

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tenaga listrik merupakan sumber energi yang sangat penting bagi kehidupan manusia baik untuk kegiatan industri komersial dan rumah tangga, umumnya menggunakan bahan bakar fosil. Seperti yang kita ketahui bahan bakar fosil merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui dan penggunaan bahan bakar fosil yang terus menerus akan menyebabkan efek rumah kaca dan perubahan iklim. Energi fosil sesungguhnya menimbulkan berbagai macam permasalahan, setiap tahun permintaan akan energi listrik terus meningkat, namun tidak diimbangi dengan *supply* energi yang cukup. Permintaan yang terus meningkat disebabkan oleh beberapa faktor seperti meningkatnya jumlah penduduk, pertumbuhan ekonomi dan lain-lain (Novendra, 2021).

Sumber energi fosil tersebut terdiri dari minyak bumi, batubara, dan gas bumi. Pasokan energi fosil berasal dari sumber daya alam nasional yang semakin terbatas, sehingga proses impor minyak bumi menjadi prioritas utama untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar minyak yang ada di dalam negeri. Hal yang sama berlaku untuk gas bumi, dimana peningkatan penggunaan gas bumi membuka peluang impor LNG. Pembangkit listrik yang menggunakan batubara mendominasi pemenuhan kebutuhan listrik nasional, sehingga cadangan batubara terus berkurang seiring berjalannya waktu. Untuk menjaga keseimbangan pasokan energi, penting untuk meningkatkan peran energi berbasis terbarukan dalam memenuhi kebutuhan energi dalam negeri.

Indonesia merupakan Negara ke-5 terbesar dengan jumlah penduduk terbanyak di dunia yaitu sebesar 258 juta jiwa setelah China, India, Uni Eropa, dan Amerika. Diperkirakan penduduk Indonesia akan terus meningkat sebanyak 52%. Sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk maka akan berbanding lurus dengan peningkatan konsumsi energi. Peran energi sangat penting bagi kehidupan manusia seperti untuk bahan bakar pada kendaraan dan untuk membantu mempermudah pekerjaan manusia maka dapat di artikan semakin maju sebuah negara maka semakin maju pula teknologi yang di gunakan dan semakin banyak energi yang dibutuhkan (Novendra, 2021).

Sulawesi Selatan merupakan salah satu Provinsi di Indonesia yang berada di urutan ke-7 dengan jumlah penduduk terbanyak terhitung sampai Desember 2023, yaitu sebanyak 9.400.000 jiwa. Kebutuhan energi pada Provinsi Sulawesi Selatan sangat bergantung dengan adanya pasokan minyak bumi dan batu bara. Minyak bumi merupakan sumber energi yang banyak di gunakan untuk sektor transportasi dan sebahagian pembangkit energi listrik diesel di Sulawesi Selatan. Batu bara merupakan sumber energi yang digunakan pada sektor industri. Batu bara juga digunakan sebagai bahan bakar penggerak untuk mesin-mesin produksi pada pabrik.

Makassar merupakan ibu kota Provinsi Sulawesi Selatan yang selalu mengalami peningkatan penduduk setiap tahunnya, tercatat dalam kurun waktu 3 tahun terakhir jumlah penduduk Makassar meningkat sekitar 4000 ribu jiwa dari jumlah 1.427,619 jiwa pada tahun 2021 meningkat menjadi 1.436,626 jiwa pada tahun 2023. Meningkatnya

pertumbuhan penduduk di kota Makassar ini, maka masalah sampah juga menjadi perhatian yang cukup besar bagi masyarakat maupun pemerintah di kota ini. Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Antang yang merupakan pusat pemrosesan sampah utama di Makassar, kini menghadapi kesenjangan serius antara jumlah sampah yang diproduksi dan kapasitas untuk mengelolanya. Tumpukan sampah yang melampaui batas menjadi pemandangan yang tidak hanya mengganggu tetapi juga menciptakan risiko kesehatan bagi masyarakat setempat.

Pemerintah kota Makassar sebelumnya menyampaikan sudah memberikan atensi terhadap kondisi TPA Antang yang *over* kapasitas dan sulit menampung produksi sampah warga di Makassar yang sudah mencapai 800 ton setiap hari. Salah satu cara untuk mengatasinya dengan membuat proyek Pengolahan Sampah menjadi Energi Listrik (PSEL). Diketahui, pemerintah kota Makassar akan melakukan ground breaking proyek PSEL ini di sekitar Kawasan Industri Makassar (KIMA), yang akan dibangun di atas lahan seluas 5 hektare.

Pemanfaatan sampah untuk menjadi energi (*Waste To Energy [WTE]*) sudah banyak dilakukan, salah satunya untuk pembangkit listrik. Pembangkit listrik tenaga sampah dikenal sebagai PLTSa. Teknologi pemanfaatan sampah untuk menghasilkan energi listrik sudah banyak dikembangkan. Secara prinsip, proses sampah diubah menjadi energi listrik dilakukan melalui proses pembakaran langsung (*direct combustion*) ataupun tidak langsung (melalui proses konversi). Ada tiga proses konversi sampah menjadi energi yaitu melalui *thermochemical*, *physicochemical*, atau *biochemical*. Teknologi yang menggunakan proses konversi *thermochemical* antara lain, *Torrefaction* (torefaksi), *Plasma treatment*, *Gasification* (gasifikasi), *Pyrolysis* (pemanasan), dan *Liquefaction* (pelarutan) yang akan menghasilkan bahan bakar dalam bentuk padat atau cair. Teknologi yang menggunakan proses konversi *physicochemical* adalah *extraction* (ekstraksi), yang nantinya menghasilkan bahan bakar dalam bentuk cair. Sementara itu, teknologi yang menggunakan proses *biochemical*, antara lain: *fermentation* (fermentasi) dan *Anaerobic Digestion* (AD atau *Biodigester*) yang menghasilkan bahan bakar dalam bentuk gas. Bahan bakar inilah yang nantinya digunakan untuk menghasilkan energi panas yang akan menggerakkan turbin generator yang menghasilkan listrik (Qodriyatun, 2021).

1.2 Teori

1.2.1 Pengertian Sampah



Gambar 1 Sampah yang menumpuk

(Sumber : <https://images.app.goo.gl/oCM5itvog4YRm3oK7>)

Definisi sampah menurut Prof. Dr. Soekidjo Notoatmodjo adalah suatu bahan atau benda padat yang sudah tidak dipakai lagi oleh manusia atau bendabenda padat yang sudah tidak digunakan lagi dalam suatu kegiatan manusia dan dibuang (Kunarto dkk., 2022).

Sedangkan definisi lain menyatakan bahwa, sampah merupakan suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari sumber hasil aktivitas manusia maupun alam yang belum memiliki nilai ekonomis (Kunarto dkk., 2022).

Secara umum sampah terdiri dari dua jenis yaitu sampah organik (biasa disebut sebagai sampah basah) dan sampah anorganik (sampah kering). Sampah basah adalah sampah yang berasal dari makhluk hidup seperti daun-daunan, sampah dapur dan lain-lain. Sampah jenis ini dapat membusuk atau hancur secara alami (Kunarto dkk., 2022).

Atas dasar pendapat diatas, maka sampah dapat dibedakan atas dasar sifat-sifat biologis dan kimianya sehingga akan mempermudah dalam pengelolaannya sebagai berikut:

- a. Sampah yang dapat membusuk, seperti sisa makanan, daun, sampah kebun, pertanian dan sebagainya,
- b. Sampah yang tidak membusuk/sulit membusuk seperti kertas, plastik, karet, gelas, logam dan lain-lain,
- c. Sampah yang berupa debu atau abu (Kunarto dkk., 2022).

1.2.2 Komponen Sampah

Keragaman akan bermacam-macam jenis sampah dipedesaan dan perkotaan sangatlah berbeda ini dapat dilihat dari perkembangan yang ada disepuluh wilayah tersebut. Semakin banyak jumlah penduduk pada suatu daerah maka jumlah sampah yang dihasilkan juga lebih banyak dan beragam. Seperti dipedesaan, sampah yang terdapat dipedesaan bersifat sederhana dan mudah diurai menjadi kompos. Hal ini sesuai dengan keadaan di pedesaan tersebut yang masih bersifat alami dan tahu bagaimana cara memanfaatkan basil dari limbah sehingga menjadi sesuatu yang berguna dan tidak merusak lingkungan (Kunarto dkk., 2022).

