dalam rumusan analisa data menurut kaidah metodologi penelitian.
- c. Analisis Kualitatif dan Kuantitatif yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan dan sasaran kegiatan kajian ini.

4. Finalisasi

Dokumen hasil kajian yang dihasilkan berupa laporan kegiatan yang memuat adanya rekomendasi strategi dan arah kebijakan penerapan dan pemanfaatan energi baru dan terbarukan dalam pembangunan di Kota Pontianak.

4.2 Jenis Dan Sumber Data

Data yang akan digunakan meliputi data primer dan data sekunder. Data primer merupakan sumber data yang secara langsung memberikan data kepada pengumpul data (Sugiyono, 2011). Data primer dapat berupa opini subjek (orang) secara individual atau kelompok, hasil observasi terhadap suatu benda (fisik), kejadian atau kegiatan, dan hasil pengujian.

Data primer diperoleh dengan cara observasi lapangan dan wawancara/kuisisioner. Observasi lapangan dilakukan dengan tujuan untuk mengamati dan meninjau secara langsung kondisi objek kegiatan. Wawancara/kuisisioner dilakukan dengan sejumlah responden yang terkait dengan informasi tentang daya dukung perairan konservasi terhadap kegiatan perikanan tangkap. Pelaksanaan wawancara bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai opini, pandangan dan arahan mengenai **Kajian Penerapan dan Pemanfaatan Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Di Kota Pontianak**. Data sekunder merupakan sumber yang sudah jadi yaitu data yang sudah diolah dan disediakan oleh pihak lain (Supramono, 1995). Data sekunder umumnya berupa bukti, catatan atau laporan historis yang telah tersusun dalam arsip (data dokumenter) yang dipublikasikan dan yang tidak dipublikasikan.

4.3 Metode Pengumpulan Data

Data yang digunakan untuk mendukung penelitian ini adalah data sekunder dan primer. Pengumpulan data adalah prosedur yang sistematis dan standar untuk memperoleh data yang diperlukan, sebaliknya data yang didapat dari suatu lembaga yang dengan tujuan tertentu menggali data tersebut sebelumnya, akan menjadi data sekunder. Teknik pengumpulan data yang dilaksanakan, antara lain:

1. Observasi (pengamatan)

Yaitu mengumpulkan data dengan mengadakan pengamatan langsung ke obyek atau lokasi penelitian untuk mendapatkan gambaran yang jelas tentang objek yang diteliti. (Hadi, 1997).

2. Wawancara

Wawancara merupakan proses interaksi dan komunikasi antara pengumpul data dan responden dan jawaban-jawaban dicatat atau direkam dengan alat perekam (Kusmaryadi dan Sugiarto, 2000). Adapun teknik wawancara yang digunakan adalah:

- Key informan, yaitu mewawancarai informan kunci yang dipergunakan dalam penelitian ini. Key Informan yang di wawancara kegiatan ini adalah yang berwenang yaitu pimpinan di Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Pontianak.
- Depth interview, yaitu melakukan wawancara secara mendalam kepada responden. Tujuan dari wawancara ini adalah untuk menambah masukan dalam menyusun Kajian Penerapan dan Pemanfaatan Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Di Kota Pontianak.

4.4 Pengolahan dan Analisis Data

- a. Data sekunder dan primer yang dikumpulkan menjadi bahan untuk dianalisis secara lebih komprehensif.
- b. Analisis kualitatif dan kuantitatif yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan dan sasaran kegiatan ini.
- c. Rekomendasi hasil kajian terkait Kajian Penerapan dan Pemanfaatan Energi Terbarukan Dalam Pembangunan Di Kota Pontianak.

Bab V. PEMBAHASAN

5.1 Kajian Gambut Untuk PLTU

Pada kajian bahan bakar untuk PLTU terdapat beberapa faktor pembangkitan yang harus diperhitungkan, antara lain beban, ketersediaan, penggunaan, kapasitas, pelayanan dan gangguan keluar perawatan. Dalam tulisan ini hanya dibahas dua faktor, yaitu beban dan kapasitas serta diperhitungkan efisiensi termal dari gambut.

a. Faktor beban

Faktor beban adalah perbandingan antara besarnya beban rata-rata untuk selang waktu tertentu terhadap beban puncak tertinggi dalam selang waktu yang sama (misalnya satu hari atau satu bulan). Sementara beban rata-rata untuk suatu selang waktu tertentu adalah jumlah produksi KWH dalam selang waktu tersebut dibagi dengan jumlah jam dari selang waktu tersebut.

$$\text{Faktor beban} = \text{beban rata-rata} / \text{beban puncak}$$

Standar PLN, faktor beban tahunan berkisar antara 60% sampai dengan 80%.

b. Faktor kapasitas

Faktor kapasitas sebuah unit pembangkit menggambarkan seberapa besar sebuah unit pembangkit itu dimanfaatkan.

Faktor kapasitas tahunan didefinisikan sebagai:

$$\text{Faktor kapasitas} = \text{produksi KWH}$$

$$\text{setahun} / (\text{daya terpasang MW} \times 8.760 \text{ jam})$$

Dalam pelaksanaannya, faktor kapasitas tahunan untuk unit PLTU hanya dapat mencapai angka antara 60% sampai dengan 80%, karena adanya masa pemeliharaan dan jika adanya gangguan atau kerusakan yang dialami oleh unit pembangkit tersebut.

c. Efisiensi termal

Dalam termodinamika, efisiensi termal adalah ukuran tanpa dimensi yang menunjukkan performa peralatan termal seperti mesin pembakaran dalam dan sebagainya. Panas yang masuk adalah energi yang didapatkan dari sumber energi. Output yang diinginkan dapat berupa panas atau kerja, atau mungkin keduanya. Jadi, efisiensi termal dapat dirumuskan dengan:

$$\eta_{th} \equiv \frac{\text{Berapa yang didapatkan}}{\text{Berapa yang dimasukkan}}$$

Berdasarkan hukum pertama termodinamika, output tidak bisa melebihi input, sehingga:

$$0 \leq \eta_{th} \leq 1$$

Efisiensi termal antara 0% sampai dengan 100%. Karena adanya inefisiensi seperti gesekan, hilangnya panas, dan faktor mencapai 100%. Seperti contoh, mesin mobil bensin memiliki efisiensi 25%, dan mesin pembangkit listrik tenaga batubara yang besar memiliki efisiensi maksimum 46%. Mesin diesel terbesar di dunia memiliki efisiensi maksimum 51,7%.

Efisiensi termal PLTU di lapangan lebih kecil daripada hasil perhitungan dengan siklus kombinasi secara teoritis, karena analisis tersebut tidak memperhitungkan berbagai alat tambahan yang digunakan dalam PLTU. Berikut merupakan contoh efisiensi termal PLTU batubara berdasarkan nilai kalorinya, seperti tertera pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 5.1 Efisiensi termal PLTU batu bara

Nilai kalori (kkal/kg)	Efisiensi termal (%)
4.000	29,60
4.400	32,57
5.300	39,23

Sumber : sinambela, 2007

5.2 Estimasi penggunaan gambut untuk PLTU di kota Pontianak

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 57 Tahun 2016 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem Gambut menyatakan bahwa gambut yang memiliki ketebalan lebih dari tiga meter memiliki fungsi lindung.

- **Menghitung jumlah kebutuhan gambut untuk PLTU**

Konversi nilai kalori ke KWH

Pada acuan batubara 7.000 kkal/kg, 1 KWH = 0,123 kg batubara (Zhong, 2018). Dalam makalah ini acuan tersebut dipakai untuk gambut. Nilai kalori gambut kota Pontianak : 5.900 kal/gram (adb).

$$= 7.000/5.900 \times 0,123 \text{ kg coal equivalent} = 0,1459 \text{ kg peat equivalent}$$

Jadi 1 KWH gambut 5.900 kkal/kg = 0,1459 kg *peat equivalent* atau 1 kg = 5,689 KWH

Efisiensi PLTU 30%

1 kg gambut nilai kalori 5.900 = 30% x

$$5,689 \text{ KWH} = 1,7067 \text{ KWH} \text{ atau } 1 \text{ KWH} = 0,5650 \text{ kg.}$$

Untuk PLTU kapasitas 100 MW, gambut yang dibutuhkan adalah 100.000 x 0,5650

kg = 56.500 kg/jam.

Faktor Beban 80%

Kebutuhan 1 tahun = 56.500 kg/jam x 24 jam x 365 hari = 494.940.000 kg/tahun, yang dikalikan faktor beban 80% menjadi 395.952.000 kg/tahun atau 395.952 ton/tahun.

Dengan asumsi bahwa dari total sumber daya teroka gambut yang ada diperkirakan hanya 50 % sebagai faktor pengubah yang dapat digunakan secara efektif.

5.3 Menghitung potensi sampah menjadi energi melalui proses Waste to Energy

Waste to energy adalah proses untuk menghasilkan energi panas dan listrik yang bersumber dari sampah, dengan berbagai macam teknologi yang terus dikembangkan. Pada saat ini konsep *Waste to Energy* sedang banyak dikembangkan terutama pada negara maju sebagai metode untuk mengelola sampah dan juga untuk stabilitas energi nasional. Indonesia sebagai negara yang besar dengan pertumbuhan yang cepat dan meningkatnya tantangan persampahan membuat Indonesia sebagai pasar yang menarik bagi investor dan pengembang proyek *Waste to Energy*.

Pada teknologi *Waste to Energy*, di akhir proses pengolahan sampah terdapat produk yang dapat dimanfaatkan sebagai energi. Pada pengolahan ini umumnya dilakukan *pre-treatment* terlebih dahulu untuk kemudian disesuaikan dengan bahan baku yang dibutuhkan oleh setiap proses pengolahan.

