

**STRATEGI PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR ENERGI  
LISTRIK UNTUK MEWUJUDKAN KOTA MAKASSAR  
*SUSTAINABLE CITY***

**SKRIPSI  
Tugas Akhir – 473D528  
PERIODE IV  
Tahun 2018-2019**

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Sarjana Teknik  
Departemen Teknik Perencanaan Wilayah dan Kota**

**OLEH:  
ICHSAN CAESAR PRATAMA  
D521 15 501**



**DEPARTEMEN TEKNIK PERENCANAAN WILAYAH DAN KOTA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2019**



# STRATEGI PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR ENERGI LISTRIK UNTUK MEWUJUDKAN KOTA MAKASSAR *SUSTAINABLE CITY*

Ichsan Caesar Pratama<sup>1)</sup>, Muhammad Yamin Jinca<sup>2)</sup>, Yashinta Kumala D.S<sup>3)</sup>  
Universitas Hasanuddin

Infrastruktur

Email : Ichsancaesaricp@outlook.com

## ABSTRAK

Kota Makassar merupakan salah satu kota metropolitan yang memiliki aktivitas perekonomian yang padat. Peningkatan ekonomi sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk sehingga penggunaan energi yang dibutuhkan meningkat secara signifikan. Penelitian ini bersifat *riset and development* dengan pendekatan deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan dan ketersediaan infrastruktur energi listrik di Kota Makassar dan memberikan strategi pengembangan energi baru terbarukan untuk mewujudkan *sustainable city* di Kota Makassar. Metode pengumpulan data dilakukan dengan studi dokumen, observasi, wawancara, dan pengisian kuesioner. Metode analisis yang digunakan yaitu analisis laju pertumbuhan penduduk dan ekonomi untuk mengetahui arah pembangunan Kota Makassar. Analisis pertumbuhan pengguna listrik dan *forecasting supply-demand* untuk mendapatkan total pengguna serta kebutuhan listrik. Analisis spasial dan penyediaan energi terbarukan untuk mengetahui lokasi dan kapasitas serta efektivitas sumber energi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan karakteristik kebutuhan energi listrik Kota Makassar terdiri dari sektor rumah tangga, bisnis, publik, dan industri. Kota Makassar memiliki kapasitas pembangkit sebesar 1.686 MW, terdiri dari energi konvensional sebesar 60% dan energi baru terbarukan sebesar 40% dengan efektivitas penggunaan sebesar 94,84%. Tahun 2018 energi listrik mengalami defisit sebesar 125,99 MW dan 5.759,56 MW pada tahun 2037. Untuk mengantisipasi peningkatan kebutuhan yang melebihi persediaan energi listrik dilakukan strategi pengembangan pemenuhan energi jangka panjang. Periode (2017-2022) dibutuhkan pembangkit listrik sebesar 12,8%, periode (2022-2027) sebesar 18,8%, periode (2027-2032) sebesar 27,7%, dan periode (2032-2037) sebesar 40,7%. Strategi pengembangan energi terbarukan dilakukan dengan transformasi energi konvensional menjadi energi baru terbarukan menjadi 80%. Strategi penerapan energi baru terbarukan yang digunakan yaitu energi gas alam, biomassa, dan energi ombak.

**Kata Kunci:** Strategi, Energi, Terbarukan, Listrik, *Sustainable*



**PENGESAHAN  
SKRIPSI**

---

**PROYEK** : TUGAS SARJANA DEPARTEMEN PERENCANAAN  
WILAYAH DAN KOTA

**JUDUL** : STRATEGI PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR ENERGI  
LISTRIK UNTUK MEWUJUDKAN KOTA MAKASSAR  
*SUSTAINABLE CITY*

**PENYUSUN** : ICHSAN CAESAR PRATAMA


**NO. STB** : D521 15 501

**PERIODE** : IV-TAHUN 2018/2019

---

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing

Pembimbing I Pembimbing II

  
Prof. Dr-Ing. Ir. M. Yamin Jinca, MS.Tr Dr. Techn. Yashinta Kumala, ST, MIP  
NIP. 195312211981031002 NIP. 1979011722001122002

Mengetahui,  
Ketua Departemen  
Perencanaan Wilayah dan Kota  
Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin

  
Dr. Ir. Hj. Mimi Arifin, M.Si  
NIP. 19661218 199303 2 001

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ichsan Caesar Pratama

Nim : D521 15 501

Fakultas/ Departemen : Teknik/ Perencanaan Wilayah da Kota

Dengan ini menyatakan bahwa judul skripsi **“Strategi Pengembangan Infrastruktur Energi Listrik Untuk Mewujudkan Makassar *Sustainable City*”** benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Gowa, 9 April 2019

Yang membuat pernyataan,



**Ichsan Caesar Pratama**



# STRATEGI PENGEMBANGAN INFRASTRUKTUR ENERGI LISTRIK UNTUK MEWUJUDKAN KOTA MAKASSAR *SUSTAINABLE CITY*

Ichsan Caesar Pratama<sup>1)</sup>, Muhammad Yamin Jinca<sup>2)</sup>, Yashinta Kumala D.S<sup>3)</sup>  
Universitas Hasanuddin