Mengenai sampah di perkotaan jauh sangat berbeda dengan sampah di pedesaan. Sampah diperkotaan bersifat kompleks, hal ini dikarenakan tingginya perkembangan penduduk dan keberagaman tingkat sosial yang ada. Semakin tinggi tingkat sosial seseorang maka semakin banyak pula jumlah sampah yang dihasilkan dan ini juga berpengaruh kepada tingkat kesadaran terhadap lingkungan di sekitarnya (Kunarto dkk., 2022).

Dengan keberagaman hasil dari sampah ini maka sampah-sampah tersebut dapat dibagi berdasarkan macam-macam sumbernya:

- a. Sampah domestik Berasal dari asal katanya, maka sampah jenis ini berasal dari lingkungan di daerah pedesaan atau perkotaan.
- b. Sampah komersial Sampah jenis ini dihasilkan dari lingkungan perdagangan seperti toko, warung, restoran dan pasar atau toko swalayan.

- c. Sampah industri Sesuai dengan namanya maka sampah ini merupakan hasil dari proses kegiatan industri dan jenis sampah yang dihasilkan juga sangat bergantung pada kegiatan industri tersebut.
- d. Sampah alami dan lainnya Sampah jenis ini dapat berupa dedaunan, sisa bencana alam dan lain-lain (Kunarto dkk., 2022).

Secara kualitas maupun kuantitas sampah sangat dipengaruhi oleh berbagai kegiatan dan taraf hidup masyarakat. Beberapa faktor yang penting antara lain: jumlah penduduk, keadaan sosial ekonomi dan kemajuan teknologi. Wujud peran serta masyarakat dalam mengatasi masalah lingkungan ini telah diatur dalam Bab III UUPH tentang hak, kewajiban dan peran masyarakat. Masyarakat dalam hal ini merupakan produsen sampah yang mempunyai kewajiban untuk memelihara lingkungan seperti yang telah diatur dalam Pasal 6 ayat (1) dan ayat (2) UUPH sebagai berikut (Kunarto dkk., 2022).

1. Setiap orang berkewajiban memelihara kelestarian fungsi lingkungan hidup serta mencegah dan menanggulangi pencemaran dan perusakan lingkungan hidup.
2. Setiap orang yang melakukan usaha dan atau kegiatan berkewajiban memberikan informasi yang benar dan akurat mengenai pengelolaan lingkungan hidup.

1.2.3 Hubungan Sampah Dengan Kesehatan

Berbicara tentang sampah seperti kita ketahui, sampah mempunyai potensi dan dampak negatif untuk mencemari lingkungan, sedangkan lingkungan itu keberadaannya sangat berpengaruh terhadap berjangkitnya penyakit dan kesehatan lingkungan. Istilah sehat, sebenarnya tidak saja mengacu kepada suatu keadaan dimana tidak ada penyakit yang hidup. Sehat itu menandakan suatu keadaan yang seimbang antara jasmani, rohani dan kehidupan sosial (Kunarto dkk., 2022).

Secara garis besar lingkungan sangat mempunyai peranan yang sangat penting akan tercapainya kesejahteraan dan kesehatan hidup manusia, yaitu:

- a. Lingkungan memberi udara untuk pernafasan, air untuk minuman, bahan pangan untuk makanan dan ruangan untuk kesejahteraan dan kenyamanan.
- b. Lingkungan alami memberikan hasil-hasil berupa bahan baku untuk memproduksi barang konsumsi dan barang jasa bagi kepentingan kesejahteraan manusia.
- c. Sebagian faktor lingkungan biologis ternyata dapat juga menimbulkan penyakit pada manusia, dan sebagian dari penyakit tersebut dapat menular kepada seluruh masyarakat (Kunarto dkk., 2022).

Sistem penyebaran penyakit terutama penyakit menular sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor kontak antara penyebab penyakit seperti, media penyebaran dan individu yang rentan terhadap penyakit (inang). Sistem interaksi penyebaran penyakit ini mempunyai dua pola reaksi, yaitu lingkungan yang sangat buruk diantaranya menumpuknya sampah dapat menyebabkan suatu penyakit serta inang pembawa penyakit menyebarkan penyakit melalui sampah yang dihasilkannya. Disamping

masyarakat sebagai makhluk individu dan sosial yang dapat terkena dampak secara langsung sebagai akibat dari pengelolaan sampah yang kurang baik, masyarakat juga mempunyai hak-hak atas lingkungan yang baik dan sehat. Hak-hak masyarakat ini juga diatur dalam UUPH pada Pasal 5 ayat (1), ayat (2), ayat (3) yang berbunyi sebagai berikut (Kunarto dkk., 2022).

1. Setiap orang mempunyai hak yang sama atas lingkungan hidup yang baik dan sehat.
2. Setiap orang mempunyai hak atas informasi lingkungan hidup yang berkaitan dengan peran dalam pengelolaan lingkungan hidup.

1.2.4 Pertumbuhan Energi

Dunia saat ini menghadapi dua tantangan yang merugikan, yaitu krisis energi dan pencemaran lingkungan yang dikarenakan sumber daya energi utama yang digunakan adalah bahan bakar fosil. Penggunaan bahan bakar fosil yang terus meningkat memberikan dampak negatif pada lingkungan berupa emisi partikulat (debu, timah hitam) dan gas (CO, CO₂, NO_x). Emisi tersebut dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia dan kerusakan pada lingkungan. Pemakaian energi di Indonesia masih didominasi penggunaan energi berbasis fosil terutama bahan bakar minyak bumi dan batu bara. Transportasi masih menjadi sektor dengan pemakaian minyak bumi tertinggi dibandingkan dengan sektor-sektor lainnya. Indonesia berkontribusi menyumbangkan emisi karbon terbesar dari sektor *Land Use Land Use Change and Forestry* (LULUCF) sebanyak 50%. Sedangkan dari sektor energi menyumbangkan emisi karbon sebesar 30%, dan dari sektor transportasi mencapai 12%. Sementara itu, 90% polusi udara ditimbulkan dari transportasi darat dan berpotensi menimbulkan gangguan kesehatan seperti infeksi saluran pernapasan di bagian atas. Penggunaan sumber energi yang berbahaya bagi lingkungan ini harus segera dikurangi dan digantikan dengan sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan bersifat terbarukan. Maka diciptakanlah sumber energi yang berasal dari makhluk hidup yang disebut biomassa (Silitonga dkk., 2020).

Energi adalah hal yang membuat segala sesuatu di sekitar kita terjadi. Kita menggunakan energi untuk semua hal yang kita lakukan. Energi ada di semua benda : manusia, tanaman, binatang, mesin, dan elemen-elemen alam (matahari, angin, air dan sebagainya) (Silitonga dkk., 2020).

Sumber-sumber energi utama dan digolongkan menjadi dua kelompok yaitu :

1. Energi konvensional adalah energi yang diambil dari sumber yang hanya tersedia dalam jumlah terbatas di bumi dan tidak dapat diregenerasi. Sumber-sumber energi ini akan berakhir cepat atau lambat dan berbahaya bagi lingkungan.
2. Energi terbarukan adalah energi yang dihasilkan dari sumber alami seperti matahari, angin, dan air dan dapat dihasilkan lagi dan lagi. Sumber akan selalu tersedia dan tidak merugikan lingkungan.