5.4 Mengkaji metode pemanfaatan sampah menjadi energi yang sesuai untuk Kota Pontianak.

Teknologi pemanfaatan sampah menjadi energi sudah banyak dilakukan di Indonesia. Berikut beberapa metode pemanfaatan yang dapat dilakukan khususnya di kota Pontianak.

1. Pirolisis

Pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan tanpa atau sedikit oksigen atau *reagen* lainnya. Pirolisis dilakukan di dalam sebuah reaktor pengurangan atmosfer (hampa udara) pada temperature 800 C (Ramadhan, 2013).

Kelebihan dari metode ini adalah produk pirolisis dapat dimanfaatkan lebih fleksibel dan penanganannya lebih mudah. Pirolisis juga dapat mereduksi gas buang hingga 20 kali lebih baik daripada insenerator. Sedangkan kelemahan dari metode ini yaitu tidak efisien pada pembuatan reactor dalam skala besar. Hal ini diakibatkan karena terjadinya *bubling*, *chanelling* dan kurang ekonomis sehingga menyisakan residu.

Adapun jenis sampah yang paling cocok untuk pengaplikasian teknik pirolisis merupakan sampah jenis plastik, namun tidak terbatas pada sampah biomassa (organik dan sisa makanan). Jenis sampah yang masuk ke dalam reaktor pirolisis (*feedstock*) juga direkomendasikan untuk seragam agar minyak hasil pirolisis tidak bervariasi terlalu besar. Jika kualitas minyak hasil pirolisis terlalu bervariasi, maka dikhawatirkan berkemungkinan mengganggu/merusak sistem pembangkit daya listrik.

Selain itu kondisi sampah juga harus dalam keadaan kering dan bersih agar tidak mempengaruhi hasil dari pirolisis tersebut. Terkecuali pada tipe sampah kertas, logam dan kaca, ketiga jenis sampah tersebut sangat tidak cocok untuk diolah dengan pirolisis karena tidak akan menghasilkan bahan bakar minyak.

Metode pirolisis sudah dilakukan di TPST kota Pontianak. Sampah-sampah plastik yang sudah melewati proses pemilahan kemudian digunakan sebagai bahan baku dari proses pirolisis. Hasil akhir dari proses tersebut menghasilkan minyak, namun kekurangan dari proses pirolisis yang telah dilakukan di TPST Edelweis yaitu tidak terdapat reservoir penyimpanan hasil dengan bahan yang sesuai sehingga mengakibatkan minyak yang dihasilkan dari proses ini cepat mengalami pembekuan.

2. Thermal Hydro Drive (THD)

Teknologi hidrotermal telah diaplikasikan secara luas dalam pengolahan biomassa dengan kadar air tinggi atau sampah organik menjadi bahan bakar atau bahan baku untuk pemakaian lainnya (Toor dkk, 2011). Proses hidrotermal adalah proses kimiawi untuk mengkonversi sampah organik menjadi karbon terstruktur dengan menggunakan air dengan tekanan dan temperature tertentu. Hidrotermal teknologi untuk pengolahan sampah berasal dari penggunaan teknologi konversi secara termokimia terhadap biomassa. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, air dijadikan katalis untuk perubahan wujud material organik dengan mereaksikannya pada kisaran suhu 300-350° C dan tekanan 18-20 MPa.

Proses hidrotermal meningkatkan sifat *hydrophobic* dari sampah padat terutama yang memiliki kandungan air tinggi seperti sampah organik. Sebagai

akibatnya, air akan dipisahkan dari sampah organik secara mudah dan cepat. Hal ini sangat membantu dalam proses pembakaran karena nilai kalor bertambah akibat terjadinya proses tersebut (Zhao dkk, 2014).

Kelebihan dari teknik Thermal Hydro Drive (THD), antara lain:

Teknik ini mampu mengolah sampah baik itu sampah homogeny ataupun campuran, dengan kadar air yang tinggi seperti sampah organik.

- a. Cara ini dapat mengkonversi hingga 99% karbon dalam senyawa organik menjadi karbon terstruktur atau sering dikenal dengan istilah biocoal.
- b. Produk akhir dari proses hidrotermal yang berupa karbon dapat dibuat dalam bentuk briket yang dapat digunakan sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan karena menghasilkan karbondioksida netral.

Kekurangan dari teknologi hidrotermal untuk pengolahan sampah juga mengalami kendala dalam hal tingginya biaya investasi. Penerapan teknologi hidrotermal memiliki biaya investasi yang tinggi dibandingkan dengan teknologi konversi biomassa lainnya seperti pirolisis dan gasifikasi. Tingginya biaya ini disebabkan oleh biaya yang timbul untuk proses dalam tekanan tinggi dan material yang digunakan (Zhu dkk, 2014).

Potensi teknologi hidrotermal di Kota Pontianak memiliki angka yang cukup tinggi, hal ini disebabkan menurut data komposisi sampah pada dokumen *Feasibility Study Pengembangan Control Landfill TPA Batu Layang Kota Pontianak tahun 2021*, persentase tertinggi yaitu sampah organik sebesar 62%. Hal ini sesuai dengan karakteristik sampah yang digunakan sebagai bahan baku pada teknologi hidrotermal yaitu sampah yang memiliki kadar air tinggi atau sampah organik. Namun, untuk membangun teknologi hidrotermal tersebut membutuhkan biaya pembangunan serta biaya operasional yang sangat besar, sehingga perlu dikaji kembali agar teknologi ini dapat termanfaatkan secara baik.

3. Refuse Derived Fuel (RDF)

Refuse Derived Fuel (RDF) adalah hasil proses pemisahan limbah padat fraksi sampah mudah terbakar dan tidak mudah terbakar seperti metal dan kaca. RDF

mampu mereduksi jumlah sampah dan menjadi *co-combustion*, bahan bakar sekunder industri semen dan industry pembangkit listrik. Dalam pembuatan RDF, fraksi sampah yang mudah terbakar pada umumnya dilakukan reduksi ukuran lalu dikeringkan supaya dapat digunakan sebagai bahan bakar. RDF dihasilkan dari pemisahan fraksi yang mudah terbakar (*combustible fraction*) dan fraksi sampah yang sulit dibakar (*non combustible fraction*) dari sampah secara mekanik.

Secara umum sistem RDF memiliki dua fungsi yaitu produksi dan pembakaran. Pada proses produksi, sampah yang dapat didaur ulang seperti kaca dan besi disisihkan terlebih dahulu sehingga tidak masuk ke tahapan produksi RDF. Sedangkan sampah jenis lain seperti sampah organik, kertas, dan plastik dapat digunakan sebagai bahan baku dan dicacah untuk mereduksi ukuran yang selanjutnya diolah untuk menghasilkan produk RDF seperti *fluff* atau pellet. Sampah yang paling tepat untuk produksi RDF yaitu memiliki kandungan karbon tinggi setelah dipisahkan dari sampah yang dapat didaurulang. Sistem RDF dibagi menjadi dua yaitu (Kumar, 2016):

a. Shred and burn system

Sistem ini merupakan sistem paling sederhana dimana pengolahan minimal sampah yang belum diproses telah dilakukan seperti penyisihan besi. Pada sistem ini, tidak terdapat ketentuan untuk menyisihkan sampah yang tidak mudah terbakar. Selanjutnya sampah dipotong sesuai dengan ukuran partikel yang dipersyaratkan dan dilanjutkan pada proses pembakaran.

b. Simplified process system

Jenis sistem ini dilakukan dengan memisahkan sampah-sampah yang tidak mudah terbakar, dapat didaur ulang, dan material besi dari sampah campuran. Selanjutnya sampah dimasukkan pada shredder untuk menghomogenkan ukuran dari sampah tersebut yaitu 10-15 cm untuk mengoptimalkan *energy recovery* selama proses pembakaran berlangsung.

Suatu bahan dapat digunakan sebagai bahan baku RDF jika bahan tersebut mencapai batas kalor minimal. Menurut Damanhuri (2016), kalor minimal untuk menjadikan suatu bahan sebagai bahan bakar atau sebagai sumber panas

maka bahan tersebut harus memiliki nilai kalor 2 – 2,5 kkal/ton. Sehingga, jika kita menggunakan sampah organik sebagai bahan baku RDF, maka harus dilakukan proses pengeringan yang bertujuan menaikkan nilai kalor dari bahan tersebut.

Nilai kalor yaitu *High Heating Value* (HHV) dan *Low Heating Value* (LHV). Pada HHV keberadaan air dan hydrogen setelah pembakaran terjadi adalah pada keadaan terkondensasi pada produk. Sedangkan pada LHV yaitu nilai kalor yang diasumsikan air dan hydrogen berada pada fasa uap. Kalor yang dibutuhkan pada proses penguapan tersebut akan menjadikan nilai kalor lebih rendah daripada LHV (Novita dan Damanhuri, 2010).

Grass calorific value yaitu perbandingan antara kuantitas panas yang dihasilkan pada kondisi bahan sampel telah dilakukan insenerasi serta massa dari suatu sampel. Nilai tersebut umumnya diindikasikan sebagai nilai kalor untuk zat yang kering (kJ kg TS^{-1}) serta disebabkan oleh adanya proses biodegradasi zat organik. Sedangkan *net calorific value* disebabkan oleh penguapan panas dari air akibat proses pembakaran. Berbeda dengan *calorific value*, kandungan energi bergantung pada sampel yang masih basah yang dapat dilihat dari kadar air pada sampel tersebut.