Infrastruktur

Email : Ichsancaesaricp@outlook.com

## ABSTRAK

Kota Makassar merupakan salah satu kota metropolitan yang memiliki aktivitas perekonomian yang padat. Peningkatan ekonomi sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk sehingga penggunaan energi yang dibutuhkan meningkat secara signifikan. Penelitian ini bersifat *riset and development* dengan pendekatan deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan dan ketersediaan infrastruktur energi listrik di Kota Makassar dan memberikan strategi pengembangan energi baru terbarukan untuk mewujudkan *sustainable city* di Kota Makassar. Metode pengumpulan data dilakukan dengan studi dokumen, observasi, wawancara, dan pengisian kuesioner. Metode analisis yang digunakan yaitu analisis laju pertumbuhan penduduk dan ekonomi untuk mengetahui arah pembangunan Kota Makassar. Analisis pertumbuhan pengguna listrik dan *forecasting supply-demand* untuk mendapatkan total pengguna serta kebutuhan listrik. Analisis spasial dan penyediaan energi terbarukan untuk mengetahui lokasi dan kapasitas serta efektivitas sumber energi. Hasil dari penelitian ini menunjukkan karakteristik kebutuhan energi listrik Kota Makassar terdiri dari sektor rumah tangga, bisnis, publik, dan industri. Kota Makassar memiliki kapasitas pembangkit sebesar 1.686 MW, terdiri dari energi konvensional sebesar 60% dan energi baru terbarukan sebesar 40% dengan efektivitas penggunaan sebesar 94,84%. Tahun 2018 energi listrik mengalami defisit sebesar 125,99 MW dan 5.759,56 MW pada tahun 2037. Untuk mengantisipasi peningkatan kebutuhan yang melebihi persediaan energi listrik dilakukan strategi pengembangan pemenuhan energi jangka panjang. Periode (2017-2022) dibutuhkan pembangkit listrik sebesar 12,8%, periode (2022-2027) sebesar 18,8%, periode (2027-2032) sebesar 27,7%, dan periode (2032-2037) sebesar 40,7%. Strategi pengembangan energi terbarukan dilakukan dengan transformasi energi konvensional menjadi energi baru terbarukan menjadi 80%. Strategi penerapan energi baru terbarukan yang digunakan yaitu energi gas alam, biomassa, dan energi ombak.

**Kata Kunci:** Strategi, Energi, Terbarukan, Listrik, *Sustainable*



# DEVELOPMENT STRATEGY OF ELECTRICITY INFRASTRUCTURE TOWARD MAKASSAR SUSTAINABLE CITY

Ichsan Caesar Pratama<sup>1)</sup>, Muhammad Yamin Jinca<sup>2)</sup>, Yashinta Kumala D.S<sup>3)</sup>

Universitas Hasanuddin

Infrastruktur

Email : Ichsancaesaricp@outlook.com

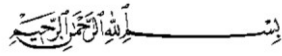
## ABSTRACT

Makassar City is one of the metropolitan cities that has a dense economic activity. Economic improvement is in line with the increase in population so that the energy use needed increases significantly. This research is research and development with quantitative and qualitative descriptive approaches. This study aims to identify the needs and availability of electrical energy infrastructure in Makassar City and provide a strategy for developing new renewable energy to realize sustainable cities in Makassar City. The method of data collection is done by studying documents, observations, interviews, and filling out questionnaires. The analytical method used is the analysis of population and economic growth rates to determine the direction of the development of Makassar City. Growth analysis of electricity users and supply-demand forecasting to get total users and electricity needs. Spatial analysis and the provision of renewable energy to determine the location and capacity and effectiveness of energy sources. The results of this study indicate the characteristics of the electrical energy needs of Makassar City consisting of the household, business, public and industrial sectors. Makassar City has a generating capacity of 1,686 MW, comprising 60% of conventional energy and 40% of new renewable energy with use effectiveness of 94.84%. In 2018 electric energy has a deficit of 125.99 MW and 5,759.56 MW in 2037. To anticipate an increase in demand that exceeds the electricity supply, a long-term energy fulfillment development strategy is carried out. The period (2017-2022) requires electricity generation of 12.8%, period (2022-2027) of 18.8%, period (2027-2032) of 27.7%, and period (2032-2037) of 40.7 %. The strategy for developing renewable energy is carried out by transforming conventional energy into new renewable energy to 80%. The strategies for applying renewable energy are used namely natural gas, biomass, and wave energy.

**Keywords:** *Strategy, Energy, Renewable, Electricity, Sustainable*



## KATA PENGANTAR



*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia – Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Strategi Pengembangan Infrastruktur Energi Listrik Untuk Mewujudkan Makassar *Sustainable City*”**

*Laporan Tugas Akhir* merupakan salah satu mata kuliah yang wajib ditempuh di Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota Universitas Hasanuddin. Laporan *Tugas Akhir* (TA) ini disusun sebagai kewajiban untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi dan wisuda. Penyusunan tugas akhir ini sebagai syarat akademis penyelesaian syudi jenjang Strata 1 Departemen Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Informasi yang dijelaskan dalam laporan ini terkait dengan hasil perencanaan mengani judul tugas akhir selama melakukan penyusunan laporan tugas akhir. Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir, penulis mendapat banyak bantuan oleh pihak-pihak terkait yang membimbing praktikan yang mungkin masih memiliki banyak kekurangan.

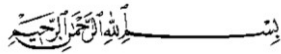
Gowa, 9 April 2019

**Ichsan Caesar Pratama**

D521 15 501



## UCAPAN TERIMA KASIH



Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas berkat, rahmat, dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan bimbingan dan dukungan. Terima Kasih Kepada:

