

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang perencanaan perancangan sampah menjadi sumber energi terbarukan penghasil energi listrik sudah pernah di buat dengan studi kasus beberapa kota di Indonesia. Berikut merupakan paparan dari beberapa penelitian yang berkaitan dan dijadikan sebagai sumber referensi dalam proses penyusunan tugas akhir ini:

1. Rachmad ikhsan dan syukriyadin (2014) melakukan penelitian mengenai kelayakan pembangunan pembangkit listrik tenaga sampah di Kota Banda Aceh, Menggunakan metode landfill gas dan metode least cost untuk menganalisa ekonomi dengan menentukan nilai NPV, ROI, BCR, PP, dari hasil perhitungan menggunakan metode diatas tadi dapat dihasilkan besar potensi gas metana sebesar 1,992,533 m³/tahun dan energi yang dihasilkan 15.065.010 kWh dan daya yang didapatkan 1,7 MW, sedangkan nilai NPV = Rp.18.607.329.579, IRR = 24 % BCR = 3,73 dan juga nilai pp = 4,01 tahun, sehingga bisa dilihat dari hasil diatas pembangunan PLTSa di Aceh dapat memenuhi kriteria.
2. (Safrizal, 2014) dengan judul penelitian “*Distributed Generation* Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa) *Type Incinerator* Solusi Listrik Alternatif Kota Medan”. Dalam penelitian yang dilakukan dijelaskan mengenai penggunaan energi terbarukan seperti sampah kota dapat mengurangi dampak pemanasan global karena mampu menggantikan peranan bahan bakar fosil sebagai bahan utama pembangkit energi listrik. Selain itu, potensi sampah kota juga dapat dimanfaatkan untuk mengurangi deficit daya listrik di kota.

Berdasarkan penelitian terkait diatas, maka penelitian ini memiliki dasar penelitian yang membahas mengenai PLTSa dengan berbagai tipe dan cara pengolahan sampah. Dari beberapa penelitian yang terfokus mengenai layak atau tidaknya pembangunan PLTSa memiliki hasil yang positif.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Sampah Kota

Sampah merupakan barang yang dianggap sudah tidak terpakai dan dibuang oleh pemilik/pemakai sebelumnya, tetapi bagi sebagian orang masih bisa dipakai jika dikelola dengan prosedur yang benar. (Panji Nugroho, 2013). Sampah memiliki berbagai jenis yaitu cair, gas, dan padat. Undang-Undang Pengelolaan Sampah Nomor 18 tahun 2008 menyatakan sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau dari proses alam yang berbentuk padat.

Sampah merupakan permasalahan yang krusial di kota-kota besar di Indonesia, khususnya di Ibukota Republik Indonesia ini. Beberapa faktor yang menyebabkan menumpuknya sampah-sampah ini adalah pertumbuhan penduduk yang naik setiap tahunnya, lahan untuk penampungan sampah yang kurang, serta sulitnya sebagian sampah untuk diurai. Sehingga perlu adanya upaya pengolahan sampah yang baik untuk mengatasi salah satu permasalahan yang ada di Indonesia. Jumlah sampah yang ada setiap tahunnya berbanding lurus dengan jumlah pertumbuhan penduduk di suatu daerah.

Menurut Suprihatin (1999) di dalam Nisandi (2007), sampah dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu Organik dan Anorganik. Sampah organik berasal dari sisa buangan makhluk hidup seperti manusia, hewan bahkan tumbuhan yang bisa terurai karena memiliki bakteri pengurai alami. Sedangkan sampah anorganik adalah sampah yang sulit untuk terurai seperti botol, plastic dan lain-lain.

2.2.2 Pengolahan Sampah

Permasalahan tentang pengolahan sampah seperti sudah mendarah daging namun krusial karena berdampak langsung terhadap kehidupan manusia dengan lingkungan. Dengan keadaan yang sekarang, tumpukan sampah dapat dilihat di kota-kota padat tanpa penanganan yang serius. Jumlahnya yang sebanding dengan jumlah penduduk yang ada dan terus meningkat bisa menyebabkan berbagai permasalahan bahkan bencana seperti banjir yang disebabkan oleh sampah-sampah kota. Permasalahan ini tidak akan berakhir jika tidak secepatnya ditangani, ada beberapa metode pengelolaan sampah dan penerapannya yakni:

1. *Open Dumping* (Pembuangan Terbuka)

Open Dumping adalah cara pembuangan sampah yang sederhana dimana sampah hanya di buang di suatu tempat/lokasi yang terbuka tanpa pengaman dan penutup lalu ditinggalkan ketika lokasi atau tempat tersebut sudah penuh dengan sampah

2. *Controlled Landfill*

Metode ini merupakan modifikasi dari metode *Open Dumping* dimana sampah yang tertimbun ditutup dengan tanah untuk mengurangi resiko gangguan yang ada.