Kandungan energi dari sampel tersebut meningkat dikarenakan adanya proses biodegradasi dimana terjadi penurunan kadar air, sehingga meningkatkan total solid (Adani dkk., 2002). Teori tersebut dibuktikan dengan penelitian Mohammed dkk., (2018) dimana terdapat korelasi positif antara nilai kalor dan *biogenic content* dimana jumlah sampah makanan sebagai *biogenic content* memiliki kadar air awal yang tinggi. Setelah 18 hari, LHV dari tiga percobaan meningkat rata-rata 168%, mencapai 14801 kJ/kg dan 15760 kJ/kg. Produk dapat digunakan sebagai SRF (Shuqing dkk., 2014).

Karakteristik penting untuk RDF sebagai bahan bakar diantaranya adalah nilai kalor, kadar air, kadar abu, sulfur dan kandungan klor. Kadar ini sangat beragam bergantung kepada sumber limbah (seperti rumah tangga, kantor, konstruksi, dan lain-lain), bergantung pada cara pengumpulan, dan pengolahan yang diterapkan (screening, pemilahan, grinding dan pengeringan) (Gendebien

et al., 2003).

Terdapat dua macam material yang memberikan kontribusi nilai kalor RDF, yaitu kelompok yang memiliki nilai kalor yang tinggi dan kelompok yang memiliki nilai kalor yang rendah. Kelompok pertama yang memberikan nilai kalor tinggi termasuk di dalamnya kertas dan produk kertas serta plastic dengan nilai kalor rata-rata 18600 J/gr. Bahan anorganik seperti kaca halus dan bahan organic basah membentuk fraksi yang memiliki nilai kalor yang relative rendah yaitu 10.800 J/g. Masuknya kategori kedua ke dalam bahan RDF akan menurunkan nilai kalor RDF secara keseluruhan (Ramadini, 2010).

Tabel 5. 2 Nilai kalor dari berbagai jenis sampah

Karakter	Nilai kalor (kkal/kg)
kertas	3588
Kayu	4400
Tekstil	5200
Resin sintetik	7857
Lumpur IPAL	1800
Karet dan kulit	7200
plastik	8000

Sumber: Dong et al, 2009

Menurut Sondari (2010) dari segi efisiensi termal, penghilangan material bahan kaca dan bahan organik basah seperti sampah makanan akan meningkatkan nilai kalor RDF sebesar 20% dibandingkan RDF yang masih mengandung material kaca dan bahan organik basah tersebut.

RDF berkualitas baik adalah RDF yang memiliki nilai kalor yang tinggi dan konsentrasi senyawa toxic yang rendah, dalam hal ini logam berat dan klorin. Aspek kualitas tersebut dipengaruhi oleh beberapa pihak, seperti; produsen RDF, pengguna RDF, dan peraturan terkait. Akibat dari perbedaan pendapat satu sama lain, kualitas RDF yang diminta berbeda satu sama lain.

5.5 Potensi sampah yang dapat diproses menjadi RDF

TPA (Tempat Pemrosesan Akhir) Pontianak terletak di Jl. Kebangkitan Bangsa, Baturayan, Pontianak Utara, Kota Pontianak, Kalimantan Barat yang merupakan satu-satunya TPA di Pontianak. TPA tersebut telah beroperasi sejak tahun 1996 dan berlokasi 15 kilometer dari Kota Pontianak, dengan luas total 26,6 hektar, termasuk 16 hektar untuk TPA, IPLT seluas 1,5 hektar dan zona lingkungan seluas 9,1 hektar. Tempat pembuangan sampah ini juga berbatasan langsung dengan Palung Madura yang berjarak hingga 300 m. Daerah cakupan pelayanan dari TPA ini adalah Kota Pontianak dengan persentase pelayanan sekitar 83% dari penduduk Kota Pontianak berdasarkan laporan kinerja Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pontianak tahun 2015.

Sampah yang masuk ke TPA Batu Layang diangkut oleh truk pengangkut sampah yang membawa sampah dari beberapa timbulan sampah yang tersebar di

wilayah Kota Pontianak setiap harinya. Jenis truk pengangkut sampah yang melayani pengangkutan sampah yaitu berjenis *dump truck* dan *armroll truck*.

Data timbunan sampah yang masuk ke TPA Batu layang yang digunakan adalah data sekunder pada tahun 2020 yaitu sebesar 300 ton/hari. Hasil pengambilan data berupa sampah masuk yang berasal dari beberapa timbunan sampah seperti sampah rumah tangga; pasar; taman; industri; dan fasilitas publik berupa sampah rumah sakit, sekolah, hotel, dan pariwisata.

Tabel 5. 3 Neraca Pengelolaan Sampah Kota Pontianak

Keterangan	Tahun 2019	Tahun 2020 (Jan-Jun)	Perubahan Tahun 2020-Tahun 2019	
I. POTENSI TIMBUNAN SAMPAH	138,907.10	140,5223.35	1,916.25	1%
(Jumlah Penduduk x Faktor Esmitasi Timbunan Perkapita)				
II. JUMLAH PENGURANGAN SAMPAH	6,35.89	12,208.65	3,672.76	87%
<i>Presentase pengurangan sampah</i>	4.71%	8.67%		
a. Jumlah Pembatasan Timbunan Sampah	965.10	633.47	-278,63	-30%
b. Jumlah Pemanfaatan Kembali Sampah	59.05	16.33	-22,72	-56%
c. Jumlah Pendaurn Ulang Sampah	5,562.94	11,536.84	3,974.11	107%
III. JUMLAH PENANGANAN SAMPAH	127,949.94	109,731.73	18,218.21	-14%
<i>Presentase penanganan sampah</i>	92.11%	77.92%		
d. Pemilah/Pengumpulan				
e. Pengangkutan				
Sampah diangkut ketempat sampah				
Sampah diangkut ketempat pemrosesan akhir				

Keterangan	Tahun 2019	Tahun 2020 (Jan-Jun)	Perubahan Tahun 2020-Tahun 2019	
Pengolahan	199.94	231.73	31.79	16%
Jumlah sampah terolah menjadi bahan baku bukan ternak, kompos daur ulang	199.94	231.73	31.79	16%
Jumlah sampah termanfaatkan menjadi sumber energi	0.00	0.00	0.00	
Pemrosesan akhir	127,730.00	109,300.00	18,250.00	14%
Jumlah sampah yang terproses di tahap akhir	127,730.00	109,300.00	18,250.00	14%
IV. SAMPAH YANG DIKELOLA (II-III)	14,183.82	121,940.38	-12,343.13	-9%
Presentase sampah terkelola	96.82 %	86.49%		
V. SAMPAH TIDAK DIKELOLA (II-IV)	1,421.28	6.882,98	-14,461,70	32%
Presentase sampah tidak terkelola	3,18%	13,41%		

Sumber: Dinas Lingkungan Hidup Kota Pontianak, 2021

Menurut dokumen *Feasibility Study Pengembangan Control Landfill* TPA Batu Layang Kota Pontianak tahun 2021, hasil sampling sampah di TPA Batu Layang didapatkan persentasenya untuk masing-masing komposisi sampah di antaranya adalah sampah organik sebesar 62 %, sampah logam 2%, sampah plastik 12%, sampah kain 4%, sampah kertas 6%, sampah karet/kulit 3%, sampah kayu 1%, sampah gelas 1%, sampah B3 0% dan sampah lain-lain 9%. Sampah sisa makanan sangat mendominasi karena sumber sampah dari rumah tangga juga mempunyai nilai andil yang besar di TPA Batu Layang, disusul sampah dari pasar, taman, industri, dan fasilitas publik.

Tabel 5. 4 Komposisi Sampah TPA Batu Layang

Jenis Sampah	Komposisi Sampah (%)
Sampah Organik	62%
Sampah Logam	2%
Sampah Plastik	12%

Jenis Sampah	Komposisi Sampah
	(%)
Sampah Kain	4%
Sampah Kertas	6%
Sampah Karet/Kulit	3%
Sampah Kayu	1%
Sampah Gelas	1%
Sampah B3	0%
Sampah Lain – lain	9%

Sumber: Laporan Akhir Studi Kelayakan, 2021

Besarnya jumlah sampah yang masuk ke TPA akan menyebabkan perlunya lahan untuk tempat penimbunan baru. Hal ini menjadi masalah bagi TPA Batu Layang, sehingga diperlukan solusi yang tepat untuk mengatasinya. Dengan menggunakan metode RDF, sampah yang ada di zona pasif dapat “dimusnahkan” sehingga lahan yang lama dapat digunakan kembali untuk menumpuk sampah yang baru. Selain itu sampah yang akan “dimusnahkan” dapat diubah menjadi sumber energi yang bisa digunakan oleh TPA itu sendiri.

Jenis sampah TPA yang dapat digunakan sebagai bahan baku adalah sampah anorganik seperti plastik. Sedangkan sampah lainnya seperti sampah organik memiliki kadar air yang cukup tinggi sehingga tidak optimal jika digunakan sebagai bahan baku. Sampah anorganik lainnya seperti kaca, logam dan kaleng tidak dapat diproses dengan metode ini. Menurut Permen KLHK tahun 2015, spesifikasi kriteria RDF yang baik harus memiliki nilai kalor lebih besar atau sama dengan 12,5.