1.2.4.1 Energi Konvensional

Sumber-sumber energi konvensional dan terbarukan bisa dikonversikan menjadi sumber-sumber energi sekunder, seperti listrik. Listrik berbeda dari sumber-sumber energi lainnya dan dinamakan sumber energi sekunder atau pembawa energi

karena dimanfaatkan untuk menyimpan, memindahkan atau mendistribusikan energi dengan nyaman. Sumber energi primer diperlukan untuk menghasilkan energi listrik. Sumber-sumber energi konvensional tidak dapat tergantikan dalam waktu singkat, itulah mengapa disebut dengan tidak terbarukan. Sumber-sumber energi konvensional tidak ramah lingkungan; karena menimbulkan polusi udara, air, dan tanah yang berdampak kepada penurunan tingkat kesehatan dan standar hidup. Sumber-sumber energi konvensional primer diambil dari tanah dalam bentuk cair (minyak dan petroleum), gas (gas alam) dan padat (batubara dan uranium). Sumber-sumber energi yang ada di Indonesia saat ini terdiri dari sumber minyak yang terbatas, sumber gas alam yang cukup, dan sumber batubara yang melimpah, serta energi panas bumi. Tenaga nuklir tidak digunakan, namun tetap termasuk sebagai sumber energi primer konvensional. Bahan bakar fosil merupakan sumber energi tidak terbarukan tetapi tidak semua sumber energi tidak terbarukan adalah bahan bakar minyak (contoh: uranium). Bahan bakar minyak bisa digunakan sebagai sumber energi primer untuk transportasi. Campuran udara dan bahan bakar fosil dibakar didalam mesin dan energi panas yang dihasilkan dikonversi menjadi energi mekanik yang menggerakkan sepeda motor, mobil, atau kapal. Minyak (solar) pada umumnya dibakar pada generator mesin diesel, yang membangkitkan listrik di desa-desa yang terletak di tempat-tempat terpencil, atau digunakan sebagai pasokan listrik cadangan oleh berbagai institusi (rumah sakit, dan sebagainya). Generator mesin diesel bekerja dengan cara yang sama dengan mesin mobil. Namun, energi mekanik yang digunakan untuk menggerakkan poros genset digunakan untuk menghasilkan energi listrik (Silitonga dkk., 2020).

Tabel 1 Sumber dan Penggunaan Energi Konvensional
(Sumber : Silitonga dkk., 2020)

Sumber Energi Primer Konvensional					
Bahan Bakar Fosil				Bahan Bakar Nuklir	
Produk Minyak dan Minyak Bumi			Batu Bara	Gas Alam	Uranium
Bensin	Solar	LPG			
Transp ortasi	Transpor tasi	Produksi panas	Produksi listrik	Produksi panas untuk industri	Produksi listrik
	Produksi listrik - solar genset	Pemanasan untuk industri	Pemanasan untuk industri	Bahan baku untuk produk lain	

Batubara dan gas alam dibakar di pembangkit listrik termal untuk menghasilkan listrik dengan skala besar (untuk kota-kota besar). Generator mesin diesel bekerja dengan cara yang sama dengan mesin mobil. Namun, energi mekanik yang digunakan untuk menggerakkan poros genset digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Batubara dan gas alam dibakar di pembangkit listrik termal untuk

menghasilkan listrik dengan skala besar (untuk kota-kota besar). Pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) bekerja atas prinsip yang sama dengan listrik tenaga uap (PLTU). Tetapi, turbin gas lah yang digunakan untuk menciptakan energi, mesin rotasi bukannya turbin up. Pada langkah 4, paduan gas dan udara dinyalakan dan menggerakkan turbin gas. Proses operasional pembangkit listrik tenaga gas selanjutnya mirip dengan pembangkit listrik tenaga uap (Silitonga dkk., 2020).



Gambar 2 Diagram Pembangkit Listrik Menggunakan Batu Bara
(Sumber: Silitonga dkk., 2020)

Cara kerja pembangkit listrik menggunakan batu bara sebagai berikut:

1. Batu bara dimuat kedalam pembangkit,
2. Batu bara dibakar dalam tungku besar untuk menghasilkan panas,
3. Air dipanaskan di dalam tungku,
4. Uap menggerakkan turbin menciptakan energi mekanik,
5. Air mendidih dari uap turbin didinginkan pada menara pendingin dan dipompa untuk digunakan kembali,
6. Turbin memutar generator akan membangkitkan listrik mengalir melalui kabel-kabel,

7. Trafo step-up mengubah tegangan listrik menjadi sangat tinggi,
8. Tiang logam raksasa membawa listrik bertegangan sangat tinggi melalui kabel-kabel,
9. Trafo step-down mengubah listrik tegangan tinggi menjadi tegangan rendah yang aman untuk perumahan,
10. Listrik mengalir dari rumah ke rumah melalui kabel transmisi,
11. Listrik mengalir rumah melalui jaringan listrik (Silitonga dkk., 2020).

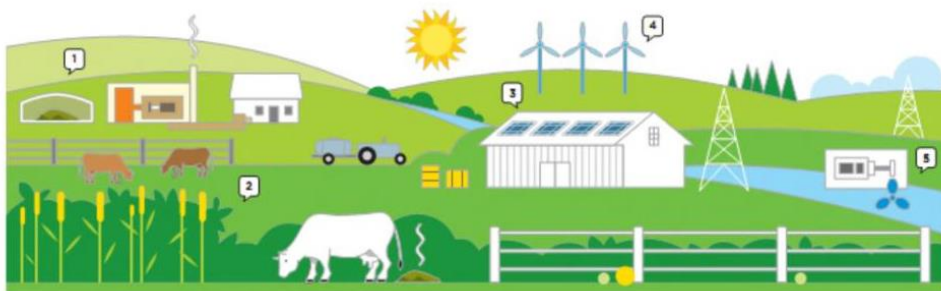
Energi adalah besaran yang tidak dapat diciptakan dan dimusnahkan (kekak), tetapi dapat dirubah dari bentuk satu ke bentuk yang lain. Dalam proses perubahan itu, sebagian energi selalu berubah menjadi bentuk yang tidak diinginkan, karena itu efisiensi perubahan tidak akan pernah mencapai 100 persen. Pada umumnya energi terbagi menjadi dua macam yaitu energi kinetik dan potensial. Energi kinetik disebabkan oleh materi yang bergerak (seperti air yang mengalir, kincir yang berputar, dan sebagainya), sedangkan energi potensial adalah energi yang ditimbulkan oleh zat-zat yang mempunyai potensi energi di dalamnya. Energi potensial yang dikandung benda sering disebut dengan energi potensial kimia. Energi potensial kimia dapat dirubah menjadi bermacam-macam energi, seperti energi mekanik, energi kalor, energi cahaya, energi listrik, energi nuklir (Silitonga dkk., 2020).

Energi memiliki peran penting dan tidak dapat dilepaskan dalam kehidupan manusia. Terlebih, saat ini hampir semua aktivitas manusia sangat tergantung pada energi. Berbagai alat pendukung, seperti alat penerangan, motor penggerak, peralatan rumah tangga, dan mesin-mesin industri dapat difungsikan jika ada energi. Namun, seperti yang telah diketahui, terdapat dua kelompok besar energi yang didasarkan pada pembaharuan. Dua kelompok tersebut adalah energi terbarukan dan energi yang tersedia terbatas di alam. Energi terbarukan meliputi energi matahari, energi air, energi listrik, energi nuklir, energi minyak bumi dan gas sedangkan energi yang tersedia terbatas di alam meliputi energi yang berasal dari fosil/energi mineral dan batubara. Pada dasarnya, pemanfaatan energi -energi tersebut sudah dilakukan sejak dahulu. Pemanfaatan energi yang tidak dapat diperbaharui secara berlebihan dapat menimbulkan krisis energi. Energi menjadi komponen penting bagi kelangsungan hidup manusia karena hampir semua aktivitas kehidupan manusia sangat tergantung pada ketersediaan energi yang cukup. Dewasa ini dan beberapa tahun ke depan, manusia masih akan tergantung pada sumber energi fosil karena sumber energi fosil inilah yang mampu memenuhi kebutuhan energi manusia dalam skala besar. Sedangkan sumber energi alternatif /terbarukan belum dapat memenuhi kebutuhan energi manusia dalam skala besar karena fluktuasi potensi dan tingkat keekonomian yang belum bisa bersaing dengan energi konvensional. Di lain pihak, manusia dihadapkan pada situasi menipisnya cadangan sumber energi fosil dan meningkatnya kerusakan lingkungan akibat penggunaan energi fosil. Kelangkaan energi tidak hanya terjadi di Indonesia, melainkan juga di negara lain. Pasalnya, populasi manusia yang terus bertambah setiap tahun mengakibatkan permintaan terhadap energi juga meningkat. Di Indonesia terdapat potensi sumber energi terbarukan yang masih belum dimanfaatkan secara optimal. Apalagi di negara kita ini masih bergantung kepada sumber energi fosil yang ketersediaannya terbatas di alam Sumber energi terbarukan

yang ada di Indonesia contohnya yaitu energi angin, energi air, energi matahari, energi gelombang pasang surut, energi panas bumi dll. Melihat kondisi tersebut maka saat ini sangat diperlukan pengetahuan tentang apa itu energi terbarukan, sumber-sumber energi terbarukan, sekaligus masalah yang timbul dari pemanfaatan energi terbarukan agar didapatkan solusi atau Kebijakan tentang pemanfaatan energi tersebut (Silitonga dkk., 2020).