1. Kedua orang tua tercinta penulis Bapak Ir. Muslimin dan dr. Hj. Maidah atas segala dukungan dan doa yang diberikan.
2. Dosen Pembimbing Mata Kuliah *Laboratorium Based Education* (LBE) yaitu Prof. Dr-Ing. Ir. M. Yamin Jinca, MS.Tr, Dr. Techn. Yashinta Kumala, ST, MIP, dan Ir. H. Muh. Fathien Azmy, M.Si. yang telah membimbing dan memberikan masukan serta saran kepada penulis selama proses pelaksanaan *Laboratorium Based Education* dan penyusunan laporan hingga selesai.
3. Dosen Pembimbing Tugas Akhir Prof. Dr-Ing. Ir. M. Yamin Jinca, MS.Tr, dan Dr. Techn. Yashinta Kumala, ST, MIP, yang telah membimbing dan memberikan masukan serta saran kepada penulis selama proses penyusunan tugas akhir hingga selesai.
4. Dosen Penguji Tugas Akhir Prof. Dr. Ir. Ananto Yudono, M.Eng dan Dr. Ir. Hj. Mimi Arifin, M.Si yang telah memberikan masukan dan saran kepada penulis.
5. Kepala Bidang Sumber Daya Manusia PT. PLN Wilayah Sulselrabar.
6. Dr. Charles Heaps - LEAP Team Stockholm Environment Institute.
7. Tim Cium Laude atas bantuan dan semangat dalam menemani pada saat penyusunan laporan ini.
8. Rekan Seperjuangan dalam LBE Infrastruktur telah jatuh bersama-sama dan bangkit bersama dalam suka maupun duka dalam menyelesaikan LBE Infrastruktur.
9. Rekan tim ZONASI 2015 yang telah memberikan masukan dan saran serta memberi semangat dalam melakukan penyelesaian dalam laporan ini.

akhirnya, semoga penyusunan laporan ini dapat bermanfaat kepada kita  
*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

**Ichsan Caesar Pratama**





## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT.....	iii
ABSTRAK .....	iv
ABSTRACK .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Manfaat .....	4
1.5 Ruang Lingkup Strategi Pengembangan.....	4
1.6 Output.....	5
1.7 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Infrastruktur Listrik.....	7
2.1.1 Definisi Umum .....	7
2.1.2 Komponen.....	7
2.1.3 Karakteristik Pengguna Listrik .....	8
2.1.4 Karakteristik Persediaan.....	10
2.2 Konsep <i>Sustainable City</i> .....	29
2.2.1 Definisi.....	29
2.2.2 Indikator.....	30
2.2.3 Contoh.....	32
2.2.4 Sustainable Development Goals Indonesia.....	34
2.3 Skenario Forecasting <i>Analysis Supply-Demand</i> .....	33
2.3.1 Sektor Rumah Tangga .....	33
2.3.2 Sektor Komersial .....	34
2.3.3 Sektor Publik.....	34
2.3.4 Sektor Industri.....	34
2.3.5 Konsumsi Energi Listrik Total .....	35
2.4 Penggunaan Aplikasi LEAP ( <i>Long-range Energy Alternatif Planning</i> <i>System</i> ) .....	36



<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>38</b>
3.1 Jenis Penelitian.....	38
3.2 Waktu dan Lokasi .....	38
3.2.1 Waktu Penelitian.....	38
3.2.2 Lokasi Penelitian.....	38
3.3 Jenis Kebutuhan Data.....	29
3.3.1 Data Primer .....	38
3.3.2 Data Sekunder.....	39
3.4 Metode Pengumpulan Data .....	39
3.4.1 Observasi .....	39
3.4.2 Kuesioner .....	40
3.4.3 Wawancara.....	40
3.4.4 Studi Literatur .....	40
3.5 Variabel Penelitian .....	42
3.6 Metode Analisis Data.....	44
3.6.1 Analisis Deskriptif Kuantitatif dan Kualitatif.....	44
3.6.2 Interpretasi Data.....	44
3.6.3 Analisis Proyeksi Laju Pertumbuhan Penduduk.....	44
3.6.4 Analisis Pertumbuhan Ekonomi .....	45
3.6.5 Analisis Pertumbuhan Pengguna Listrik.....	45
3.6.6 Analisis <i>Forecasting Supply-Demand</i> .....	45
3.6.7 Analisis Spasial.....	46
3.6.8 Analisis Penyediaan Energi Terbarukan.....	46
3.7 Definisi Operasional .....	46
3.7.1 Infrastruktur Listrik.....	46
3.7.2 Jumlah Penduduk.....	46
3.7.3 Pengguna Listrik.....	46
3.7.4 <i>Sustainable City</i> .....	46
3.8 Kerangka Penelitian .....	47
 <b>BAB IV GAMBARAN UMUM.....</b>	 <b>47</b>
4.1 Administrasi Kota Makassar .....	47
4.2 Geografis Kota Makassar.....	48
4.2.1 Topografi dan Kemiringan Lereng .....	48
4.2.2 Tata Guna Lahan.....	51
4.3 Kependudukan.....	54
4.3.1 Jumlah Penduduk dan Laju Pertumbuhan Penduduk Kota Makassar .....	54
4.3.2 Jumlah Penduduk Menurut Kelompok Umur.....	55
4.4 Produk Domestik Regional Bruto Kota Makassa .....	56
4.5 Karakteristik <i>Demand</i> /Kebutuhan Listrik Kota Makassar.....	57
5.1 Penggunaan Listrik Kota Makassar .....	57
5.2 Penggunaan Energi Listrik Per Kapita Kota Makassar .....	58
5.3 Jumlah Pelanggan Menurut Sektor Layanan Tahun 2017 .....	59