Perhitungan nilai kalor sampah secara keseluruhan dilakukan dengan perhitungan komposisi fisik sampah, dikalikan dengan data nilai kalor yang tersedia dari percobaan, seperti dijabarkan pada persamaan (1). Metoda ini lebih sederhana tanpa menggunakan teknik perhitungan laboratorium yang rumit dan menyita waktu dan biaya:

$$HHV = P$$

HHV*

(1)

dimana:

HHV = nilai kalor komponen sampa

P = persentase komponen sampah (% berat)

HHV* = data nilai kalor tiap komponen sampah dari percobaan bom calorimeter

Tabel 5. 5 Nilai Kalor Sampah di Kota Pontianak

No	Sampel	Nilai Kalor (kcal/kg)					
		Bom Kalorimeter	LHV	Proximate Analysis		Dulong	
				1	2	3*	3**
	Kertas						
1	HVS	3024,24	2884,84	4234,29	1143,01		3591,18
2	Karton	3602,18	3359,17	4118,58	1154,28	6648,26	
3	Koran	3845,53	3618,95	4238,47	1306,64	4205,97	
4	Majalah	2598,95	2476,51	3646,23	992,02	2712,36	
5	Kertas Nasi	4246,92	3920,67	4167,29	1288,89		3591,18
6	Kardus	4487,07	4093,09	4257,12	1284,39	3571,67	
	Plastik						
7	PET Bottle (no.1)	5450,85	5252,42	4445,83	1382,24	11680,56	
8	HDPE Lembaran (no.2)	11207,00	11169,58	4444,73	1386,33		6307,50
9	PVC lembaran (no 3)	5187,91	5138,23	4332,82	1360,11	5448,78	
10	LDPE (no 4)	12318,40	12195,08	4505,66	1356,34		6307,50
11	PP Cup (no 5)	11912,80	11903,06	4426,95	1380,54		6307,50
12	PS (no 6)	11285,50	11269,80	4273,86	1379,38	9645,22	
	Sampah Makanan &Pasar						
13	Makanan Tercampur	5162,21	1437,86	3727,54	737,10	4466,11	
14	Daun Pembungkus	4638,37	975,59	4069,59	673,85		4154,72
15	Batok Kelapa	4684,11	3407,90	4446,86	1291,42		3915,63
16	Sayur	4568,29	689,85	4205,94	248,60		4466,11
17	Ikan	5837,12	1565,48	3497,23	581,39		4466,11
18	Lemak	9891,62	5065,61	4442,10	1213,95	9155,28	
19	Daging	7154,78	2597,33	4359,15	1034,45		
20	Tulang	4464,42	1570,90	3169,97	638,29		6951,46
21	Buah	5064,86	392,54	4337,90	828,00	4347,01	
	Sampah Kebun						
22	Daun	3998,2	1632,60	3644,07	958,76		4154,72
23	Rumput	4153,51	906,08	7365,52	567,68		4154,72
24	Ranting Pohon	4715,66	1997,45	4211,09	1096,14		3915,63
	Tekstil dan Karet						
25	Handuk	4435,10	4239,45	4301,44	1348,27		4357,78

No	Sampel	Nilai Kalor (kcal/kg)					
		Bom	LHV	Proximate		Dulong	
		Kalorimete		1	2	3*	3**
		r					
26	Jeans	4271,05	4010,65	4393,74	1372,21		4357,78
27	Kaos	4836,68	4664,32	4413,66	1365,93		4357,78
28	Karet	5202,15	5106,45	4218,60	939,96	8598,61	
	Kompos						
29	Mentah	2125,75	675,26	2402,29	420,93		4137,50
30	½ Matang	2091,90	979,05	2291,37	484,83		4137,50
31	Matang	1669,73	936,04	1854,94	415,31		4137,50
32	Residu	2211,65	980,02	3007,37	680,21		4137,50

Plastik

Nilai kalor plastik sangat tinggi, berkisar antara 5000-13000 kkal/kg kering. Hal ini disebabkan karena plastik terbuat dari petroleum atau gas alam sehingga menyimpan kandungan energi yang sangat tinggi dibandingkan dengan komponen lain dalam sampah (Subramanian, 2000). Dan karena kadar air tergolong sangat rendah, yaitu < 1%, kecuali untuk PET yaitu 3.5%, LHV plastik tidak berbeda jauh dengan HHVnya. Dengan nilai kalor yang sangat tinggi ini, plastik sangat berpotensi untuk dibakar pada insinerator atau dimanfaatkan sebagai RDF.

Ketika plastik, terutama PVC, dibakar pada insinerator, HCl akan terbentuk. HCl ini dapat mengkorosi boiler dan melepaskan gas-gas berbahaya seperti senyawa organohalogen yang dapat mengakibatkan polusi. Salah satu cara mengatasinya adalah dengan melakukan deklorinasi terhadap limbah plastik PVC sebelum di incinerasi (Takeshita, 2003). Mekanisme dekomposisi termal PVC dapat dilakukan pada tekanan tinggi pada air panas (Takeshita, 2003) atau dengan pelarutan klorin pada NaOH pada temperatur dan waktu tertentu (Sotoma, Shogo). Deklorinasi tidak hanya dilakukan pada limbah plastik, namun juga pada sampah perkotaan dengan metoda hydrothermal treatment, yaitu penguraian materi organik pada temperatur tertentu dengan menggunakan air sebagai mediumnya. Klorin yang terbentuk adalah inorganik klorin yang larut dalam air. Karena kelarutannya tersebut, pencucian produk ini dapat dilakukan untuk menghilangkan inorganik klorin dengan tuntas (Marya Novita, 2009; Kathiravale, et.al., 2003).

Sampah makanan dan pasar

Sampah makanan dan pasar masih memiliki persentase yang sangat besar dalam komposisi sampah di Indonesia. Pola yang sama juga terjadi di negara-negara berkembang lainnya seperti India, Malaysia dan Vietnam (Narayana, 2009, Sivapalan, 2003; Uyen, 2009). Dilihat dari hasil perhitungan pada Tabel.1, sampah organik ini sebenarnya memiliki nilai HHV yang cukup tinggi. Namun keberadaan air yang sangat besar, mengambil peran besar dalam reduksi nilai kalor. HHV sampah ini berkisar antara 4400-9800 kkal/kg kering, namun LHV hanya berkisar antara 300-5000 kkal/kg. Sampah ini jarang dimanfaatkan dalam konsep WTE dengan pengolahan secara termal atau RDF karena nilai kalornya yang kecil. Sampah yang mengandung banyak organik biodegradable ini lebih sering dimanfaatkan untuk pembuatan kompos (pada pengolahan secara aerob) atau dengan anaerobic digester untuk mendapatkan gas bio.

Sampah kebun

Sama seperti sampah makanan dan pasar, kadar air cukup besar mengakibatkan kesulitan dalam pemanfaatannya dalam WTE. Pada prakteknya, sampah jenis ini lebih banyak dibakar di alam bebas, tanpa adanya perhatian mengenai proses pembakaran dan kemungkinan pencemaran udara. Kadar volatil sampah kebun cukup bervariasi bergantung pada jenis sampahnya. Kayu memiliki materi organik yang cukup tinggi, dan menyisakan abu yang cukup rendah. Karena volatilitasnya tinggi, nilai kalor kayu pun tinggi, sekitar 4700 kkal/kg kering. Sedangkan untuk daun dan rumput berkisar antara 4000 kkal/kg kering.

Berdasarkan perhitungan nilai kalor dari sampah plastik di TPA Batu Layang didapat sebesar 288.000.000 kkal/hari dengan komposisi sampah plastik sebesar 12%. Sehingga jumlah sampah di TPA Kota Pontianak yang berpotensi menjadi bahan baku untuk RDF, sebesar 36.000 kg/hari.

5.6 Mengkaji kelebihan dan kekurangan RDF.

Sampah pada zona pasif TPA yang diolah menggunakan metode ini dapat

diubah menjadi bahan bakar berupa briket. Bahan bakar tersebut dapat digunakan untuk menghasilkan energi pembakaran, khususnya untuk kegiatan yang menggunakan proses pembakaran di boiler seperti PLTU. Pada RDF tidak terdapat produk sampingan karena sampah yang akan menjadi bahan baku telah dipilah sebelumnya. Sehingga tidak terdapat material yang tidak diinginkan dan bisa menurunkan kualitas RDF yang dihasilkan.

Namun jika metode ini diterapkan untuk mengolah sampah di Kota Pontianak, ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan salah satunya adalah kelembaban. Tingkat kelembaban di Kota Pontianak dapat dilihat pada **Tabel 5.6** berikut ini:

Tabel 5. 6 Kelembaban udara di Kota Pontianak dan sekitarnya

Stasiun meteorologi	Rata-rata kelembapan		
	2018	2019	2020
Siantan, Mempawah	86,00	85,00	85,00
Supadio, Kuburaya	84,00	84,00	85,00
Maritim, Pontianak	82,00	81,00	84,00

Sumber: Badan Pusat Statistik Kalimantan Barat (2021)

Dapat dilihat bahwa Kota Pontianak memiliki tingkat kelembaban yang cukup tinggi, sehingga hal ini dapat mempengaruhi kondisi sampah. Sampah akan berada dalam kondisi basah dan akan menurunkan nilai kalor. Sampah dengan tingkat kadar air yang tinggi harus benar – benar kering dan maksimal hanya menyisakan kadar air kurang dari 20%.

Selain kelembaban, hal lain yang perlu dipertimbangkan adalah sampah yang tercampur. Dalam Laporan Studi Kesiapan Masyarakat Dalam Pengurangan Sampah di Kota Pontianak (2017), masyarakat belum memilah dan cenderung membuang langsung sampah tanpa memilah organik dan anorganik. Studi yang sama menyebutkan masyarakat bersedia membayar untuk mendapatkan pelayanan persampahan (termasuk pemilahan). Laporan Studi Perilaku Masyarakat Dalam membuang Sampah di TPS (2016) menyebutkan jika masyarakat cenderung membuang sampah rumah tangga yang tercampur ke TPS dengan mewadahi sampah menggunakan kantong plastik kresek.