3. *Sanitary Landfill*

Metode ini adalah metode pengolahan sampah dengan cara melapisi permukaan sampah terlebih dahulu dengan *geotekstil* sebelum di timbun dengan sampah. Geotekstil ini merupakan sebuah lapisan untuk mengalirkan air lindi yang di keluarkan oleh sampah dan air lindi di salurkan ke bak penampung untuk digunakan sebagai pupuk cair.

4. *Inceneration*

Metode ini dilakukan dengan cara membakar sampah dalam suhu $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $1.200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Metode ini dapat mengurangi jumlah sampah sebanyak 80%-100%. Panas yang dihasilkan juga bisa digunakan sebagai pembangkit listrik.

5. Metode Gas Metan

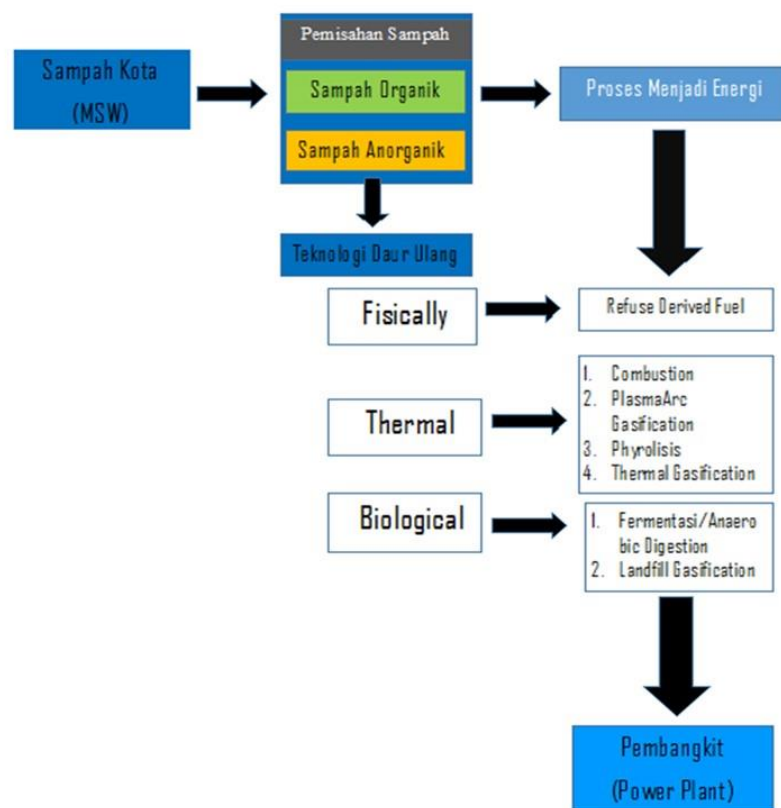
Metode ini memanfaatkan teknik fermentasi secara anaerob terhadap sampah organik. Pertama-tama sampah organik diberi air dan di masukan kedalam tempat yang kedap udara lalu didiamkan beberapa minggu dan sampah organik yang di fermentasi secara *anaerob* akan menghasilkan gas metana yang bisa dimanfaatkan menjadi energi listrik atau gas untuk kompor dan lain sebagainya.

6. *Composting*

Metode ini pasti sudah tidak asing bagi masyarakat Indonesia, metode ini dilakukan dengan mengubah sampah organik sebagai kompos penyubur tanaman.

2.2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA)

Pembangkit Listrik Tenaga Sampah atau sering disebut PLTSA merupakan jenis pembangkit energi listrik dengan menggunakan sampah sebagai bahan utama. Selain menghasilkan energi listrik, PLTSA berperan dalam mengurangi jumlah sampah yang ada di masyarakat. Sehingga PLTSA merupakan salah satu upaya penanggulangan pencemaran lingkungan yang sangat bermanfaat di masyarakat. Berikut adalah alur pemanfaatan sampah secara umum untuk pembangkitan energi listrik:



Gambar 2.1 Gambaran Umum Proses PLTSA
Sumber : <http://tutoriallingkungan.blogspot.co.id>

Gambar diatas menunjukkan teknologi dalam proses pengelolaan sampah dan dikonversikan menjadi energi listrik dengan mekanisme fisika, mekanisme panas, dan secara biologi.