4.5.4 Tarif Tenaga Listrik .....	67
4.6 Karakteristik Supply/Penyediaan Energi Listrik Kota Makassar .....	70
4.7 Sumber Energi Baru Terbarukan Kota Makassar .....	75
4.7.1 Energi Gas Alam.....	75
4.7.2 Energi Biomassa .....	75
4.7.3 Energi Ombak .....	75
<b>BAB V HASIL DAN ANALISIS.....</b>	<b>78</b>
5.1 Analisis Proyeksi Laju Pertumbuhan Penduduk .....	78
5.2 Analisis Pertumbuhan Ekonomi.....	80
5.3 Analisis Pertumbuhan Energi Listrik Rumah Tangga .....	80
5.3.1 Pertumbuhan Energi Listrik Individu Kota Makassar .....	80
5.4 Analisis <i>Forecasting Supply-Demand</i> .....	85
5.4.1 Elastisitas Energi dan Pelanggan .....	85
5.4.2 <i>Forecasting</i> Jumlah Pengguna.....	86
5.4.3 <i>Forecasting</i> Kebutuhan Energi Listrik .....	90
5.5 Analisis Spasial .....	97
5.5.1 Analisis Overlay RTRW Kota Makassar .....	97
5.5.2 Analisis Lokasi Energi Terbarukan .....	97
5.6 Analisis Penyediaan Energi Terbarukan .....	100
5.6.1 Kapasitas Ebergi Terbakukan Kota Makassar .....	100
5.6.2 Analisis <i>Supply</i> dan <i>Demand</i> Pembangkit Energi Listrik.....	101
5.6.3 Komparasi Energi Konvensional dan Energi Baru Terbarukan ....	102
5.7 Strategi Pengembangan Infrastruktur Energi Listrik .....	103
5.7.1 Strategi Pemenuhan Kebutuhan Energi Listrik .....	104
5.7.2 Konversi Energi Terbarukan.....	105
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>107</b>
6.1 Kesimpulan .....	107
6.2 Saran.....	108
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>109</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kategori Pengguna Listrik .....	8
Tabel 2.2 Indikator <i>Sustainable City</i> Menurut <i>Reference Framework</i> .....	30
Tabel 3.1 Variabel Penelitian Infrastruktur Listrik Kota Makassar .....	42
Tabel 4.1 Luas Wilayah dan Presentase Kecamatan di Kota Makassar .....	47
Tabel 4.2 Tinggi Wilayah Laut Menurut Kecamatan di Kota Makassar .....	52
Tabel 4.3 Penggunaan Lahan di Kota Makassar .....	52
Tabel 4.4 Jumlah Penduduk dan Laju Pertumbuhan di Kota Makassar .....	54
Tabel 4.5 PDRB Atas Harga Konstan di Kota Makassar .....	56
Tabel 4.6 Penggunaan Listrik Kota Makassar .....	57
Tabel 4.7 Penggunaan Energi Listrik Per Kapita .....	59
Tabel 4.8 Penyerapan Energi Listrik Menurut Sektor Kota Makassar .....	59
Tabel 4.9 Penggunaan Listrik Rumah Tangga Menurut Klasifikasi Ekonomi .....	61
Tabel 4.10 Daftar Industri di KIMA Park .....	65
Tabel 4.11 Tarif Tenaga Listrik Bulan Januari-Maret 2019 .....	68
Tabel 4.12 Sumber Pembangkit Energi Listrik Kota Makassar .....	70
Tabel 5.1 Laju Pertumbuhan Penduduk Kota Makassar Tahun 2012-2037 .....	78
Tabel 5.2 Hasil Proyeksi Penduduk Kota Makassar Tahun 2017-2037 .....	79
Tabel 5.3 Rata-Rata PDRB Kota Makassar 2017-2037 .....	80
Tabel 5.4 Penggunaan Energi Listrik Individu Per Hari Kota Makassar 2017 .....	81
Tabel 5.5 Total Kebutuhan Listrik Kota Makassar Kebutuhan Individu .....	82
Tabel 5.6 Analisis Penggunaan Energi Per Kapita Kota Makassar .....	83
Tabel 5.7 Total Kebutuhan Listrik Kota Makassar Kebutuhan Per Kapita .....	84
Tabel 5.8 Analisis Elastisitas Energi dan Faktor Pelanggan Kota Makassar 2017 .....	86
Tabel 5.9 Proyeksi Pelanggan Energi Listrik Kota Makassar 2017-2037 .....	90
0 Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik Kota Makassar 2017-20137 .....	94
1 Perbandingan Konsumsi Listrik Pelanggan Per Sektor .....	96
2 Kapasitas Energi Terbarukan Kota Makassar .....	100



Tabel 5.13 Kebutuhan Kapasitas Pembangkit Kota Makassar 2017-2037 .....	101
Tabel 5.14 Komparasi Energi Konvensional dan Energi Baru Terbarukan.....	102
Tabel 5.15 Penambahan Daya Produksi Pembangkit Menurut 2017-2037 .....	103
Tabel 5.16 Konsep Dasar Strategi Pengembangan .....	104



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Komponan Infrastruktur Listrik .....	7
Gambar 2.2	Skema Pembangkit Listrik Tenaga Disesel .....	10
Gambar 2.3	Skema Pembangkit Listrik Tenaga Air .....	12
Gambar 2.4	Komponen PLTA .....	13
Gambar 2.5	Skema Pembangkit Listrik Tenaga UAP .....	14
Gambar 2.6	Pembangkit Listrik Tenaga Gas .....	15
Gambar 2.7	Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi .....	17
Gambar 2.8	Listrik Tenaga Sinar Matahari .....	18
Gambar 2.9	Pembangkit Listrik Tenaga Ombak .....	20
Gambar 2.10	Pembangkit Listrik Tenaga Sampah .....	21
Gambar 2.11	Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir.....	23
Gambar 2.12	Pengeboran Minyak Bumi .....	24
Gambar 2.13	Penambangan Batubara.....	25
Gambar 2.14	Energi Nuklir.....	25
Gambar 2.15	Pembangkit Energi Angin.....	26
Gambar 2.16	Energi Panas Bumi.....	26
Gambar 2.17	Energi Panas Matahari .....	27
Gambar 2.18	Energi Pasang Surut .....	27
Gambar 2.19	Energi Hidroelektrik Bendungan Air.....	28
Gambar 2.20	Pengolahan Sampah Menjadi Biomassa .....	28
Gambar 2.21	Diagram Venn Dimensi Standar Pengembangan Berkelanjutan ...	30
Gambar 2.22	Tampilan Aplikasi LEAP .....	36
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian Infrastruktur Energi Listrik Kota Makassar .	47
Gambar 4.1	Peta Administrasi Wilayah Kota Makassar.....	49
Gambar 4.2	Peta Topografi Wilayah dan Kota Makassar .....	50
Gambar 4.3	Peta Fungsi Lahan .....	53
4	Diagram Penduduk Menurut Kelompok Umur.....	55
5	Diagram Perbandingan Produksi Penjualan Energi Listrik.....	57
6	Grafik Peningkatan Jumlah Pelanggan Listrik Kota Makassar .....	58