1.2.4.2 Energi Terbarukan

Ada banyak alasan mengapa energi terbarukan menjadi pilihan, di antaranya; relatif tidak mahal, bersifat netral karbon, kebanyakan tidak menimbulkan polusi dan semakin mendapatkan dukungan dari berbagai pihak untuk menggantikan solusi energi tidak terbarukan berbasis bahan bakar minyak. Lebih lanjut, mengimplementasikan teknologi ini dapat memberikan peluang kemandirian kepada masyarakat untuk mengelola dan mengupayakan kebutuhan energi mereka sendiri beserta solusinya. Energi terbarukan adalah sumber-sumber energi yang bisa habis secara alamiah. Energi terbarukan berasal dari elemen-elemen alam yang tersedia di bumi dalam jumlah besar, misal: matahari, angin, sungai, tumbuhan dan sebagainya. Beberapa penggunaan energi terbarukan dapat diilustrasikan dalam Gambar 3. Energi terbarukan merupakan sumber energi paling bersih yang tersedia di planet ini. Ada beragam jenis energi terbarukan, namun tidak semuanya bisa digunakan di daerah-daerah terpencil dan perdesaan. 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. Indonesia memiliki sumber panas bumi yang melimpah; yakni sekitar 40% dari sumber total dunia. Akan tetapi sumber-sumber ini berada di tempat-tempat yang spesifik dan tidak tersebar luas. Teknologi energi terbarukan lainnya adalah tenaga ombak, yang masih dalam tahap pengembangan (Silitonga dkk., 2020).



Gambar 3 Penggunaan Energi Terbarukan
(Sumber : Silitonga dkk., 2020)

1. Pembangkit biomassa
2. Biomassa
3. *Photovoltaik* tenaga surya

4. Tenaga angin

5. Tenaga air

Manfaat energi terbarukan adalah :

- a. Tersedia secara melimpah,
- b. Lestari tidak akan habis,
- c. Ramah lingkungan (rendah atau tidak ada limbah dan polusi),
- d. Sumber energi bisa dimanfaatkan secara Cuma-Cuma dengan investasi teknologi yang sesuai,
- e. Tidak memerlukan perawatan yang banyak dibandingkan dengan sumber-sumber energi konvensional dan mengurangi biaya operasi,
- f. Membantu mendorong perekonomian dan menciptakan peluang kerja,
- g. Mandiri energi tidak perlu mengimpor bahan bakar fosil dari negara lain,
- h. Lebih murah dibandingkan energi konvensional dalam jangka waktu yang panjang,
- i. Bebas dari fluktuasi harga pasar terbuka bahan bakar fosil,
- j. Beberapa teknologi mudah digunakan di tempat-tempat terpencil,
- k. Distribusi energi bisa diproduksi di berbagai tempat, tidak tersentralistik (Silitonga dkk., 2020).

Kerugian dari energi terbarukan :

- a. Biaya awal besar,
- b. Keandalan pasokan dimana sebagian besar energi terbarukan tergantung kepada kondisi cuaca,
- c. Saat ini, energi konvensional menghasilkan lebih banyak volume yang bisa digunakan dibandingkan dengan energi terbarukan,
- d. Energi tambahan yang dihasilkan energi terbarukan harus disimpan, karena infrastruktur belum lengkap agar bisa dengan segera menggunakan energi yang belum terpakai, dijadikan cadangan di negara-negara lain dalam bentuk akses terhadap jaringan listrik,
- e. Kurangnya tradisi/pengalaman energi terbarukan merupakan teknologi yang masih berkembang,
- f. Masing-masing energi terbarukan memiliki kekurangan teknis dan sosial nya sendiri (Silitonga dkk., 2020).

1.2.5 Biomassa

Biomassa adalah bahan organik yang dihasilkan melalui proses fotosintesis, baik berupa produk maupun buangan. Contoh biomassa antara lain adalah tanaman, pepohonan, rumput, ubi, limbah pertanian, limbah hutan, tinja, dan kotoran ternak. Selain digunakan untuk bahan pangan, pakan ternak, minyak nabati, bahan bangunan dan sebagainya, biomassa juga digunakan sebagai sumber energi (bahan bakar). Biomassa yang umum yang digunakan sebagai bahan bakar adalah yang memiliki nilai ekonomis rendah atau merupakan limbah setelah diambil produk primernya (Parinduri dkk., 2020).

Sumber energi biomassa mempunyai beberapa kelebihan antara lain merupakan sumber energi yang dapat diperbaharui (renewable) sehingga dapat menyediakan sumber energi secara berkesinambungan (sustainable) (Parinduri dkk., 2020).

1.2.5.1 Biomassa Sebagai Sumber Energi

Potensi biomassa di Indonesia yang bisa digunakan sebagai sumber energi jumlahnya sangat melimpah, potensi biomassa Indonesia sebesar 146,7 juta ton per tahun. Sementara potensi Biomassa yang berasal dari sampah untuk tahun 2020 diperkirakan sebanyak 53,7 juta ton. Limbah yang berasal dari hewan maupun tumbuhan semuanya potensial untuk dimanfaatkan dan dikembangkan. Tanaman pangan dan perkebunan menghasilkan limbah yang cukup besar, yang dapat dipergunakan untuk keperluan lain seperti bahan bakar nabati. Pemanfaatan limbah sebagai bahan bakar nabati memberi tiga keuntungan langsung (Parinduri dkk., 2020).

- a. Peningkatan efisiensi energi secara keseluruhan karena kandungan energi yang terdapat pada limbah cukup besar dan akan terbuang percuma jika tidak dimanfaatkan,
- b. Penghematan biaya, karena seringkali membuang limbah bisa lebih mahal daripada memanfaatkannya,
- c. Mengurangi keperluan akan tempat penimbunan sampah karena penyediaan tempat penimbunan akan menjadi lebih sulit dan mahal, khususnya di daerah perkotaan (Parinduri dkk., 2020).

1.2.5.2 Konversi Energi Biomassa

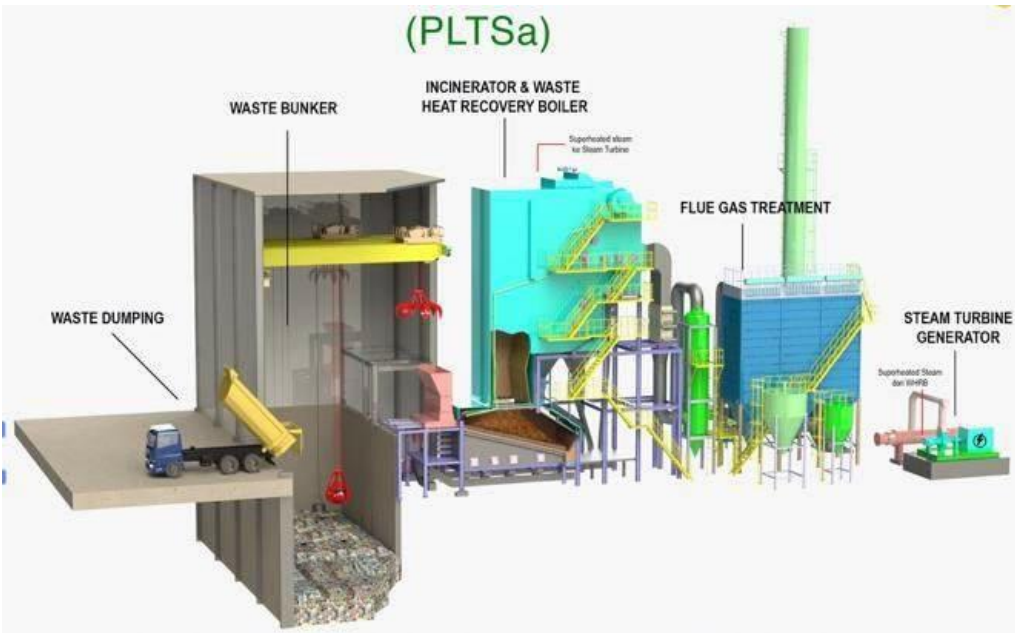
Penggunaan biomassa untuk menghasilkan panas secara sederhana yaitu biomassa langsung dibakar dan menghasilkan panas. Dan panas hasil pembakaran akan dikonversi menjadi energi listrik melalui turbin dan generator. Panas hasil pembakaran biomassa akan menghasilkan uap dalam boiler. Uap akan ditransfer kedalam turbin sehingga akan menghasilkan putaran dan menggerakkan generator. Putaran dari turbin dikonversi menjadi energi listrik melalui magnetmagnet dalam generator (Parinduri dkk., 2020).