2.2.4 Proses konversi thermal

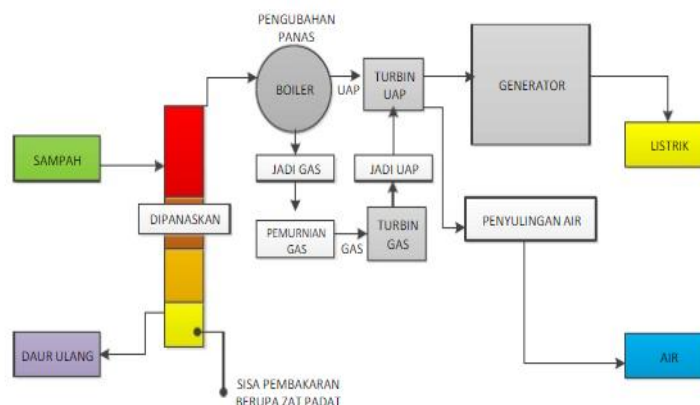
Proses konversi thermal yang memanfaatkan sampah kota atau biomassa sebagai sumber utama bahan bakar yang dapat kita manfaatkan sebagai energi listrik dapat kita lakukan dengan berbagai cara antara lain:

1. Metode *insenerasi*

Metode ini adalah metode yang menggunakan proses *oksidasi* sampah organik menjadi bersifat anorganik. Prosesnya terdiri dari proses *oksidasi* cepat antara sampah organik bersama oksigen. Sampah yang baru sampai di masukan kedalam *inserator*. Didalam *inserator* sampah dibakar. Proses tersebut menghasilkan panas yang kemudian panas digunakan untuk mengubah air menjadi uap bertekanan tinggi setelah itu uap panas dari boiler langsung dikirimkan keturbin untuk memutar generator.

2. *Thermal gasifikasi*

Metode ini singkatnya mengubah bahan bakar padat secara *thermos kimia* dan menghasilkan gas dimana udara yang digunakan untuk proses pembakaran harus lebih tinggi dari udara sekitar. Selama proses ini reaksi kimia yang terjadi adalah endotermis dimana panas dari luar selama proses berlangsung diperlukan. Media utama dalam proses ini merupakan udara dan uap dan produk yang dihasilkan dikategorikan menjadi padatan, cairan serta gas permanen. Gas yang dihasilkan dari proses ini memiliki nilai kalor yang lebih rendah namun prosesnya menjadi lebih mudah.



Gambar 1.2 Proses PLTSa Thermal Dengan Gasifikasi

Sumber : http://www.academia.edu/Pembangkit_Listrik_Tenaga_Sampah

2.2.5 Potensi energi sampah

Dalam upaya menghitung potensi energi yang mungkin untuk dihasilkan PLTSa dapat dicari dengan cara mengetahui berapa jumlah sampah yang dihasilkan oleh suatu daerah sehingga dapat dihitung jumlah energinya. Adapun rumus atau cara yang digunakan untuk perhitungan timbunan sampah yang dihasilkan suatu daerah perhari dengan cara memproyeksikan jumlah penduduk yang ada dengan rumus :

$$\text{Total timbunan sampah (Tonase/hari)} = \text{Jumlah penduduk} \times \text{Jumlah timbunan perkapita (kg/hari)}$$

Untuk jumlah sampah yang dihasilkan per individu dalam suatu kota besar tercatat rata-rata sekitar 0,5 kg/kapita/hari (Sudrajat, 2006). Timbunan sampah pada kota besar yaitu sekitar 2-2,5 liter/orang/hari atau 0,4-0,5 kg/orang/hari (Damanhuri,2010).

Jika ingin menghitung jumlah total timbunan sampah dalam setahun, dapat diakumulasikan rata-rata jumlah timbunan sampah perhari kemudian dikali dengan 365 hari atau 1 tahun sehingga didapatkan rumus:

$$\text{Timbunan sampah dalam setahun (Tonase)} = \text{Total timbunan sampah perhari (ton/hari)} \times 365 \text{ hari}$$

Jadi setelah dilakukan perhitungan diatas didapatkan berapa kapasitas jumlah sampah pertahun, selanjutnya dapat dikonversikan dalam satuan Gigajoule dengan mengalikan jumlah timbunan sampah yang dihasilkan dengan 14 Gigajoule.

$$\text{Produksi Sampah} = \text{Timbunan sampah dalam setahun} \times 14 \text{ Gigajoule}$$

Setelah itu daya yang mampu di bangkitkan oleh energi sampah kota (MSW) bisa kita hitung dengan menggunakan rumus:

$$P = \frac{MWh}{Cf \times 8760 \text{ (jam)}}$$

Dari rumus diatas daya yang dihasilkan dapat dihitung dengan asumsi Cf atau Capacity Factor MSW sebesar 0,75% dan faktor kapasitas tahunan sebesar 8760 jam dalam satu tahun produksi.