Gambar 4.7	Diagram Persentase Pengguna Listrik Menurut Sektor .....	60
Gambar 4.8	Peralatan Listrik di Rumah Tangga.....	62
Gambar 4.9	Kawasan CBD Kota Makassar.....	63
Gambar 4.10	Perhotelan/ Jasa.....	64
Gambar 4.11	Rumah Toko Pada Kawasan Sudirman .....	64
Gambar 4.12	Industri Roti di Kawasan KIMA Park.....	66
Gambar 4.13	Rumah Sakit Wahidin .....	66
Gambar 4.14	Balai Kota Walikota Makassar.....	67
Gambar 4.15	Peta Persebaran Pengguna Energi Listrik Kota Makassar .....	69
Gambar 4.16	Rasio Pembangkit Energi Konvensional dan Energi Terbarukan..	71
Gambar 4.17	Peta Jaringan SUTT Energi Listrik Kota Makassar.....	73
Gambar 4.18	Peta Distribusi Energi Listrik Kota Makassar.....	74
Gambar 4.19	Rasio Pembangkit Energi Konvensional dan Energi Terbarukan..	75
Gambar 4.20	Peta Potensi Sumber Energi Baru Terbarukan Kota Makassar.....	76
Gambar 5.1	Diagram Total Kebutuhan Listrik Menurut Individu.....	83
Gambar 5.2	Diagram Total Kebutuhan Listrik Menurut Individu (Rumah Tangga) .....	87
Gambar 5.3	Diagram Total Kebutuhan Listrik Menurut Individu (Komersial)	88
Gambar 5.4	Diagram Total Kebutuhan Listrik Menurut Individu (Publik).....	88
Gambar 5.5	Diagram Total Kebutuhan Listrik Menurut Individu (Industri).....	89
Gambar 5.6	Diagram Total Kebutuhan Listrik Menurut Individu (Rumah Tangga) .....	91
Gambar 5.7	Diagram Total Kebutuhan Listrik Menurut Individu (Komersial)	92
Gambar 5.8	Diagram Total Kebutuhan Listrik Menurut Individu (Publik).....	92
Gambar 5.9	Diagram Total Kebutuhan Listrik Menurut Individu (Industri).....	93
Gambar 5.10	Diagram Penyediaan dan Kebutuhan Listrik Kota Makassar .....	95
Gambar 5.11	Overlay Pola Ruang Terhadap Energi Baru Terbarukan .....	98
Gambar 5.12	Overlay Pusat Kegiatan Terhadap Energi Baru Terbarukan.....	99
13	Diagram Penyediaan dan Kebutuhan Listrik Kota Makassar .....	102
13	Strategi Pengembangan Konversi Energi Baru Terbarukan .....	105



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan bagian mendasar dari alam semesta dan salah satu bentuk energi yang paling banyak digunakan. Listrik sebenarnya merupakan sumber energi sekunder, yang disebut sebagai pembawa energi. Hal ini berarti bahwa kita mendapatkan listrik dari konversi dari sumber energi lainnya, seperti batu bara, energi nuklir, atau matahari yang disebut sebagai sumber primer. Sumber energi yang kita gunakan untuk membuat listrik dapat terbarukan atau tak terbarukan, tapi listrik itu sendiri adalah tidak terbarukan atau terbarukan, (Sebrina, 2005).

Salah satu masalah penting dalam menghadapi pembangunan berkelanjutan adalah tentang pengelolaan sumber energi yang mempertimbangkan aspek sosial, ekonomi, dan pelestarian lingkungan. Pembangunan berkelanjutan yang tidak memperhatikan kapasitas sumber daya alam dan lingkungan akan menyebabkan permasalahan pembangunan dikemudian hari (Jaya, 2004). Pada saat yang sama pembangunan harus berlandaskan efisiensi dan pemanfaatan lingkungan secara bertanggung jawab.

*Outlook Energi Indonesia (2018)* menyatakan bahwa Indonesia merupakan negara dengan konsumsi energi terbesar di Kawasan Asia Tenggara dan urutan kelima di Asia Pasifik dalam konsumsi energi setelah negara China, India, Jepang, dan Korea Selatan. Pertumbuhan PDRB yang tinggi, mencapai rata-rata 6,04% per tahun selama periode 2017-2050, diperkirakan akan semakin mendorong peningkatan kebutuhan energi Indonesia di masa depan. Hal ini menyebabkan peran Indonesia dalam pasar energi dunia dan dalam upaya penurunan emisi kaca global bertambah signifikan.

Menurut *Outlook Energi Indonesia (OEI) 2018* tahun 2016-2018, pemanfaatan listrik terus berkembang mengingat inovasi teknologi berbasis listrik pesat dan digunakan hampir di semua sektor, terutama sektor rumah tangga komersial. Kebutuhan listrik meningkat sebesar 6% per tahun 2050 atau 7,4 kali lipat dari konsumsi 2016.