Sehingga jika ingin menggunakan metode ini untuk pengolahan sampah, maka juga harus disediakan proses pre-treatment. Sampah yang akan digunakan harus melalui proses pre-treatment terlebih dahulu sebelum bisa diproses lebih lanjut.

Ada beberapa tahapan pre-treatment yang harus dilakukan, yaitu pemilahan, pencacahan, pengeringan dan pengayakan. Pemilahan dilakukan karena tidak semua sampah yang dihasilkan dapat dijadikan bahan baku untuk RDF dan pengeringan dilakukan agar meningkatkan nilai kalor dari sampah tersebut.

5.7 Komponen utama PLTS

a. Panel Surya

Sel surya pada dasarnya sebuah foto dioda yang besar dan dirancang dengan mengacu pada gejala photovoltaik sehingga dapat menghasilkan daya sebesar mungkin. Sel surya mempunyai pengertian yaitu suatu elemen aktif yang mengubah cahaya matahari menjadi listrik. Pengertian tersebut berdasarkan irisan sel surya yang terdiri dari bahan semi konduktor positif dan negatif dengan ketebalan minimum 0,3 mm, yang apabila suatu cahaya jatuh padanya, maka pada kedua kutubnya timbul perbedaan tegangan sehingga menimbulkan suatu arus searah. Silikon jenis P merupakan lapisan permukaan yang dibuat sangat tipis supaya cahaya matahari dapat menembus langsung mencapai junction. Bagian P ini diberi lapisan nikel yang berbentuk cincin sebagai terminal keluaran positif. Di bawah bagian P terdapat bagian jenis N yang dilapisi dengan nikel juga sebagai terminal keluaran negatif.

Untuk saat ini pilihan penggunaan panel surya telah beragam, tergantung dari kebutuhan dan kondisi lingkungan tempat penggunaan panel. Berikut beberapa jenis-jenis panel surya yang beredar di pasaran :

1. Mono-Crystalline

Jenis ini terbuat dari batangan kristal silikon murni yang diiris tipis-tipis. Kirakira hampir sama seperti pembuatan keripik singkong. Satu singkong diiris tipis-tipis, untuk menghasilkan kepingan-kepingan keripik yang siap

digoreng. Itu singkong yang mudah diiris tipis- tipis, beda dengan kristal silikon murni yang membutuhkan teknologi khusus untuk mengirisnya menjadi kepingan-kepingan kristal silikon yang tipis.

Dengan teknologi seperti ini, akan dihasilkan kepingan sel surya yang identik satu sama lain dan berkinerja tinggi. Sehingga menjadi sel surya yang paling efisien dibandingkan jenis sel surya lainnya, sekitar 15% - 20%. Mahalnya harga kristal silikon murni dan teknologi yang digunakan, menyebabkan mahalnya harga jenis sel surya ini dibandingkan jenis sel surya yang lain di pasaran. Sel-sel surya monocrystalline juga dikenal sebagai sel-sel kristal tunggal. Monocrystalline sangat mudah diidentifikasi karena berwarna hitam pekat. Sel monocrystalline terbuat dari bentuk silikon yang sangat murni, membuatnya menjadi bahan paling efisien untuk konversi sinar matahari menjadi energi.

2. Poly-Crystalline

Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur atau dicairkan kemudian dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikonnya tidak sempurna pada sel surya monocrystalline, karenanya sel surya yang dihasilkan tidak identik satu sama lain dan efisiensinya lebih rendah, sekitar 13% - 16%. Tampilannya nampak seperti ada motif pecahan kaca di dalamnya. Bentuknya yang persegi, jika disusun membentuk panel surya, akan rapat dan tidak akan ada ruangan kosong yang sia-sia seperti susunan pada panel surya monocrystalline di atas. Proses pembuatannya lebih mudah di banding monocrystalline, karenanya harganya lebih murah. Jenis ini paling banyak dipakai saat ini. Panel surya pertama berdasarkan silikon polycrystalline yang juga dikenal sebagai polysilicon (p-Si) dan multi-kristal silikon (mc-Si), diperkenalkan ke pasar pada tahun 1981.

3. Thin Film Solar Cell

Jenis sel surya ini diproduksi dengan cara menambahkan satu atau beberapa lapisan material sel surya yang tipis ke dalam lapisan dasar. Sel surya jenis ini sangat tipis karenanya sangat ringan dan fleksibel. Jenis ini dikenal juga dengan nama TFPV (Thin Film Photovoltaic).

b. Solar Charger Controller (SCC)

Salah satu komponen atau alat yang juga ada didalam rangkaian suatu Pembangkit Listrik Tenaga Surya yaitu SCC, dimana alat ini memiliki fungsi sebagai pengatur arus listrik baik terhadap arus yang masuk dari panel surya menuju baterai maupun arus beban keluar atau digunakan dari suatu baterai. Sehingga dapat menjaga baterai dari pengisian atau pemakaian daya yang berlebihan sehingga tidak menyebabkan kerusakan pada baterai.

c. Inverter

Inverter adalah rangkaian yang mengubah tegangan DC menjadi AC. Atau lebih tepatnya inverter memindahkan tegangan dari sumber DC ke beban AC. Sumber tegangan inverter dapat berupa baterai, Panel Surya maupun sumber tegangan DC lainnya. Berdasarkan gelombang keluaran yang dihasilkan, inverter dapat dibagi menjadi 3 macam yaitu square wave, modified sine wave, dan pure sine wave.

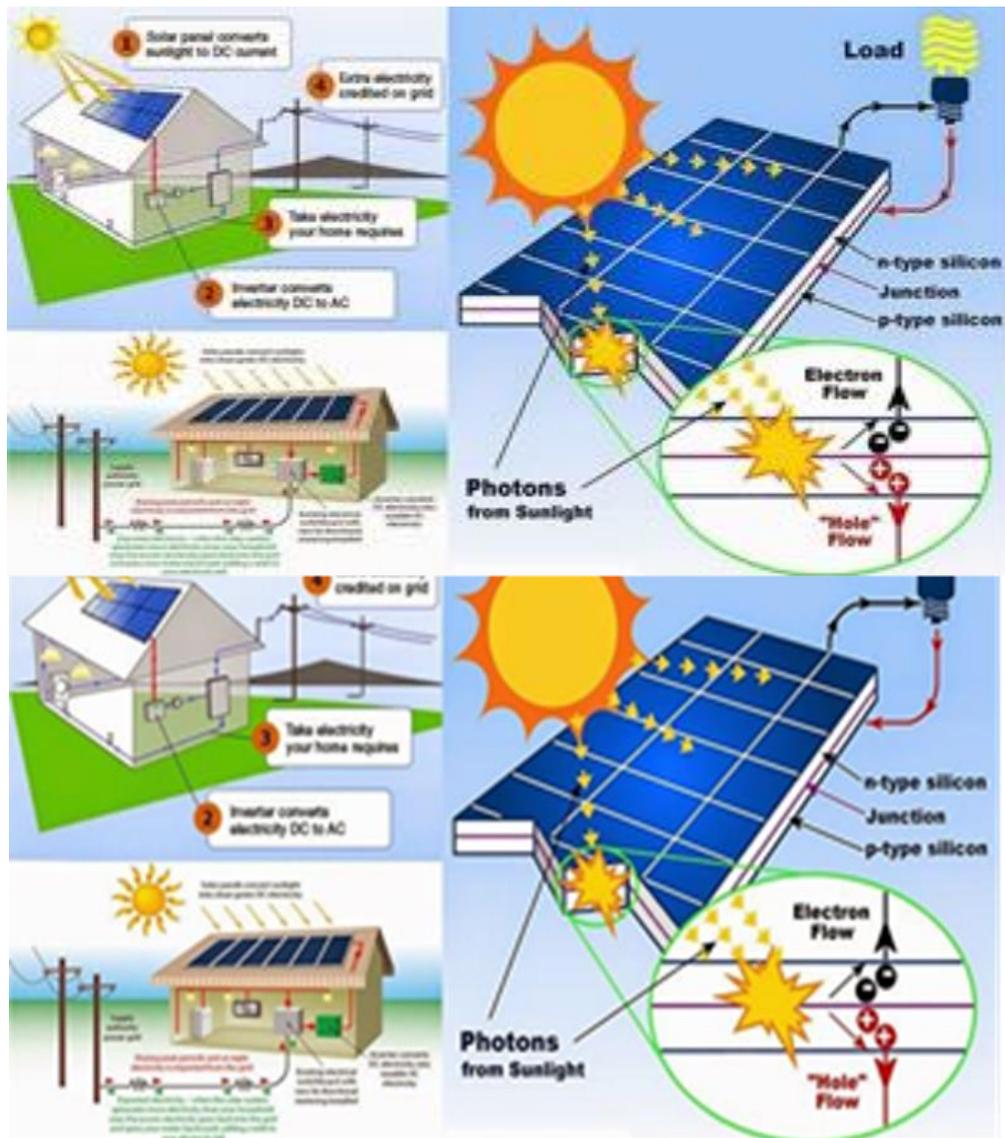
1. Square Wave Inverter ini adalah yang paling sederhana. Walaupun inverter jenis ini dapat menghasilkan tegangan 220V AC, 50 Hz namun kualitasnya sangat buruk. Sehingga hanya dapat digunakan pada beberapa alat listrik saja. Hal ini disebabkan karena karakteristik output inverter ini adalah memiliki level total harmonic distortion yang tinggi.
2. Modified Sine Wave Modified Sine Wave disebut juga Modified Square Wave atau Quasy Sine Wave karena gelombang modified sine wave hampir sama dengan square wave, namun pada modified sine wave outputnya menyentuh titik 0 untuk beberapa saat sebelum pindah ke positif atau negatif. Selain itu karena modified sine wave mempunyai harmonic distortion yang lebih sedikit dibanding square wave maka dapat dipakai untuk beberapa alat listrik seperti komputer, tv dan lampu. Namun tidak bisa untuk beban-beban yang lebih sensitif.
3. Pure Sine Wave Pure Sine Wave atau true sine wave merupakan gelombang inverter yang hampir menyerupai gelombang sinusoida sempurna, Dengan total harmonic distortion (THD) $< 3\%$. Sehingga cocok untuk semua alat elektronika. Oleh sebab itu inverter ini juga disebut clean power supply.