2.3 Prinsip Kerja LEAP dalam Pemodelan Sistem Energi (Heaps,2012)

2.3.1 Struktur LEAP

Pendekatan yang diadaptasi oleh LEAP merupakan struktur pemodelan melalui pendekatan *accounting framework*. Pemodelan ini dapat digunakan untuk merencanakan model sistem energi dengan menggunakan variable mengenai tentang diskripsi fisik sistem, dampak lingkungan, serta biaya. LEAP dapat digunakan sebagai media analisis dampak implementasi kebijakan-kebijakan mengenai energi. Dengan kata lain, *accounting framework* disini berperan untuk melakukan eksplorasi sumber energi primer, biaya sosial, serta dampak lingkungan yang mungkin terjadi dari beberapa skenario alternatif.

Accounting framework dalam hal ini mempunyai beberapa kelebihan yaitu:

1. Sederhana, Fleksibel serta Transparan,
2. Simulasi tidak dilakukan dengan asumsi kompetisi yang ideal,
3. Dapat menganalisis pemilihan teknologi serta biaya dalam pengembangan,
4. Sangat berguna untuk aplikasi *capacity building*.

Disisi lain, *Accounting framework* juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu:

1. Tidak secara otomatis mengidentifikasi sistem *least-cost*, yaitu tidak sesuai untuk sistem yang membutuhkan perhitungan yang sangat kompleks.
2. Tidak dapat memperhitungkan biaya konsisten, yaitu proyeksi permintaan energi mungkin tidak konsisten dengan proyeksi konfigurasi penyediaan energi.

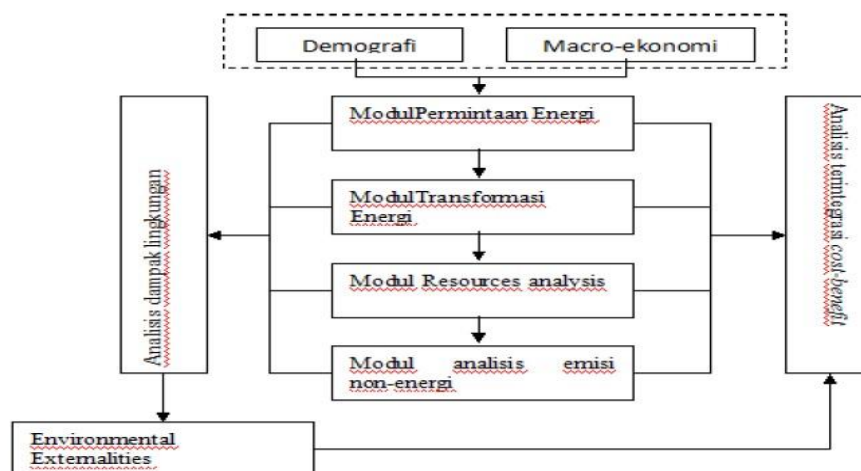
Didalam perkembangannya, LEAP dapat dikatakan sebagai hybrid model gabungan dari optimasi, accounting serta simulasi. LEAP beroperasi dengan dua tahapan yaitu relasi dasar accounting sebagai built-in dan user dapat menambahkan model simulasi yang ada. Keluaran dari LEAP yang berupa teks dapat digunakan sebagai masukan modul optimasi dari *Open Source energy Modeling System*

(*OSeMOSYS*), hasil perhitungan dari *OSeMOSYS* dimasukkan lagi kedalam LEAP untuk ditampilkan sebagai hasil dari sistem least-cost.

2.3.2 Kapabilitas Pemodelan dengan LEAP

LEAP memiliki 5 buah modul utama, yaitu variable penggerak, analisis permintaan energi, transformasi energi, analisis sumber daya serta teknologi dan dampak lingkungan. Modul variable penggerak terdiri dari makro-ekonomi dan variable demografi, variable penggerak inilah yang menentukan permintaan energi dalam sistem energi yang dimodelkan. Pada modul analisis permintaan energi, besarnya permintaan ditentukan oleh aktivitas penggunaan energi. Modul transformasi energi terdiri dari beberapa proses penghubungan antara sumber energi dengan pengguna dan proses konversi energi primer ke sekunder. Modul analisis sumber daya dapat dimanfaatkan untuk mensimulasikan ketersediaan atau cadangan dari energi primer.