Dalam hal ketenagalistrikan, kondisi infrastruktur juga masih belum sempurna. Transmisi listrik di masing-masing wilayah Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua belum terintegrasi sepenuhnya. Sebagai dampak belum terintegrasinya infrastruktur, rasio elektrifikasi nasional baru mencapai 88,5%, yang artinya masih ada sekitar 29,4 juta rumah tangga Indonesia belum mendapatkan akses listrik. Kapasitas terpasang per kapita Indonesia baru mencapai sekitar 218 watt/kapita (konsumsi listrik sebesar 910 kWh/kapita), disebabkan kapasitas terpasang pembangkit nasional pada tahun 2015 baru mencapai sekitar 55 GW. Untuk mencapai konsumsi listrik sekitar 1.000 watt/kapita, diperlukan tambahan kapasitas sekitar 200 GW atau 4 kali total kapasitas pembangkit listrik di Indonesia saat ini. Kekurangan listrik ini menyebabkan terkendalanya pemanfaatan listrik untuk meningkatkan produktivitas dan terhambatnya pengembangan potensi-potensi ekonomi.

Pembangunan berkelanjutan difokuskan dalam peningkatan aktivitas ekonomi dan pembaruan teknologi. Pembangunan berkelanjutan membutuhkan energi yang sangat besar dalam memulai proses tersebut. Sulawesi Selatan memiliki potensi energi baru terbarukan yang sangat besar yaitu energi gas alam, air, ombak, dan angin. Energi Baru Terbarukan (EBT) menjadi tren utama untuk penggunaan energi dalam konsep pembangunan berkelanjutan.

Kota Makassar merupakan salah satu kota metropolitan yang memiliki aktivitas perekonomian yang padat. Peningkatan ekonomi sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk sehingga penggunaan energi yang dibutuhkan meningkat secara signifikan. Kebutuhan energi listrik di Kota Makassar yang sangat besar untuk aktivitas siang hari berada pada sektor komersial dan industri. Sedangkan untuk aktivitas malam hari berada pada sektor permukiman.

Kota Makassar memiliki persediaan energi yang masih sangat bergantung pada energi konvensional. Energi digunakan sebagai pembangkit listrik dalam memenuhi kebutuhan rumah tangga, komersial, industri, dan fasilitas umum dalam

ergantungan ini disebabkan oleh kurangnya kemampuan Kota Makassar membangun infrastruktur dan secara mandiri. Suplai listrik dalam kota hanya akan pembangkit listrik yang berada pada wilayah *hinterland* sekitarnya.



Konsep *Sustainable city* hadir untuk mengintegrasikan tiga dimensi yaitu dimensi sosial, dimensi ekonomi, dan dimensi lingkungan agar tercapai keseimbangan dan tercapainya pembangunan berkelanjutan. Konsep ini membutuhkan energi yang besar dalam penerapannya menjadikan dasar utama dalam strategi pengembangan infrastruktur listrik dan energi terbarukan untuk menciptakan pembangunan yang ramah lingkungan. Salah satu sub indikator pada dimensi lingkungan dalam konsep *Sustainable city* yaitu Konsumsi Energi Terbarukan dan Konsumsi Listrik. Untuk melakukan kajian strategi pengembangan terkait ketersediaan energi listrik di Kota Makassar. Adapun konsep strategi pengembangan yang tawarkan yaitu strategi pengembangan energi terbarukan untuk konsumsi energi listrik dalam menunjang Konsep *Sustainable City* di Kota Makassar.

## 1.2 Rumusan Masalah

Kebutuhan energi listrik semakin meningkat seiring dengan peningkatan aktivitas manusia dalam menjalankan kehidupannya. Konsep revolusi industri 4.0 menjadikan peningkatan konsumsi energi tidak hanya terjadi pada sektor industri yang berperan sebagai sektor penggerak, akan tetapi perkembangan yang pesat terjadi pada sektor komersial dan sektor rumah tangga sebagai sektor pelaku industri utama dalam menjalankan aktivitas perekonomian. Revolusi industri 4.0 membawa peran dalam efisiensi. Efisiensi yang dimaksudkan adalah efisiensi terhadap dana, produksi, dan transfer teknologi.

Sesuai dengan arahan RTRW Kota Makassar 2015-2034 terkait pengembangan kawasan *energy center* untuk pemenuhan kebutuhan energi listrik Kota Makassar, dalam mewujudkan visi dan misi maka solusi tersebut dapat diketahui melalui strategi pengembangan ini dengan mengetahui jawaban atas pertanyaan - pertanyaan sebagai berikut :

1. Bagaimana karakteristik kebutuhan (*Demand*) energi listrik di Kota Makassar ?
2. Bagaimana karakteristik penyediaan (*Supply*) energi listrik di Kota Makassar ?
3. Bagaimana strategi pengembangan infrastruktur listrik untuk mewujudkan Kota Makassar *Sustainable City*?



### 1.3 Tujuan

Secara umum, tujuan strategi pengembangan ini adalah untuk menganalisis kebutuhan listrik di Kota Makassar dan menganalisis penggunaan energi baru terbarukan. Adapun sasaran dari strategi pengembangan ini berdasarkan dari latar belakang dan rumusan masalah pada subbab sebelumnya adalah:

1. Mengidentifikasi kebutuhan infrastruktur energi listrik di Kota Makassar
2. Mengidentifikasi ketersediaan infrastruktur energi listrik di Kota Makassar
3. Membuat strategi pengembangan energi baru terbarukan untuk mewujudkan *sustainable city* di Kota Makassar

### 1.4 Manfaat

1. Bagi Pengembangan Ilmu

Hasil studi diharapkan dapat menjadi bahan literatur, kajian, ataupun ilmu pengetahuan bagi pihak pengembangan ilmu dalam memberikan \ informasi dan data terkait infrastruktur pembangkit listrik di kawasan prioritas Kota Makassar.

2. Bagi Masyarakat

Hasil studi ini diharapkan pemahaman serta arahan untuk masyarakat di beberapa kawasan di Kota Makassar untuk melakukan penghematan listrik dan memberikan edukasi terhadap penerapan energi terbarukan.