Agar dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar maka diperlukan teknologi untuk mengkonversi biomassa. Ada perbedaan pada alat yang digunakan untuk mengkonversi biomassa dan bahan bakar yang dihasilkan. Secara umum teknologi konversi biomassa menjadi bahan bakar dapat dibedakan menjadi tiga (Parinduri dkk., 2020) :

1. Pembakaran langsung, Pembakaran langsung merupakan teknologi yang paling sederhana karena pada umumnya biomassa dapat langsung dibakar. Beberapa biomassa perlu dikeringkan terlebih dahulu dan didensifikasi untuk kepraktisan dalam penggunaan.
2. Konversi termokimiawi, Konversi termokimiawi merupakan teknologi yang memerlukan perlakuan termal untuk memicu terjadinya reaksi kimia dalam menghasilkan bahan bakar.

Pembangkit Listrik Tenaga Sampah dengan menggunakan teknologi insinerasi dilakukan dengan pembakaran sampah di ruang pembakaran (*Furnace*) kemudian panas dari pembakaran Sampah di gunakan untuk memanaskan air (*Steam*) dan

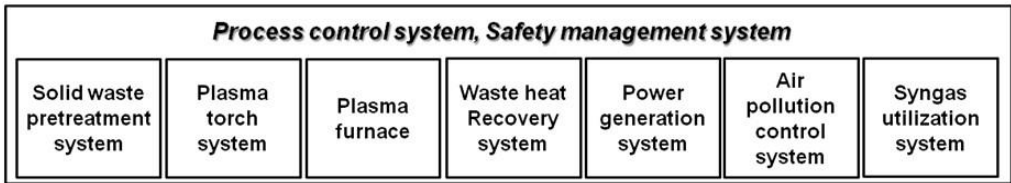
steam tersebut digunakan untuk menggerakkan Steam Turbine sehingga menghasilkan daya listrik (Winanti, 2018).



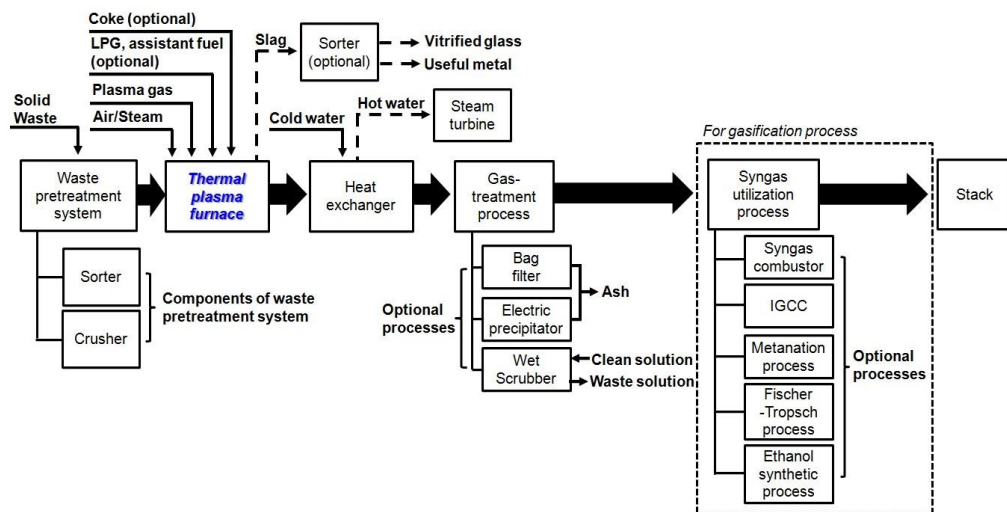
Gambar 6 Unit *Pilot Project* Pengolahan Sampah Proses Termal (PLTSa)
(Sumber : Winanti, 2018)

1.2.5.5 Plasma Gasifikasi untuk Pembangkit Listrik

Teknologi Plasma Gasifikasi mengolah sampah menjadi plasma panas yang dapat digunakan memanaskan *steam* dan digunakan untuk pembangkit listrik serta menghasilkan sintesis gas (H_2 , CO , O_2 , CH_4) yang dapat digunakan juga sebagai pembangkitan listrik serta produk sisanya limbah padat yang dapat digunakan sebagai aspal, dan sedikit debu (Byun dkk., 2012).



Gambar 7 Proses Plasma Gasifikasi
(Sumber : Byun dkk., 2012)

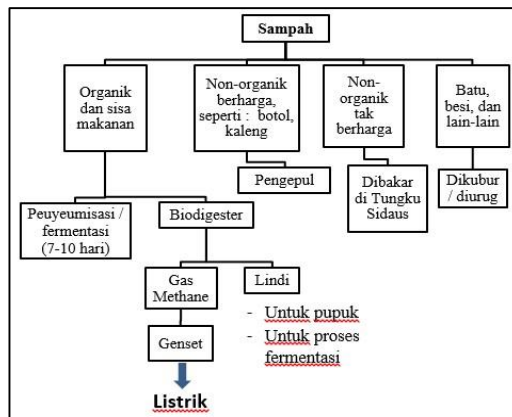


Gambar 8 Skema Proses Lengkap Gasifikasi Plasma
(Sumber :Byun dkk., 2012)

1.2.6 Pembangkit Listrik Biomassa

Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa bisa dibangun dimana saja dan bisa memberdayakan tenaga kerja setempat. Pembangkit listrik tenaga biomassa dapat memberikan solusi atas masalah pembuangan biomassa dan mengurangi transportasi biomassa ke lokasi Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Secara teknik, sudah banyak kelompok masyarakat yang berinisiatif untuk mengelola biomassa termasuk gerakan bank biomassa yang dimulai dengan memisahkan biomassa organik. Pemanfaatannya pun beragam, mulai dari pupuk kompos, kerajinan tangan, biji plastik, gas untuk masak, sampai untuk pembangkitan listrik. Secara regulasi juga PLT Biomassa sudah didukung dengan adanya Feed in Tarif tetapi baru dimanfaatkan oleh pemodal besar karena perizinan dan prosedurnya cukup rumit. Untuk itu prosedur IPP kerakyatan yang menggunakan PLTSa perlu disederhanakan dan didelegasikan kepada unit PLN di tingkat cabang sehingga memudahkan pembuatan kontrak jual beli dengan PLN (Aziza dkk., 2018).

Telah dijelaskan sebelumnya, keuntungan utama dari PLT Biomassa, termasuk PLTSa, adalah selalu tersedianya biomassa organik selama masih ada manusia. Selain itu, PLTSa relatif sederhana dan sudah banyak yang memanfaatkan hasilnya sebagai pengganti gas elpiji atau dikonversi menjadi listrik dengan menggunakan genset yang khusus untuk gas methane. Pembangunan PLTSa juga tidak terkendala oleh masalah pengadaan lahan karena lahan yang diperlukan per paket relatif kecil dan bisa dilakukan secara swadaya di tingkat kelurahan (Aziza dkk., 2018).