Didalam modul analisis dampak lingkungan terdapat modul teknologi dan modul analisis dampak lingkungan dari segi non-energi. Dari sisi permintaan energi, jenis emisi yang dihasilkan dapat disimulasikan. Demikian pula di sisi penyedia, emisi yang dihasilkan disimulasikan lewat proses-proses pada penyediaan energi. Setiap proses penyediaan energi menghasilkan jenis emisi yang berbeda-beda. Dengan demikian, analisis dari dampak lingkungan dapat dilakukan secara terintegrasi dari sisi permintaan dan dari sisi penyedia.



Gambar 2.3 Diagram alir perhitungan dalam LEAP

Sumber : LEAP Indonesia Guide, Oetomo Tri Winarno

Analisis dari *cost-benefit* dapat dilakukan dengan cara memanfaatkan modul cost pada LEAP. Analisis ini bisa dilakukan dari sisi permintaan maupun dari sisi penyedia energi. Dari sisi penyedia energi, LEAP menawarkan fasilitas untuk menghitung biaya yang disebabkan oleh emisi yang dihasilkan. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan modul *environment externality*. Melalui modul ini semua biaya yang dikeluarkan untuk semua jenis emisi yang dihasilkan bisa disimulasikan sebagai bagian dari *cost-benefit* yang berhubungan.

Singkatnya, kapabilitas dari pemodelan sistem energi yang ditawarkan LEAP antara lain:

1. Permintaan Energi:
 - Pemodelan permintaan energi yang terstruktur,
 - Pemodelan permintaan energi yang mengacu pada perubahan penggunaan jenis energi,
2. Konversi Energi:
 - Simulasi dari beberapa jenis konversi energi (pembangkit listrik, transmisi dan distribusi energi listrik, kilang minyak, proses pembuatan arang kayu, penambangan batubara, ekstraksi minyak bumi, produksi ethanol, dan lain sebagainya),
 - Sistem *dispatch* pembangkit listrik yang mengacu pada LDC.
 - Pemodelan ekspansi kapasitas dengan metode *exogenous* dan *endogenous*.
3. Sumber Daya Energi:
 - Kebutuhan, produksi, ekspor dan impor energi primer.
 - Perhitungan berdasarkan luar-wilayah untuk sumber energi biomassa dan energi terbarukan.
4. Biaya:
 - Semua biaya yang diperlukan pada sistem energi yang terdiri dari biaya kapital, bahan bakar, efisiensi energi, operasi dan pemeliharaan, serta dampak lingkungan.

2.3.3 Metode-Metode dalam LEAP

LEAP adalah sebuah perangkat lunak yang dapat dimanfaatkan untuk mensimulasikan sebuah sistem energi berdasarkan dari skenario yang dimiliki oleh pengguna aplikasi LEAP. Skenario ini berbentuk alur yang konsisten dan bertujuan untuk menggambarkan cara suatu sistem energi berkembang dalam kurun waktu yang telah ditentukan. LEAP dirancang untuk mensimulasikan skenario pengguna baik secara terpisah maupun berhubungan. Skenario yang dibuat dapat mengacu pada skenario lainnya, dan skenario akan mengacu kepada kondisi yang telah dideskripsikan pada tahun dasar sebagai *current account*. Sehingga perhitungan pada simulasi yang dilakukan di dalam LEAP tidak bersifat proyektif atau prediksi.

Analisis permintaan energi pada LEAP bermaksud untuk menentukan permintaan energi serta biaya yang berhubungan dengan jumlah konsumsi energi di dalam suatu model sistem energi. Permintaan energi dapat dimodelkan dengan fleksibel. Permintaan energi bisa juga dikategorikan berdasarkan pada sektor pengguna energi, sub-sektor pengguna energi, ataupun jenis teknologi yang digunakan pengguna energi. Analisis dari permintaan energi juga dapat dilakukan dengan beberapa metode, di antara lain analisis *end-use energi*, *econometric forecast*, dan model *stockturnover*.

Pada sisi penyedia energi listrik, simulasi yang dilakukan pada LEAP didasarkan pada 2 hal, diantaranya adalah ekspansi kapasitas pembangkit listrik dan *dispatch rule* pada pembangkit listrik. Ekspansi pada kapasitas pembangkit listrik memiliki tujuan untuk menentukan tambahan kapasitas pembangkit serta jenisnya, waktu penambahan yang dibutuhkan memenuhi permintaan energi listrik. Sedangkan *dispatch* disini bertujuan untuk menentukan cara pembangkit listrik beroperasi setelah nantinya dibangun. Penentuan ekspansi kapasitas pembangkit listrik pada LEAP dapat dilakukan menggunakan 2 cara, yaitu secara *exogenous* dan *secara endogenous*. Ekspansi kapasitas menggunakan cara *exogenous* dilakukan dengan cara manual dengan cara memasukkan nilai kapasitas dan waktu penambahan kapasitas. Sedangkan ekspansi kapasitas pembangkit listrik dengan cara *endogenous* dilakukan otomatis oleh LEAP. Secara otomatis program akan menentukan kapasitas serta waktu penambahan kapasitas sesuai dengan jenis pembangkit listrik.