3. Bagi Praktisi (Pemerintah dan Stakeholder)

Hasil studi ini diharapkan dapat memberikan ide tentang konsep strategi pengembangan untuk pihak yang melakukan pengadaan, perbaikan, dan pembangunan pada bidang infrastruktur energi listrik agar semua wilayah dapat terlayani listrik serta menggunakan energi baru terbarukan yang ramah lingkungan.

### 1.5 Ruang Lingkup Penelitian

1. Batasan wilayah penelitian termasuk wilayah administrasi daratan Kota Makassar yaitu 14 kecamatan tidak termasuk wilayah kepulauan. Kota Makassar secara geografis terletak 508, 6, 19 " Lintang Selatan (LS), 1190 17' 38" Bujur Timur (BT).



2. Batasan substansi penelitian termasuk pada konsep strategi pengembangan infrastruktur energi listrik yang sesuai dengan penerapan lokasi strategi pengembangan, membahas tentang komponen infrastruktur energi listrik sebagai berikut ;
  - a. Pembangkit energi listrik yang menggunakan sumber energi konvensional (batu bara dan minyak bumi) dan energi konvensional (angin, matahari, gelombang, biomassa, dan nuklir).
  - b. Kebutuhan energi listrik Kota Makassar berdasarkan sektor pengguna yaitu sektor rumah tangga, komersial, industri dan publik.
  - c. Pembangunan infrastruktur energi listrik berdasarkan faktor sosial, ekonomi, dan lingkungan.

### 1.6 Output

*Output* adalah hasil fisik / luaran yang dihasilkan dari strategi pengembangan ini. Adapun *Output* dari strategi pengembangan ini adalah :

1. Dokumen skripsi terdiri dari 6 bab, untuk penjabaran isi dari tiap bab akan dibahas pada subbab sistematika penulisan.
2. Poster presentasi strategi pengembangan yang berukuran A1
3. *Summary Book*
4. Dua Jenis Slide Presentasi Power Point, yaitu
  - a. Slide power point ujian hasil
  - b. Slide power point ujian tutup
5. Jurnal

### 1.7 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini dimulai dengan pendahuluan, yang mengemukakan latar belakang, rumusan masalah, tujuan strategi pengembangan, manfaat strategi pengembangan, lingkup dan batasan strategi pengembangan, *Output*, , serta sistematika penulisan. Isi pokok dari bab ini adalah pengungkapan isu terkait

an kebutuhan energi listrik di Kota Makassar dengan melihat kondisi dan membandingkan dengan kondisi kebutuhan listrik dimasa yang akan



**Bab I Pendahuluan**, menguraikan tentang latar belakang mengenai perkembangan penggunaan energi listrik dan teknologi yang digunakan untuk menerapkan energi baru terbarukan serta penerapan konsep *sustainable city* untuk Kota Makassar, rumusan masalah, tujuan dan manfaat strategi pengembangan, ruang lingkup serta sistematika pembahasan.

**Bab II Tinjauan Pustaka**, menjelaskan tentang Definisi operasional, komponen umum infrastruktur listrik, karakteristik pengguna, karakteristik persediaan listrik, penerapan konsep *sustainable city*, penggunaan aplikasi *forecasting energy (LEAP – Long-Range Energi Alternatif Planning)* dan peninjauan kebijakan dalam penerapan energi terbarukan.

**Bab III Metode Penelitian**, membahas secara sistematis metode yang akan digunakan dalam penelitian. Metode penelitian meliputi ; jenis penelitian, deliniasi kawasan, metode pengumpulan data, jenis data yang diperoleh, teknik analisis yang digunakan, variabel penelitian, dan kerangka penelitian.

**Bab IV Gambaran Umum**, menguraikan tentang karakteristik eksisting pengguna energi listrik, karakteristik persediaan sumber energi listrik, kondisi demografi Kota Makassar, kondisi perekonomian, kondisi geografis, dan sumber energi terbarukan yang ada di Kota Makassar.

**Bab V Hasil dan Analisis**, menguraikan tentang analisis infrastruktur pembangkit listrik dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik dengan melihat potensi dan masalah pada wilayah penelitian. Analisis pendukung dalam strategi pengembangan infrastruktur listrik yaitu analisis proyeksi penduduk dan pertumbuhan ekonomi. Analisis *forecasting supply-demand* sebagai analisis utama dalam penentuan strategi/arahan. Bab ini juga menguraikan tentang strategi/arahan yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan penggunaan energi dan strategi pemenuhan penggunaan energi terbarukan.

**Bab VII Penutup**, menguraikan tentang kesimpulan dalam strategi pengembangan energi listrik dengan konsep energi baru terbarukan yang digunakan dalam penerapan *sustainable city* di Kota Makassar dan saran dalam penerapan *renewable energy*.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

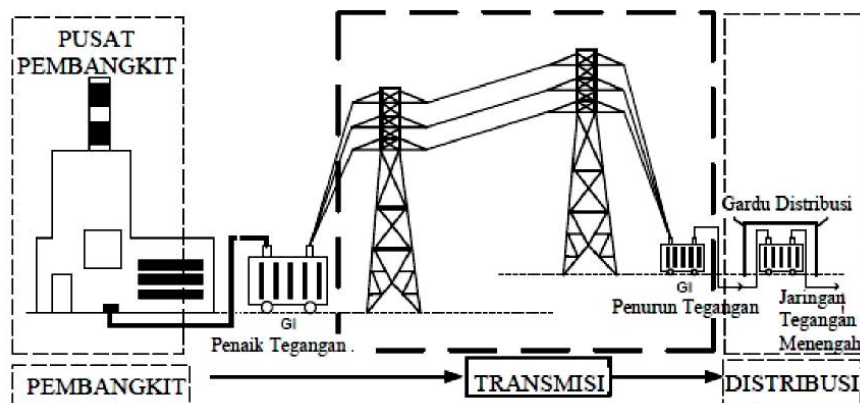
#### 2.1 Infrastruktur Listrik

##### 2.1.1 Definisi Umum

Infrastruktur listrik adalah fasilitas-fasilitas fisik yang dikembangkan atau dibutuhkan oleh publik umum untuk dalam penyediaan tenaga listrik untuk memfasilitasi tujuan sosial dan ekonomi yang ada saat ini. Listrik merupakan salah satu hal yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari manusia zaman sekarang karena hampir semua peralatan yang menunjang aktivitas manusia menggunakan listrik sebagai dayanya. Jadi infrastruktur merupakan sistem fisik yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan dasar manusia dalam lingkup sosial dan ekonomi.