Teknologi yang digunakan inverter jenis ini umumnya disebut pulse width modulation (PWM) yang dapat mengubah tegangan DC menjadi AC dengan bentuk gelombang yang hampir sama dengan gelombang sinusoidal.

5.8 Prinsip Kerja PLTS

Sel surya bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai contoh untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon didoping oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon didoping oleh atom fosfor. Ilustrasi dibawah menggambarkan junction semikonduktor tipe-p dan tipe- n.

Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n, dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana ketika cahaya matahari mengenai susuna p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif, yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik, dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Ilustrasi Prinsip Kerja Panel Surya

5.9 Perhitungan Energi Listrik yang Dihasilkan Oleh Panel Jenis Monocrystalline dan Polycrystalline

- **Panel *Monocrystalline***

Diketahui data dari panel surya jenis *Monocrystalline* yang digunakan sebagai perhiungan sebagai berikut:

$$a_p = -0.387\% ^\circ C$$

$$T_{c,NOCT} = 42^\circ C$$

$$\eta_{mp} = 19.18 \%$$

$$P_{PV} = 320 \text{ WP}$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan rumus dari persamaan sebagai berikut :

$$f_{temp1} = 1 + a_p \left[T_{a+1T} \left(\frac{T_{c.NOCT} - T_{a.NOCT}}{1T.NOCT} \right) - T_{c.STC} \right]$$

$$f_{temp1} = 1 + (-0,00387) \left[31,72 + 0,61262 \left(\frac{42-20}{0,8} \right) - 25 \right]$$

$$f_{temp1} = 1 + (0,00387)[31,72 + 16,84705 - 25]$$

$$f_{temp1} = 1 + (-0,00387)(23,56705)$$

$$f_{temp1} = 0,9088$$

$$f_{temp2} = 1 + a_p l_T \left(\frac{T_{c.NOCT} - T_{a.NOCT}}{l_T.NOCT} \right) \frac{\eta_{mp}}{0,9}$$

$$f_{temp2} = 1(-0,00387)0,61262 \left(\frac{42-20}{0,8} \right) \frac{0,1918}{0,9}$$

$$f_{temp2} = 1 + (-0,00389)(0,61262 \times 27,5 \times 0,2131)$$

$$f_{temp2} = 1 + (-0,13893)(0,61262 \times 27,5 \times 0,2131)$$

$$f_{temp2} = 0,9861$$

$$f_{temp} = \frac{f_{temp1}}{f_{temp2}} = \frac{0,9088}{0,9861} = 0,9216$$

$$P_{PV} = P_{PVSTC} \times f_{PV} \times f_{temp} \left(\frac{IT}{IT,STC} \right)$$

$$P_{PV} = 0,32 \times 0,85 \times 0,9216 \left(\frac{0,61262}{1} \right)$$

$$= 0,1521 kWh$$

- Panel *Polycrystalline*

Diketahui data dari panel surya jenis *Polycrystalline* yang digunakan sebagai perhitungan sebagai berikut:

$$a_p = -0,4218 \%^{\circ}C$$

$$T_{c.NOCT} = 45^{\circ}C$$

$$\eta_{mp} = 16,50 \%$$

$$P_{PV} = 320 WP$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan rumus dan persamaan sebagai berikut :

$$f_{temp1} = 1 + a_p \left[T_{a+lT} \left(\frac{T_{c.NOCT} - T_{a.NOCT}}{l_T.NOCT} \right) - T_{c,STC} \right]$$

$$f_{temp1} = 1 + (-0,004218)[31,27 + 0,61262 \left(\frac{45-20}{0,8} \right) - 25]$$

$$f_{temp1} = 1 + (-0,004218)[31,72 + 19,144375 - 25]$$

$$f_{temp1} = 1 + (-0,004218)(25,864375)$$

$$f_{temp1} = 0,8909$$

$$f_{temp2} = 1 + a_p l_T \left(\frac{T_{c,NOCT} - T_{a,NOCT}}{l_{T,NOCT}} \right) \frac{\eta_{mp}}{0,9}$$

$$f_{temp2} = 1(-0,004218)0,61262 \left(\frac{45-20}{0,8} \right) \frac{0,165}{0,9}$$

$$f_{temp2} = 1(-0,004218)(19,14437 \times 0,1833)$$

$$f_{temp2} = 0,9852$$

$$f_{temp} = \frac{f_{temp1}}{f_{temp2}} = \frac{0,8909}{0,9852} = 0,9043$$

$$f_{PV} = P_{PVSTC} \times f_{PV} \times f_{temp} \left(\frac{l_T}{l_{T,STC}} \right)$$

$$P_{PV} = 0,32 \times 0,85 \times 0,9043 \left(\frac{0,61262}{1} \right)$$

$$= 0,1507 \text{ kWh}$$

Dari hasil perhitungan secara manual diatas, maka didapatkan daya yang dihasilkan oleh masing-masing panel yaitu panel *monocrystalline* sebesar 0,1521 kWh dan panel *polycrystalline* sebesar 0,1507 kWh

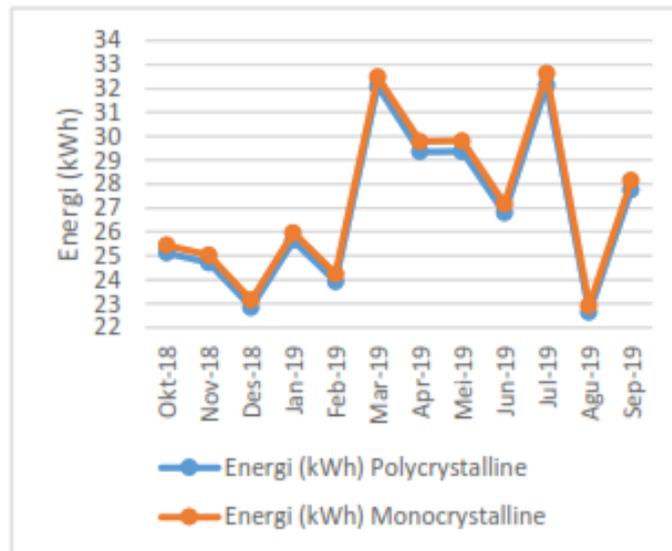
5.10 Hasil Perhitungan Energi Listrik Setahun

Hasil perhitungan energi listrik setahun merupakan penjumlahan energi listrik keluaran dari panel surya perjam selama setahun. Dalam proses perhitungannya dibantu oleh progam aplikasi MATLAB untuk memudahkan dalam menghitung data selama satu tahun dalam perjam. Berikut data tabel dan grafik :

Tabel 5.7 Energi Listrik Setahun Panel *Monocrystalline* dan *Polycrystalline*

No.	Bulan	Energi (kWh)	
		Panel <i>Monocrystalline</i>	Panel <i>Polycrystalline</i>
1	Okt-2018	25,44	25,12
2	Nov-2018	25,03	24,71
3	Des-2018	23,15	22,84
4	Jan-2019	25,97	22,64
5	Feb-2019	24,25	23,93
6	Mar-2019	32,48	32,09
7	Apr-2019	29,78	29,35
8	Mei-2019	29,80	29,36
9	Jun-2019	27,17	26,79
10	Jul-2019	32,62	32,13

No.	Bulan	Energi (kWh)	
		Panel <i>Monocrystalline</i>	Panel <i>Polycrystalline</i>
11	Agu-2019	22,92	22,64
12	Sep-2019	28,15	27,76
Total (kWh)		326,7419	322,3656

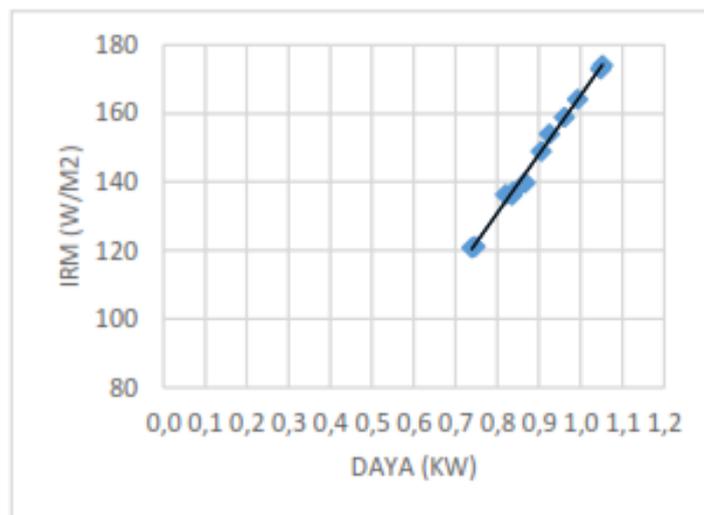


Gambar 5.2 Grafik Perbandingan Energi Setahun Panel *Polycrystalline* dan *MonoCrystalline*