Aplikasi LEAP memiliki 2 buah metode *dispatch* untuk sistem pembangkit listrik, yaitu berdasarkan pembangkit energi listrik berdasarkan sejarahnya dan berdasarkan *dispatch rule* dari sistem pembangkit tersebut. Untuk metode *dispatch rule* yang tersedia di LEAP dimulai dari yang sederhana dengan cara menggunakan persentase dari pembangkitan energi listrik sampai dengan metode yang lebih kompleks yaitu dengan menggunakan metode merit order dan *running cost*.

Mengenai perhitungan biaya pada sistem pembangkit listrik, LEAP menggunakan perhitungan *cost-benefit* yang diambil dari sudut pandang *social-cost* dengan cara menghitung setiap biaya yang berhubungan dengan sistem energi yang dirancang dan kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan biaya dari beberapa skenario yang dirancang. LEAP akan melakukan beberapa perhitungan biaya yang terdiri dari:

1. Biaya yang dilihat dari sisi permintaan energi yang dinyatakan dalam biaya total, biaya per-aktivitas, serta biaya efisiensi energi relatif.
2. Biaya kapital transformasi energi.
3. Biaya tetap dan variabel operasi dan pemeliharaan.
4. Biaya sumber daya energi primer atau bahan bakar.
5. Biaya sumber daya energi primer atau bahan bakar yang diimpor.
6. Keuntungan biaya yang didapat dari aktivitas ekspor sumber daya energi primer.
7. Biaya *externality* polusi yang didapat dari sektor transformasi energi.
8. Biaya-biaya yang bisa didefinisikan seperti biaya program efisiensi energi.

Untuk perhitungan biaya kapital pada LEAP adalah biaya kapital selama periode *lifetime* pada suatu sistem pembangkit listrik. Metode yang digunakan untuk perhitungan biaya ini menggunakan *standard mortgage* yang dapat dilihat pada persamaan 2.1, 2.2 dan 2.3. Pada persamaan 2.2 dan 2.3, i adalah *interest rate*, n adalah *lifetime* dari sistem pembangkit listrik, serta CRF adalah *capital recovery factor*.

$$\text{Total Cost} = \text{Jumlah Cost} \times \text{CRF} \quad \dots 2.1$$

$$\text{CRF} = \frac{i \cdot k}{k-1} \quad \dots 2.2$$

$$k = (1+i)^n \quad \dots 2.3$$

2.3.4 Perhitungan Permintaan Energi

Pada program LEAP, untuk perhitungan dari permintaan energi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu metode energi final serta energi *useful*. Pada analisis permintaan energi final, setiap permintaan energi dihitung sebagai perkalian antara level aktivitas dan intensitas energi. Level aktivitas adalah ukuran aktivitas sosial dan ekonomi yang mempengaruhi permintaan energi. Berbeda dengan intensitas energi yang merupakan rata-rata konsumsi energi per teknologi pengguna energi/per satuan level aktivitas. Sehingga permintaan energi dihitung berdasarkan tahun dasar dan periode simulasi LEAP dengan cara yang dapat dilihat pada persamaan 2.4:

$$D_{b,s,t} = T A_{b,s,t} \times E I_{b,s,t} \quad \dots 2.4$$

Dimana :

D : Permintaan energi listrik

TA : Level aktivitas,

EI : Intensitas energi,

b : Cabang yang didefinisikan di dalam LEAP

s : Skenario.

t : Tahun (dari tahun dasar-akhir tahun simulasi).

2.3.5 Perhitungan Pada Kapasitas Pembangkit Listrik

Kapasitas pembangkit listrik bisa dihitung dengan cara *endogenous* untuk mempertahankan nilai *planning reserve margin* (PRM) yang sudah ditentukan. Perhitungan kapasitas pembangkit dimulai dengan menghitung nilai kapasitas yang ada menggunakan persamaan 2.5:

$$CBA = (CEX + CEN) \times Cvalue \quad \dots 2.5$$

Dimana:

CBA : Kapasitas awal (MW).

CEX : Kapasitas *exogenous* (MW).

CEN : Kapasitas *endogenous* yang ditambahkan (MW).

Cvalue : Persentase nilai kapasitas aktual (MW).