Gambar 9 Diagram Pemilahan dan Pengolahan Sampah
(Sumber : Aziza dkk., 2018)

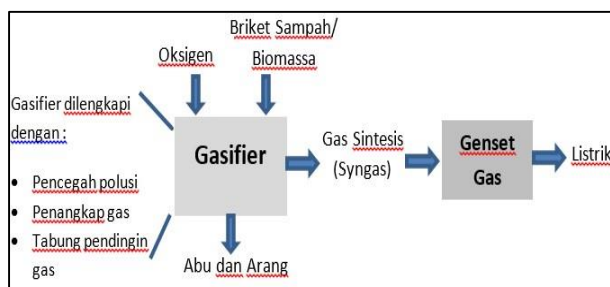
Gambar 9 menjelaskan bagaimana sampah dipilah dan kemudian diolah sehingga dapat dikonversi menjadi listrik, berdasarkan model LK. Sampah biomassa dari rumah tangga bisa dimasukkan ke biodigester. Digester atau biodigester adalah alat, yang biasanya berupa tabung tertutup, untuk mengurai sampah/ limbah organik secara anaerob (tidak membutuhkan oksigen). Hasil dari penguraian sampah tersebut adalah gas Metana (*Methane*) dan cairan lindi. Gas Metana yang tersebut dapat ditampung di kantong-kantong plastik. Gas dalam kantong tersebut dapat dimasukkan dalam tangki gas atau ruang penampungan gas untuk digunakan sebagai bahan bakar bagi genset. Gas Metana juga dapat langsung digunakan untuk menyalakan kompor gas. Selain gas, digester juga menghasilkan cairan yang disebut lindi. Lindi ini dapat digunakan sebagai pupuk atau untuk proses fermentasi sampah. Jadi, sampah organik yang ditampung terlebih dahulu di wadah-wadah tertentu untuk difermentasi selama beberapa hari. Fermentasi dilakukan dengan menambahkan lindi pada sampah. Selang jangka waktu tertentu (sekitar 7-10 hari), sampah akan mengalami penurunan volume dan bau busuknya mulai menghilang. Setelah itu sampah baru dimasukkan ke digester. Sampah organik kering, seperti daun-daun kering, dapat dicacah kemudian diberi lindi untuk difermentasi. Setelah jangka waktu tertentu, hasil fermentasi dapat diolah menjadi briket (Aziza dkk., 2018).

Bahan sampah yang dapat dijadikan bahan bakar pembangkitan listrik biasanya diper-syaratkan memiliki nilai kalori minimum 2.500 kkal/kg (Sidadjaya, 2016). Dengan pemrosesan tertentu, nilai kalori sampah bisa ditingkatkan. Biomassa domestik kota merupakan bahan energi yang berkualitas rendah. Nilai kalori bahan ini sekitar 1.000 kkal/kg, lebih rendah dibandingkan jerami padi (2.400 kkal/kg) atau sekam (3.000 kkal/kg). Nilai kalori biomassa tersebut dapat ditingkatkan dengan cara pemrosesan menjadi RDF (*Refuse Derived Fuel*), baik biomassa biodegradable atau non-biodegradable dengan cara bio-mekanis (BM), terutama untuk menurunkan kadar air biomassa dan mengurangi emisi gas berbahaya bagi lingkungan. Peletisasi (*pelletization*) atau briketisasi (*briquetting*) RDF meningkatkan kualitas termal RDF sampai di atas 2.500 kkal/kg (Aziza dkk., 2018).



Gambar 10 Contoh Gasifier
(Sumber : Aziza dkk., 2018)

Briket atau pellet dari bahan biomassa digunakan untuk pembangkitan listrik melalui proses gasifikasi konvensional atau gasifikasi plasmatis menggunakan Gasifier (Gb.10). Gasifikasi konvensional merupakan pembakaran dengan jumlah oksigen yang sedikit dan terkendali pada rentang suhu 600-1.3000C. Gasifikasi plasmatis adalah gasifikasi pada suhu di atas 3.0000C yang bertujuan mengubah semua jenis sampah menjadi lelehan unsur kimia. Hasil dari gasifikasi ini adalah gas sintesis (*syngas*) yang diteruskan ke suatu genset gas yang sesuai. Setiap 1 kg briket sampah atau briket biomassa yang digunakan sebagai bahan bakar gasifier akan menghasilkan gas biomassa dengan volume 2,185 m3 atau setara dengan listrik sebesar 0,75 kWh (Sundadjaya, 2016). Hasil samping dari gasifikasi ini adalah abu dan arang, yang bisa digunakan sebagai pupuk tanaman. Gambar 11 menunjukkan prinsip dasar gasifikasi (Aziza dkk., 2018).



Gambar 11 Prinsip Dasar Gasifikasi
(Sumber : Aziza dkk., 2018)

1.2.7 Analisis Kontigensi

1.2.7.1 Pengertian Kontigensi

Kontingensi merupakan suatu kejadian yang disebabkan oleh kegagalan atau pelepasan dari satu atau lebih transmisi atau generator. Istilah ini berhubungan dengan kemampuan sistem tenaga listrik dalam melayani beban apabila terjadi gangguan pada salah satu komponennya. Walaupun sistem dalam keadaan normal, tetapi dengan adanya kontingensi ini, maka untuk menyalurkan daya listrik ke beban digunakan lebih dari satu saluran. Dalam pengujian sistem keamanan sistem tenaga listrik maka

digunakan analisis kontingensi. Analisis ini juga merupakan suatu kelanjutan hasil perhitungan aliran daya dalam mempertimbangkan berbagai pengaruh yang mungkin terjadi dalam sistem di masa yang akan datang untuk mengatasi terjadinya kasus-kasus yang disebabkan oleh kontingensi saluran transmisi. Analisis ini dapat dijadikan alat secara offline untuk melakukan studi analisis kontingensi dan juga sebagai alat online untuk memberikan informasi kepada operator tentang efek dari pelepasan sistem yang akan datang sehingga operasi pemulihan yang telah direncanakan untuk menghadapi pelepasan sistem [6]. Melakukan analisis kontingensi yaitu dengan cara membuat skenario gangguan berupa terlepasnya sebuah generator atau saluran transmisi dari sistem tenaga listrik (Wirmen, 2019).

1.2.7.2 Pembangian Analisis Kontigensi

Analisis kontingensi terbagi menjadi 2, yaitu sebagai berikut :

1. Analisis Kontingensi Tunggal (Single Contingency). Analisis kontingensi tunggal adalah analisis kontingensi yang dilakukan setelah salah satu bagian sistem terputus aliran listrik (outage), artinya tidak terjadi dua pemutusan secara bersamaan. Pemutusan bisa disebabkan oleh terlepasnya salah satu transformator, saluran, generator dari sistem ataupun terjadinya pergeseran pembangkit baik karena pemeliharaan rutin yang direncanakan, maupun terpaksa karena gangguan atau kondisi cuaca.
2. Analisis Multi Kontingensi (Multiple Contingency). Analisis multi kontingensi adalah analisis yang dilakukan apabila terjadi dua kontingensi tunggal berturut-turut dengan menghitung perubahan arus yang mengalir ke setiap saluran dengan mengkombinasikan faktor-faktor distribusi dari kontingensi tunggal yang telah dihitung lebih dahulu pada studi kontingensi tunggal (Wirmen, 2019).

1.2.8 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

1.2.8.1 Perhitungan Aliran Daya

Perhitungan aliran daya pada dasarnya adalah menghitung besaran tegangan $|V|$ dan sudut fasa tegangan δ pada setiap GI pada kondisi tunak dan ketiga fasa seimbang. Hasil perhitungan ini digunakan untuk menghitung besar aliran daya aktif P dan daya reaktif Q di setiap peralatan transmisi, besarnya daya aktif P dan daya reaktif Q yang harus dibangkitkan setiap pusat pembangkit serta jumlah rugi-rugi di sistem. Untuk menyelesaikan perhitungan aliran daya metode tegangan node banyak digunakan pada analisa sistem tenaga. Ada dua perhitungan analisa sistem tenaga yang menggunakan metode tersebut yaitu Gauss – Seidel dan Newton Raphson. Sedangkan untuk mendapatkan persamaan tegangan node dapat diperoleh dari penyelesaian nodal berdasarkan hukum arus Kirchoff dengan mengubah impedan menjadi admittan (Widyastuti dkk., 2015).

Analisis Aliran Daya Listrik (*Load Flow*) adalah suatu studi untuk merencanakan dan mengetahui besarnya daya dalam suatu sistem tenaga listrik. Dalam perkembangannya, industri membutuhkan tenaga listrik yang besar dan menggunakan peralatan listrik sebagai alat produksi yang handal. Untuk memperoleh

sistem tenaga listrik yang handal tentunya sistem harus bekerja secara normal. Analisa pada keadaan yang normal ketika sistem tenaga terhubung pada saat operasi yang normal. Sistem tenaga di asumsikan akan dioperasikan dalam keadaan yang seimbang dan dapat direpresentasikan menjadi diagram satu garis. Studi aliran daya penting untuk perencanaan, operasi ekonomi, penjadwalan dan perubahan antara utilitas daya.