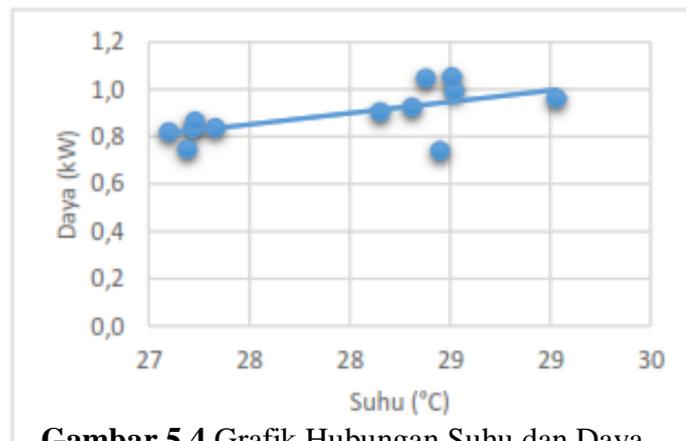
Dari hasil energi listrik setahun yang dapat dilihat pada tabel dan grafik di atas terlihat bahwa hasil energi listrik dari kedua panel memiliki perbedaan. Panel surya dengan jenis *Monocrystalline* memiliki energi total selama setahun sebesar 326,7419 kWh sedangkan panel surya jenis *Polycrystalline* memiliki energi total selama setahun sebesar 322,3656 kWh. Panel surya jenis *Monocrystalline* memiliki energi total lebih besar dari panel surya jenis *Polycrystalline*, dengan selisih energi total dari kedua panel tersebut adalah 4,3763 kWh. Panel surya jenis *Monocrystalline* memiliki energi total lebih besar dibandingkan dengan panel surya jenis *Polycrystalline* hal ini sesuai dengan besarnya efisiensi yang dimiliki oleh masing-masing panel surya. Panel surya jenis *Monocrystalline* memiliki efisiensi lebih besar dibandingkan panel surya jenis *Polycrystalline*, nilai efisiensi panel surya yang besar akan mempengaruhi nilai dari temperatur sel surya (TC), semakin besar efisiensi maka nilai TC akan semakin kecil sehingga akan berpengaruh pada nilai faktor susut daya akibat temperatur (f_{temp}), semakin kecil nilai TC maka nilai f_{temp} semakin besar. Besarnya nilai f_{temp}

mempengaruhi daya keluaran panel surya PPV karena f_{te} sebagai pengali sehingga PPV akan semakin besar. Selain dari efisiensi panel surya, perbedaan hasil energi total dari kedua jenis panel tersebut juga dipengaruhi oleh nilai temperatur nominal sel surya (T_c , NOCT), panel surya jenis Monocrystalline memiliki nilai T_c , NOCT lebih kecil dari panel jenis Polycrystalline. Nilai T_c , NOCT yang kecil akan mempengaruhi nilai dari temperatur sel surya (TC), semakin kecil T_c , NOCT maka nilai TC akan semakin kecil sehingga akan berpengaruh pada nilai faktor susut daya akibat temperatur (f_{temp}), semakin kecil nilai TC maka nilai f_{temp} semakin besar. Besarnya nilai f_{temp} mempengaruhi daya keluaran panel surya PPV karena f_{te} sebagai pengali sehingga PPV akan semakin besar.

5.11 Grafik IRM dan Suhu Sekitar Terhadap Daya Keluaran Panel Surya



Gambar 5.3 Grafik Hubungan IRM dan Daya



Gambar 5.4 Grafik Hubungan Suhu dan Daya

Daya listrik yang dihasilkan oleh suatu panel surya dipengaruhi oleh IRM dan Suhu, semakin besar nilai IRM maka semakin besar pula daya listrik yang dihasilkan. Seperti yang tampak pada grafik di atas, rata-rata daya listrik yang dihasilkan oleh panel paling kecil sebesar 0,74 kW dengan rata-rata intensitas radiasi matahari sebesar 120,85 W/m², kemudian di ikuti dengan daya listrik yang semakin meningkat sesuai dengan peningkatan intensitas radiasi matahari yang diterima oleh panel surya. Adapun untuk daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya paling besar yaitu 1,05 kW dengan rata-rata intensitas radiasi matahari sebesar 173,93 W/m² dan 172,95 W/m². Pada grafik pengaruh suhu terhadap daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya, penulis melihat terdapat pengaruh yang ditimbulkan oleh suhu terhadap daya listrik yang dihasilkan panel namun tidak terlalu besar pengaruhnya dikarenakan perbedaan rata-rata suhu sekitar hanya satu sampai dua derajat. Hal ini terlihat pada bulan Juli dan Maret 2019 tampak bahwa hasil daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya memiliki nilai yang sama yaitu 1,05 kW, padahal keduanya memiliki perbedaan rata-rata intensitas radiasi matahari yaitu untuk bulan Maret memiliki nilai rata-rata intensitas radiasi sebesar 172,95 W/m dan bulan Juli sebesar 173, 93 W/m². Apabila dilihat dari sisi pengaruh IRM maka akan terdapat perbedaan daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya, pada bulan Juli seharusnya memiliki daya listrik yang lebih besar dibandingkan bulan Maret. Hal ini disebabkan terdapat perbedaan suhu diantara keduanya, sehingga mempengaruhi daya listrik yang dihasilkan panel surya, pada bulan Maret rata-rata suhu sekitar yaitu sebesar 27,38 °C dan pada bulan Juli sebesar 28,58 °C. Walaupun pada bulan Juli rata-rata IRM lebih besar namun memiliki rata-rata suhu sekitar lebih tinggi sehingga mempengaruhi daya listrik panel surya, ketika suhu lingkungan sedang tinggi maka daya keluaran dari panel surya menurun, sel surya akan beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal. Inilah yang menyebabkan daya listrik panel surya pada bulan Maret dan Juli memiliki nilai yang sama walaupun IRM bulan Juli lebih besar.

5.12 Daya Listrik Yang Dihasilkan Dari Energi Yang Ada Di Kota Pontianak

Dari beberapa energi yang ada di kota Pontianak sebagai energi terbarukan, dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 5.8 jenis energi serta daya listrik yang dihasilkan di kota Pontianak

No	Jenis energi	Daya listrik yang dihasilkan	Keterangan
1	Energi air	3,087 kWh/tahun	Tidak rekomendasi
2	Energi angin	5,52 kWh/tahun	Tidak rekomendasi
3	Energi matahari	326,7419 kWh/tahun	Rekomendasi
4	Energi gambut	5900 kWh/tahun	Rekomendasi
5	Energi sampah	306,528 kWh/tahun	Rekomendasi

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa energi air tidak rekomendasi karena hanya menghasilkan listrik 3,087 kWh/tahun, energi angin juga tidak rekomendasi karena hanya menghasilkan listrik 5,52 kWh/tahun. Sedangkan energi yang direkomendasikan yaitu energi matahari dengan menghasilkan daya listrik 326,7419 kWh/tahun, energi gambut menghasilkan daya listrik sebesar 5900 kWh/tahun, serta energi sampah menghasilkan daya listrik sebesar 306,528 kWh/tahun. Ketiga energi tersebutlah yang berpotensi untuk dikembangkan di kota Pontianak agar diharapkan mampu menjadi energi alternatif yang ada di kota Pontianak.

5.13 Kelebihan Dan Kekurangan Energi Terbarukan Yang Direkomendasikan

Dari energi terbarukan yang direkomendasikan yaitu energi matahari, energi gambut serta energi sampah memiliki kelebihan dan kekurangan dari berbagai aspek akan tetapi dengan adanya kajian ini diharapkan mampu mencari solusi dari kekurangan dan memaksimalkan kelebihan dari energi-energi tersebut. Berikut merupakan kelebihan dari energi-energi tersebut.

- Kelebihan energi sampah
Material limbah yang berada di area pembuangan sampah dapat dimanfaatkan sebagai pembangkit energi listrik untuk konsumsi domestik.
- Kelebihan energi gambut
Kota Pontianak merupakan daerah yang sebagian besar wilayahnya adalah lahan gambut, dengan memanfaatkan gambut menjadi energi listrik dapat mengurangi kebakaran lahan di kota Pontianak yang diakibatkan oleh lahan gambut.
- Kelebihan energi matahari
Memanfaatkan sinar matahari tanpa biaya, sesuai untuk daerah tropis, serta ramah lingkungan dan tidak akan pernah habis. Hal-hal tersebut merupakan kelebihan dari energi matahari.

Selain memiliki kelebihan, energi-energi tersebut juga memiliki kekurangan. Berikut merupakan kekurangan dari energi-energi tersebut.

- Kekurangan energi sampah
Selain menghasilkan gas metan, tumpukan sampah juga menghasilkan berbagai gas berbau yang sangat berat, bukan hanya memberikan efek buruk pada lingkungan saja tetapi juga menimbulkan gangguan serius pada kesehatan.
- Kekurangan energi gambut
Eksploitasi gambut ternyata memiliki dampak yang nyata terhadap peningkatan kadar CO₂ di permukaan bumi yang mengakibatkan Indonesia menjadi negara penyuplai CO₂ kedua terbesar di dunia. Siklus hidrologi akan menjadi rusak diakibatkan karena media penyerapan airnya sudah tidak berfungsi dengan baik.
- Kekurangan energi matahari
Untuk memanfaatkan energi matahari sebagai energi listrik memiliki biaya awal yang besar, selain itu energi surya bergantung pada cuaca walaupun energi matahari masih dapat diperoleh saat mendung dan hujan namun efisiensinya mengalami penurunan.