Sehingga kapasitas yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan beban puncak dapat dihitung dengan persamaan 2.6:

$$C_{peak} = \frac{D}{LF \times 8760 \left(\frac{jam}{tahun}\right)} \quad \dots 2.6$$

Dimana:

C_{peak} : Kapasitas untuk memenuhi beban puncak (MW),

D : Permintaan energi listrik (MWh),

LF : Faktor beban sistem.

PRM sebelum adanya penambahan kapasitas secara *endogenous* dinamakan PRM_{BA} dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.7:

$$PRM_{BA} = (CBA - C_{peak}) / C_{peak} \quad \dots 2.7$$

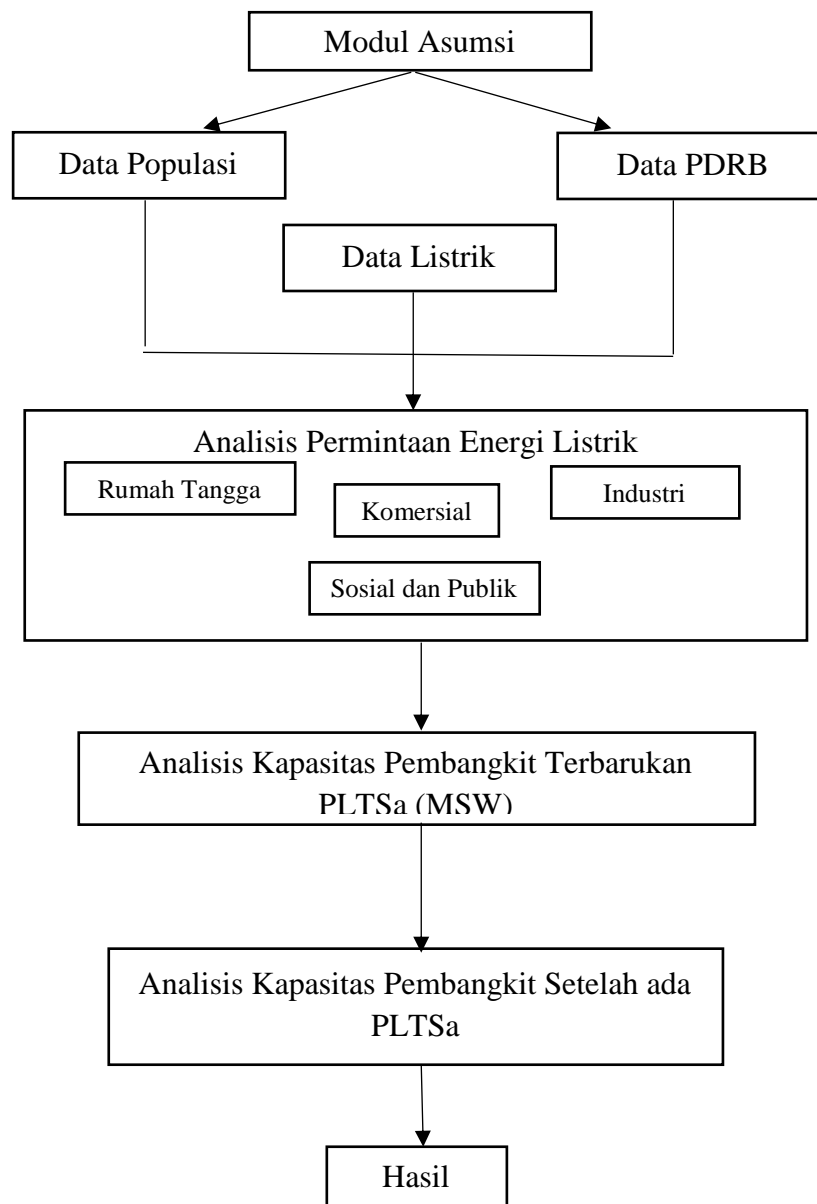
Selanjutnya, kapasitas pembangkit listrik yang diperlukan secara *endogenous* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.8:

$$C_{ENA} = (PRM - PRM_{BA}) \times C_{peak} \quad \dots 2.8$$

Dimana C_{ENA} merupakan kapasitas pembangkit listrik yang seharusnya ditambahkan untuk mempertahankan PRM di nilai yang sudah ditentukan. LEAP secara otomatis menghitung kapasitas untuk pembangkit listrik yang diperlukan untuk setiap proses pembangkit listrik.