Analisis aliran daya dalam sistem tenaga listrik merupakan analisis yang mengungkapkan kinerja suatu sistem tenaga listrik dan aliran daya (nyata dan reaktif) untuk keadaan tertentu ketika sistem bekerja. Hasil analisis aliran daya dapat digunakan untuk mengetahui besarnya losses (rugi daya dan jatuh tegangan), alokasi daya reaktif dan kemampuan sistem untuk memenuhi pertumbuhan beban. (Primadiyono, 2015).

1.2.8.2 Newton Raphson

Salah satu metode untuk menghitung aliran daya yang terjadi adalah metode *Newton-Raphson*. Metode *Newton Raphson* digunakan untuk mendapatkan rekonfigurasi jaringan yang paling optimal. Pada sistem distribusi seringkali terjadi beban yang tidak seimbang pada setiap fasanya (sistem distribusi merupakan sistem tiga fasa) atau terjadi kelebihan beban karena pemakaian alat-alat elektronik dari konsumen energi listrik. Keadaan tersebut jika dibiarkan terus-menerus maka akan menyebabkan terjadinya penurunan keandalan sistem tenaga listrik dan kualitas energi listrik yang disalurkan serta menyebabkan kerusakan alat-alat yang bersangkutan. Untuk itu diperlukan suatu tindakan yang mengurangi pembebanan yang tidak seimbang (*unbalanced loading*) pada fasa dan kelebihan beban (*over loading*) pada jaringan distribusi listrik. Selain itu, sistem distribusi radial juga mempunyai rugi – rugi daya yang cukup besar sehingga menyebabkan keandalan sistem menjadi berkurang (Fikri dkk., 2018).

Dalam kondisi operasi normal, rekonfigurasi jaringan dilakukan karena dua alasan:

1. Mengurangi rugi-rugi daya pada sistem (*loss reduction*).
2. Mendapatkan pembebanan yang seimbang untuk mencegah pembebanan yang berlebih pada jaringan (*load balancing*) (Fikri dkk., 2018).

1.2.8.3 Metode Newton Raphson

Dasar dari Metode *Newton Raphson* dalam penyelesaian aliran daya adalah Deret *Taylor* untuk suatu fungsi dengan dua variabel lebih. Metode *Newton Raphson* menyelesaikan masalah aliran daya dengan menggunakan suatu persamaan nonlinier untuk menghitung besarnya tegangan dan sudut fasa tegangan tiap bus (Fikri dkk., 2018).

Daya injeksi pada bus i adalah :

$$P_i - jQ_i = V_i * \sum_{j=1}^n Y_{ij}V_j \quad (1)$$

Dengan :

P_i = Daya aktif ke- i

Q_i = Daya reaktif ke- i

V_i = Tegangan ke- i

Y_{ij} = Admittansi

Dalam hal ini dilakukan pemisahan daya nyata dan daya reaktif pada bus i. Pemisahan ini akan menghasilkan suatu set persamaan simultan nonlinier (Fikri dkk., 2018).

Dalam koordinat kutub diketahui :

$$|V_i| \angle \delta_i = |V_i| e^{j\delta_i} \quad (2)$$

$$|V_j| \angle \delta_j = |V_j| e^{j\delta_j} \quad (3)$$

$$|Y_{ij}| \angle \theta_{ij} = |Y_{ij}| e^{j\theta_{ij}} \quad (4)$$

Karena $e^{j(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij})} = \cos(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij})$ maka pemisahan daya pada bus i menjadi komponen real dan imajiner adalah (Fikri dkk., 2018).

$$P_i - jQ_i = |V_i| \angle -\delta_i \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| V_j \angle \theta_{ij} + \delta_j = |V_i| e^{-j\delta_i} \sum_{j=1}^n |Y_{ij}| V_j \angle (e^{j(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij})}) \quad (5)$$

$$P_i = \sum_{j=1}^n |V_i| V_j |Y_{ij}| \cos(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}) \quad (6)$$

$$Q_i = \sum_{j=1}^n |V_i| V_j |Y_{ij}| \sin(\delta_j - \delta_i + \theta_{ij}) \quad (7)$$

Nilai daya aktif (P_i) dan daya reaktif (Q_i) telah diketahui, tetapi nilai tegangan (V_i) dan sudut (δ_i) tidak diketahui kecuali pada slack bus (Hagh, 2014). Kedua persamaan nonlinier tersebut dapat diuraikan menjadi suatu set persamaan simultan linier dengan cara menyatakan hubungan antara perubahan daya nyata ΔP_i daya reaktif ΔQ_i terhadap perubahan magnitude tegangan ΔV_i dan sudut fasa tegangan $\Delta \delta_i$ (5) (Fikri dkk., 2018).

1.2.8.4 Perhitungan Potensi Pemanfaatan Energi Dengan Teknologi Konversi Termal

Nilai Kalor adalah jumlah energi yang dilepaskan ketika suatu bahan bakar dibakar secara sempurna dalam suatu proses aliran tunak dan produk dikembalikan lagi kedalam bentuk reaktan. Nilai kalor terbagi atas dua yakni High Heating Value (HHV) atau Gross Calorific Value (GCV) dan Low Heating Value (LHV) atau Net Calorific Value (NCV). Potensi listrik dari sampah dapat dihitung menggunakan nilai kalor NCV (Net Calorific Value) (Ridwan, dkk., 2017). Rumus yang digunakan sebagai berikut:

- A. Metode Tradisional

$$NCV_{ar} = 45B - 6W \quad (1)$$
- B. Metode Bento

$$NCV_{ar} = 44,75B - 5,85W + 21,2$$

Keterangan:

NCV_{ar} = Net Calorific Value (kCal/Kg)

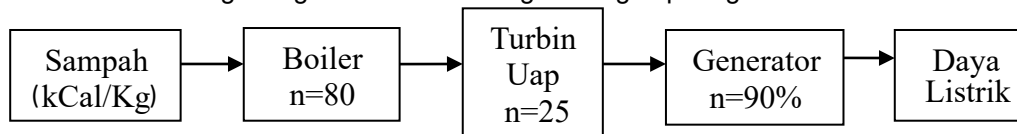
B = Kadar Volatile matter (%)

W = Kadar Air (% adb)

Nilai Net Calorific Value (NCV) didapat dari rata-rata metode diatas :

$$(899,7798 + 898,8894) / 2 = 899,3346 \text{ Kcal/Kg}$$

Perhitungan digunakan dengan menggunakan blok diagram masing-masing alat konversi energi dengan efisiensi masing-masing seperti gambar 12.



Gambar 12 Blok Diagram Efisiensi

Perhitungan energi listrik yang dihasilkan dari TPA Tamangapa adalah sebagai berikut:

Potensi pemulihan energi (kWh) :

$$= NCV_{ar} \times W \text{ ton/hari} \times 1000 \text{ Kg/ton} / 860 \text{ kCal} \quad (2)$$

$$= 1,16 \text{ Kg/ton kCal} \times NCV_{ar} \times W \text{ Potensi}$$

Potensi Energi per Tahun (kWh) :

$$= 1,16 \times NCV_{ar} \times W \times 365 \quad (3)$$

Keterangan :

NCV_{ar} = Net Calorific Value (kCal/Kg)

W = Jumlah Total Sampah (Ton)

1,000 = kg sampah / Ton

860 = Konversi Satuan (1 kWh = 860 kkal)

Potensi Energi Listrik :

$$= \text{Potensi Energi(bruto)} \times n_b \times n_t \times n_g \quad (4)$$

Keterangan :

n_b = Efisiensi Boiler

n_t = Efisiensi Turbin Uap

n_g = Efisiensi Generator

1.2.9 DigSILENT PowerFactory

Program perhitungan DigSILENT PowerFactory, adalah *software* rekayasa yang berguna untuk analisis industri, utilitas, dan analisis sistem tenaga listrik. DigSILENT(Digital SimuLation and Electrical NeTwork calculation program) merupakan perangkat lunak analisis sistem tenaga yang pertama di dunia yang terintegrasi dengan grafis antar muka satu baris, diagram satu baris interaktif juga termasuk fungsi menggambar, kemampuan mengedit dan semua relevan statis dan dinamis fitur perhitungan.Beberapa fungsi yang tersedia dalam DigSILENT PowerFactory adalah analisis aliran beban (*loadflow analysis*), perhitungan arus pendek (*shortcircuit calculation*), analisis harmonic (*harmonic analysis*), koordinasi

proteksi (*protection coordination*), perhitungan stabilitas (*stability calculation*) dan analisis modal (*modal analysis*) (Widyastuti dkk., 2015).