Bab VI. PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari kajian ini adalah:

1. Dari beberapa sumber energi terbarukan di Kota Pontianak, sampah, gambut dan matahari adalah sumber energi terbarukan yang paling potensial karena terus menerus dihasilkan dan dalam jumlah yang cukup banyak.
2. Dengan asumsi bahwa dari total sumber daya teroka gambut yang ada diperkirakan hanya 50 % sebagai faktor pengubah yang dapat digunakan secara efektif.
3. berdasarkan faktor beban 80 % kebutuhan gambut pertahun sebesar 395.952 ton/tahun.
4. Pemanfaatan sampah menjadi sumber energi terbarukan dengan metode RDF memerlukan investasi yang cukup besar, sehingga diperlukan kajian secara khusus.
5. Dengan adanya program pengurangan sampah, maka jumlah sampah yang akan digunakan sebagai bahan baku RDF atau dapat diproses menggunakan RDF akan berkurang. Sehingga disarankan RDF dikembangkan untuk tujuan khusus, misalnya mengurangi sampah yang masuk dan diproses dalam TPA. RDF juga ditujukan untuk “menghabiskan” sampah di dalam zona pasif atau sel yang tidak aktif. Sehingga sel pasif dapat dikosongkan dan digunakan kembali untuk menimbun atau menampung sampah baru. Dengan demikian usia pakai TPA akan bertambah panjang.
6. Penggunaan RDF untuk mengelola sampah layak dilakukan di Kota Pontianak, namun membutuhkan kajian khusus karena terdapat beberapa pertimbangan seperti tingkat kelembaban udara serta kondisi sampah yang tercampur dan cenderung basah. Sehingga penggunaan RDF memerlukan infrastruktur untuk proses pengolahan awal (pretreatment: pemisahan dan pengeringan) atau lahan yang luas untuk tempat pemisahan dan pengeringan. Proses pengeringan sampah memerlukan energi, sehingga jika sampah yang akan diproses berjumlah banyak dan dalam kondisi basah, maka energi yang

diperlukan untuk menghasilkan RDF akan relatif besar bahkan melebihi energi yang dihasilkan. Pada kondisi seperti ini, maka alternatifnya adalah:

(1) sampah dipisah sejak dari sumber agar tidak tercampur dan basah (2) perbaikan manajemen TPS dan pengangkutan untuk mengurangi risiko tercampur dan basah (3) menggunakan RDF untuk tujuan mengurangi sampah yang ditimbun dalam sel sehingga usia pakai TPA menjadi panjang dan (4) energi yang dihasilkan digunakan untuk ebutuhan TPA sendiri (kantor, mess, lab) atau warga sekitar TPA.

7. Teknologi pengolahan sampah menjadi energi dengan metode RDF dapat diterapkan di kota Pontianak dengan mempertimbangkan: biaya investasi pembangunan sistem dan infrastrukturnya, lokasi pemanfaatan teknologi, kondisi sampah (volume, komposisi, tercampur atau tidak, kadar air), iklim (kelembaban), serta kondisi sosial budaya warga Kota Pontianak.
8. Sel surya pada dasarnya sebuah foto dioda yang besar dan dirancang dengan mengacu pada gejala photovoltaik sehingga dapat menghasilkan daya sebesar mungkin.
9. Sel surya bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar.
10. Panel surya dengan jenis Monocrystalline memiliki energi total selama setahun sebesar 326,7419 kWh sedangkan panel surya jenis Polycrystalline memiliki energi total selama setahun sebesar 322,3656 kWh.
11. Daya listrik yang dihasilkan oleh panel paling kecil sebesar 0,74 kW dengan rata-rata intensitas radiasi matahari sebesar 120,85 W/m², kemudian di ikuti dengan daya listrik yang semakin meningkat sesuai dengan peningkatan intensitas radiasi matahari yang diterima oleh panel surya. Adapun untuk daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya paling besar yaitu 1,05 kW dengan rata-rata intensitas radiasi matahari sebesar 173,93 W/m² dan 172,95 W/m².

6.2 Saran

Adapun saran dari kajian ini adalah:

1. Gambut yang dapat digunakan hanya yang berketebalan dibawah 3 meter, oleh sebab itu pemerintah harus dapat memaksimalkan potensi dari energi gambut dengan sebaik mungkin.
2. Banyak melakukan observasi dan kajian agar potensi energi gambut tidak salah dalam pemanfaatan dan tepat sasaran.
3. Menetapkan target pengelolaan sampah, apakah untuk sumber energi sebagai bagian dari sistem energi kota, atau sebagai sumber energi untuk kegiatan khusus, atau guna mengurangi sampah. Target akan menentukan ukuran sistem pengolahan yang diperlukan dan keberlanjutan (*sustainability*) sistem setelah dibangun.
4. Menghitung biaya investasi dan potensi energi yang dapat diperoleh sesuai dengan target pengelolaan sampah dan sasaran (proyeksi) pemanfaatan energi.
5. Sumber energi terbarukan lain yang juga potensial adalah sinar matahari. Pemanfaatannya akan optimal bila diarahkan untuk pemanfaatan aktif dan pasif. Teknologi aktif mengubah energi surya ke bentuk energi lain misalnya energi listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adani, F., Baido, D., Calcaterra, E., Genevini, P., 2002. The influence of biomass temperature on biostabilization-biodrying of municipal solid waste. *Bioresour. Technol.* 83, 173–179
- Brown, C. E. (2011). Hydroelectric Power. *World Energy Resources*, 129–137. https://doi.org/10.1007/978-3-642-56342-3_6.
- Damanhuri, Enri dan Padmi, Tri (2006). *Pengolahan Sampah*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Economic Cooperation. (2010). Energy supply and demand: trends and prospects. *Fuel*, (Figure 2), 5–20.
- Gendebien, A., A. Leavens, K. Blackmore, A. Godley, K. Lewin, K.J. Whiting and R. Davis. 2003. Refuse derived fuel, current practice and perspectives. Final report of European Commission-Directorate General Environment, pp. 1-8.
- Kathiravale, Sivapalan, Muhd. Noor Muhd Yunus, K.Sopian, A.H.Samsuddin, and R.A.Rahman. (2003). Modeling the heating value of municipal solid waste. *Fuel* 82 (2003) 1119-1125
- Kholiq, I. (2015). Pemanfaatan Energi Alternatif Sebagai Energi Terbarukan Untuk Mendukung Substitusi BBM. Surabaya: Jurnal IPTEK. Vol. 19 (2).
- Kumar, S., 2016. *Municipal Solid Waste Management in Developing Countries*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Mohammed, M., Donkor, A., Ozbay, I., 2018. Bio-Drying of Biodegradable Waste for Use as Solid Fuel: A Sustainable Approach for Green Waste Management. *Agric. Waste Residues* 6, 89–104.

- Narayana, Tapan. (2009). Municipal solid waste management in India : From waste disposal to recovery of resources. *Waste Management* 29 (2009) 1163-1166.
- Novita, D.M., Damanhuri, E., 2010. Perhitungan Nilai Kalor Berdasarkan Komposisi dan Karakteristik Sampah Perkotaan di Indonesia dalam Konsep Waste to Energy. *J. Tek. Lingkungan*. 16, 103–114.
- Nugroho, Hunggul Y.S.H & Sallata, M. Kudeng (2015) *Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)*. Yogyakarta: CV ANDI OFFSET
- Ramadhan, A., dan Ali, M., 2013. *Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis*, *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* Vol. 4 No. 1.
- Setyono, J., Mardiansjah, FH., Astuti, MFK. 2019. Potensi Pengembangan Energi Baru dan Energi Terbarukan di Kota Semarang. *Jurnal Riptek*. Vol. 13 (2) 177 - 186.
- Shuqing, Z., Wenxiong, H., Ran, Y., Song, Y., Dandan, H., Chang, L., 2014. The effect of bio-drying pretreatment on Heating Values of Municipal Solid Waste. *Adv. Mater. Res.* 1010–1012, 537–546.
- Takeshita, Yukitoshi, Kiyoshi Kato, Kazue Takahashi, Yoshiyuki Sato, and Shiro Nishi. (2003). Basic study on treatment of waste polyvinyl chloride plastics by hydrothermal decomposition in subcritical and supercritical regions of Supercritical Fluids 31 (2003) 185-193.
- Toor, S. S. Rosendahl, L. dan Rudolf, A. (2011),” Review: Hydrothermal liquefaction of biomass :A review of subcritical water technologies”, *Energy*, 36, 2328- 2342.
- Timmons, D., Harris, J. M., & Roach, B. (2014). *The Economics of Renewable Energy*.
- Wahyuni, S. (2009). *Biogas*. Jakarta: Penebar Swadaya

Yunhua Zhu, Mary J. Bidy, Susanne B. Jones, Douglas C. Elliot, Andrew J. Schmidt. 2014. *Techno-economic analysis of liquid fuel production from woody biomass via hydrothermal liquefaction (HTL) and upgrading.* *Applied Energy* 129. www.elsevier.com/locate/apenergy

Yan Zhao, Wen-Jing Lu, Hong-Tao Wang, Jin-Long Yang. 2014. *Fermentable hexose production from corn stalks and wheat straw with combined supercritical and subcritical hydrothermal technology.* *Bioresource Technology.* www.elsevier.com/locate/biortech

Al-Jauhari, A. (2021). Kajian Penerapan dan Pemanfaatan Energi Terbarukan Kota Pontianak. *Dialog*, 44(1), i–Vi.