2.3.6 Diagram Alir Pemodelan LEAP

Model yang penulis gunakan untuk menyusun tugas akhir adalah *Long-range Energi Alternatives Planning system* (LEAP) dengan menggunakan diagram alir seperti yang terlihat pada gambar 2.5. LEAP merupakan alat pemodelan yang memanfaatkan skenario terpadu dengan basis lingkungan serta energi. LEAP hadir dengan menggabungkan analisis mengenai konsumsi energi, transformasi serta produksi dalam sebuah sistem energi dengan menggunakan indikator demografi, pembangunan ekonomi, teknologi, harga, kebijakan serta regulasi.



Gambar 2.5 Diagram Alir Pemodelan Leap

2.3.7 Simulasi LEAP

Saat ingin memulai simulasi menggunakan LEAP, pengguna harus melihat lagi data yang dimiliki karena algoritma LEAP terbilang memiliki fleksibilitas yang tinggi sehingga memberi kemudahan bagi pengguna untuk melakukan simulasi. Jika data yang dimiliki terbilang lengkap sampai emisi buangan, teknologi pembangkit, LEAP dapat mengakomodasinya. Apabila data yang dimiliki sederhana dan terbatas seperti yang digunakan pada simulasi pada penelitian ini LEAP tetap dapat mensimulasikannya. Hal pertama yang harus dilakukan adalah melakukan pengaturan serta menentukan parameter dasar pada simulasi. Dalam parameter dasar ini, lingkup kerja ditentukan hanya pada analisis berdasarkan permintaan kemudian menentukan tahun dasar dari simulasi yang akan dilakukan.

LEAP menyediakan empat modul utama dan tiga modul tambahan untuk menganalisis data. Empat modul utama tersebut adalah modul yang umumnya digunakan dalam pemodelan energi, yaitu:

1. Modul *Key Assumption*

Modul ini adalah modul yang digunakan untuk menampung parameter-parameter umum yang bisa digunakan pada Modul *Demand* maupun Modul *Transformation* nantinya. Parameter disini dapat berupa jumlah penduduk, PDRB (Produk Domestik Regional Bruto). Modul *Key Assumption* disini bersifat komplemen terhadap modul lainnya.

2. Modul *Demand*

Modul ini berfungsi untuk menghitung permintaan energie. Pembagian sektor terhadap pemakai energi seluruhnya dapat dilakukan sesuai kebutuhan pengguna aplikasi, permintaan energi dianggap sebagai perkalian antara aktifitas pemakaian energi (misalnya jumlah penduduk, jumlah kendaraan, volume nilai tambah) dengan intensitas pemakaian energi yang berkaitan.

3. Modul *Transformation*

Modul *Transformation* disini berguna untuk menghitung besar pemasokan energi, pemasokan energi yang dimaksud dapat terdiri atas produksi energi primer seperti gas bumi, minyak bumi, batu bara serta energi sekunder berupa listrik, bahan bakar minyak, LPG, briket, batubara.

Susunan cabang pada modul ini telah ditentukan strukturnya, masing-masing kegiatan transformasi energi terdiri dari proses dan output.

4. Modul *Resources*

Modul *Resources* terbagi menjadi dua bagian primer dan sekunder. Bagian dalam modul *Resources* akan muncul secara otomatis sesuai dengan jenis energi yang dimodelkan sebelumnya pada modul *Transformation*. Beberapa parameter perlu diisikan, seperti jumlah cadangan bahan bakar yang tersedia dan potensi energi yang dapat digunakan.

Dan modul tambahan adalah pelengkap dari modul-modul utama jika diperlukan, berikut adalah modul tambahan yang ada :

1. Modul *Statistical Differences*

Modul ini berfungsi untuk menuliskan asumsi-asumsi dari selisih data antara data demand dengan supply karena perbedaan pada pendekatan perhitungan demand dengan perhitungan supply energi. Pada dasarnya *Statistical Differences* pada pemodelan nol.

2. Modul *Stock Changes*

Modul ini berfungsi untuk menuliskan perkiraan perubahan stok atau cadangan energi di awal tahun tertentu dengan awal tahun berikutnya. Pada dasarnya perubahan pemodelan dianggap nol.

3. Modul *Non-Energy Sector Effect*

Modul ini merupakan tempat untuk variable-variabel dampak negative pada kegiatan sektor energi, sebagai contoh seperti tingkat kecelakaan, kesehatan, pencemaran ekosistem. Susunan modul ini sudah baku. LEAP akan melakukan simulasi berdasarkan susunan dari atas ke bawah. Simulasi yang dilakukan LEAP bersifat *straight forward* sehingga tidak ada *feedback* dari *demand* dan *supply energy*. Permintaan energi dinyatakan selalu dipenuhi oleh pemasok yang berasal dari transformasi energi domestic ataupun impor energi.