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui cara perhitungan konversi energi menggunakan teknologi konversi termal.
2. Mengetahui kondisi penyambungan aliran daya pada jaringan distribusi 20 KV dari Pembangkit Listrik Biomassa menuju GI KIMA.
3. Mengetahui hasil kontigensi ketika masuknya Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa ke Gardu Induk Kima.
4. Mengetahui tegangan sistem yang ada pada jaringan distribusi 20 KV dari Pembangkit Listrik Biomassa menuju GI KIMA.
5. Mengetahui dampak pengaruh sambungan GI sebelum dan setelah di *supply* oleh Pembangkit Listrik Biomassa sebesar 20 MW.
6. Mengetahui Perbandingan Hasil Analisis Ketika PLTBm di *Supply* Ke GI Kima dan GI Tello.

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan acuan oleh peneliti maupun mahasiswa lain guna menambah pengetahuan dan pemahaman terkait PSEL, dan diharapkan dari penelitian ini pemerintah kota Makassar segera merampungkan proyek PSEL ini sehingga pemerintah dapat mengatasi *over capacity* sampah yang ada di kota Makassar.

BAB II

METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kawasan Industri Makassar (KIMA) dan Laboratorium Teknik Tegangan Tinggi & Infrastruktur Ketenagalistrikan Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Pelaksanaan penelitian ini terhitung mulai dari bulan Mei 2024 sampai selesai.

2.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini berbasis simulasi analisis sistem tenaga listrik menggunakan software DigSILENT, digunakan untuk mensimulasikan SLD, mengetahui hasil dari studi penyambungan aliran daya, tegangan sistem, analisis kontigensi dan mengetahui pengaruh GI KIMA sebelum & setelah di *supply* oleh Pembangkit Listrik Biomassa sebesar 20 MW.

2.3 Metode Pengumpulan Data

Pada tahapan ini pengumpulan data dilakukan dengan cara mengumpulkan informasi yang berkaitan dengan penelitian ini, baik itu pengumpulan data berupa skripsi ataupun artikel jurnal/*paper* mengenai Energi Terbarukan, Pembangkit Listrik Biomassa, Studi Aliran Daya, Metode Newton-Raphson.

Data penelitian ini adalah data sekunder dari UPT PLN (PERSERO) UIKL Sulawesi. Adapun data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

1. Single line diagram sistem Sulbagsel
2. Data saluran transmisi sistem Sulbagsel
3. Data pembangkit pada sistem Sulbagsel
4. Data transformator distribusi dan IBT pada sistem Sulbagsel
5. Data beban yang disuplai pada sistem Sulbagsel
6. Data histogram frekuensi sistem Sulbagsel periode tahun 2022

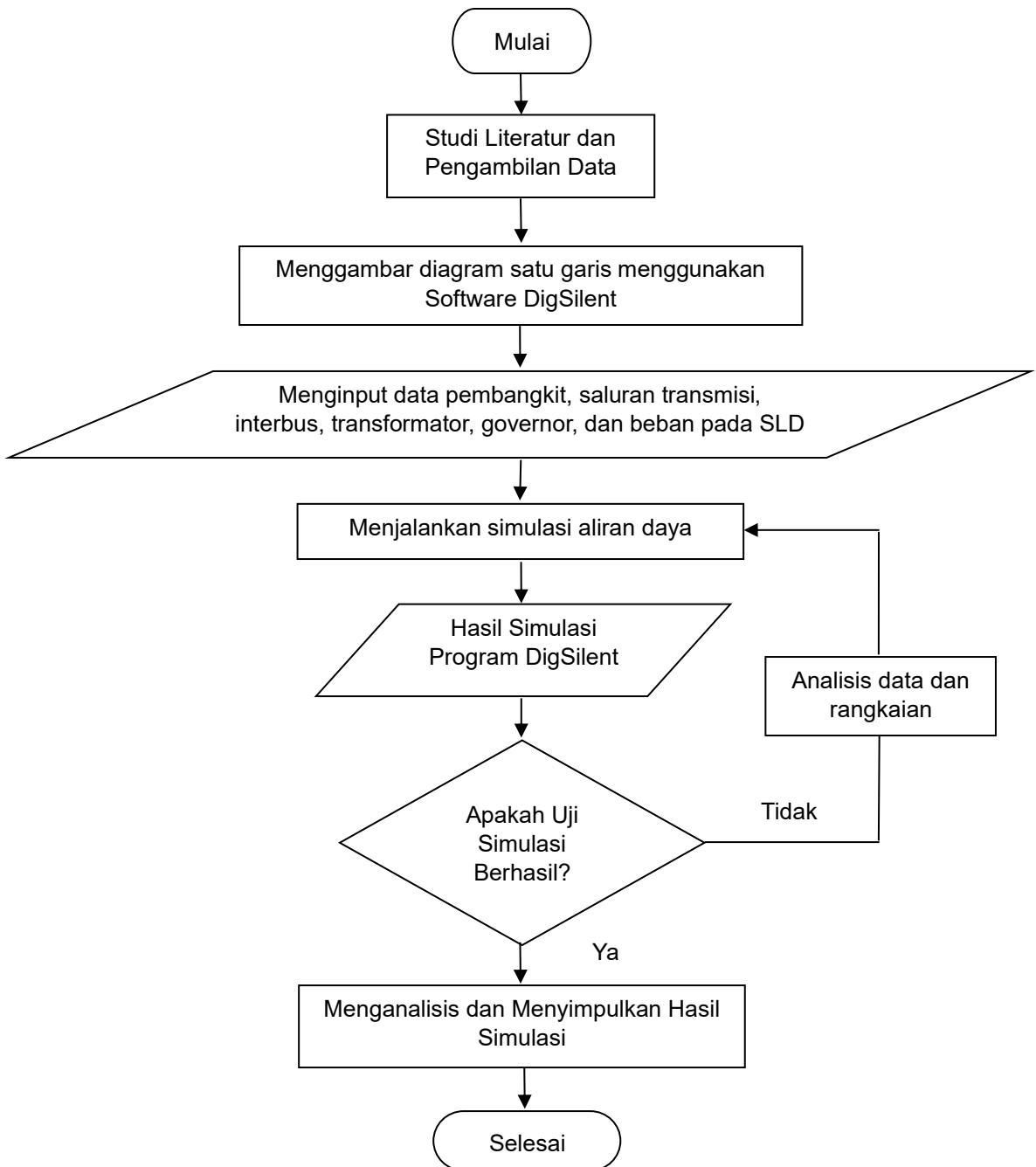
2.4 Metode Pengolahan Data

Penelitian ini bertujuan untuk memaksimalkan penggunaan energi biomassa dalam percepatan energi baru terbarukan. Penelitian ini diawali dengan mencari referensi yang relevan, selanjutnya menggambar diagram satu garis menggunakan software DigSILENT. Kemudian menginput data berupa data pembangkit, saluran transmisi, interbus, transformator, governor, dan beban yang telah diperoleh sebelumnya. Kemudian menjalankan simulasi untuk mencari tau hasil dari studi penyambungan aliran daya, tegangan sistem, analisis kontigensi dan mengetahui pengaruh GI KIMA sebelum & setelah di *supply* oleh Pembangkit Listrik Biomassa sebesar 20 MW.

Apabila hasil simulasi program telah sesuai maka penelitian dapat dikatakan berhasil atau telah selesai. Namun, apabila hasil yang diperoleh tidak sesuai maka akan dilakukan analisa data dan rangkaian.

2.5 Kerangka Pikir

Untuk mempermudah dalam proses pelaksanaan penelitian ini, maka disusunlah kerangka pikir penelitian sebagaimana diperlihatkan pada gambar 13. :



Gambar 13 Alur Penelitian