##### 2.1.2 Komponen

Komponen umum infrastruktur listrik meliputi proses listrik dari hulu ke hilir yaitu dari produksi listrik ke konsumen (pengguna). Komponen listrik terdiri dari pembangkit listrik (*main component*), jaringan listrik (transmisi dan distribusi), gardu listrik (*secondary component*), dan konsumen listrik (*primary component*). Berikut adalah gambar skema komponen listrik:



Gambar 2.1 Komponen Infrastruktur Listrik

Sumber: PLN,2004



### 2.1.3 Karakteristik Pengguna Listrik

#### a. Kategori Penggunaan Listrik

Tenaga listrik yang didistribusikan ke pelanggan (konsumen) digunakan sebagai sumber daya untuk bermacam-macam peralatan yang membutuhkan tenaga listrik sebagai sumber energinya. Peralatan tersebut umumnya bisa berupa lampu (penerangan), beban daya (untuk motor listrik), pemanas, dan sumber daya peralatan elektronik.

Tabel 2.1 Tabel Kategori Pengguna Listrik

No	Golongan Tarif	Batas Daya
1	R-1/TR	1.300 VA
2	R-1/TR	2.200 VA
3	R-2/TR	3.500 VA s.d. 5.500 VA
4	R-3/TR	6.600 VA ke atas
5	B-2/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA
6	B-3/TM	di atas 200 kVA
7	I-3/TM	di atas 200 kVA
8	I-4/TT	30.000 kVA ke atas
9	P-1/TR	6.600 VA s.d. 200 kVA
10	P-2/TM	di atas 200 kVA
11	P-3/TR	-
12	L/TR	-

Sumber: PLN,2004

Keterangan :

R = Rumah Tangga

B = Bisnis / Komersial

I = Industri

P = Publik

L = Lainnya

Berdasarkan jenis konsumen energi listrik, secara garis besar, ragam beban dapat diklasifikasikan ke dalam:

#### 1. Rumah Tangga

Pada umumnya beban rumah tangga berupa lampu untuk penerangan, alat rumah tangga seperti kipas angin, pemanas air, lemari es, penyejuk udara, mixer, oven, motor pompa air, dan sebagainya. Beban rumah tangga biasanya

terjadi pada malam hari.



## 2. Komersial

Pada umumnya terdiri atas penerangan untuk reklame, kipas angin, penyejuk udara dan alat-alat listrik lainnya yang diperlukan untuk restoran. Beban hotel juga diklasifikasikan sebagai beban komersial (bisnis) begitu juga perkantoran. Beban ini secara drastis naik di siang hari untuk beban perkantoran dan pertokoan dan menurun di waktu sore.

## 3. Industri

Beban industri dibedakan dalam skala kecil dan skala besar. Untuk skala kecil banyak beroperasi di siang hari sedangkan industri besar sekarang ini banyak yang beroperasi sampai 24 jam.

## 4. Umum

Pengklasifikasian ini sangat penting artinya bila kita melakukan analisa karakteristik beban untuk suatu sistem yang sangat besar. Perbedaan yang paling prinsip dari empat jenis beban di atas, selain dari daya yang digunakan dan juga waktu pembebanannya. Pemakaian daya pada beban rumah tangga akan lebih dominan pada pagi dan malam hari, sedangkan pada beban komersial lebih dominan pada siang dan sore hari.

### b. Proyeksi Kebutuhan Energi Listrik

Dalam buku yang ditulis oleh AS Pabla, Ir. Abdul Hadi (1994,86) dijelaskan bahwa perencanaan untuk sistem daya optimum dapat dibagi menjadi tiga macam yaitu:

#### 1. Prakiraan jangka panjang

Pada perencanaan sistem distribusikan jangka panjang biasanya termasuk (tahun horizon) dua belas tahun atau lebih sebelum saat sekarang.

#### 2. Prakiraan jangka menengah

Jangka waktu untuk perencanaan jangka menengah ini antara tiga tahun sampai dua belas tahun, kebanyakan metode ekonomi untuk mengembangkan

telah termasuk dalam parameter-parameter pada jangka panjang yang as pengembangan sistem dengan cara-cara lebih umum.





### 3. Prakiraan jangka pendek

Prakiraan jangka pendek atau rencana taktis memerlukan periode satu sampai tiga tahun di muka dan biasanya hanya merupakan pelaksanaan hasil studi jangka panjang.

#### c. Elastisitas dan Faktor Pelanggan

Elastisitas adalah sebuah ukuran berapa banyak pembeli atau penjual respon terhadap perubahan-perubahan kondisi pasar. Elastisitas permintaan merupakan ukuran derajat kepekaan permintaan suatu barang terhadap perubahan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Elastisitas permintaan tenaga listrik yaitu perbandingan pertumbuhan penjualan energi listrik (kWh) dengan pertumbuhan ekonomi (PDRB).

$$e = \frac{\text{Pertumbuhan energi listrik}}{\text{Pertumbuhan PDRB}}$$

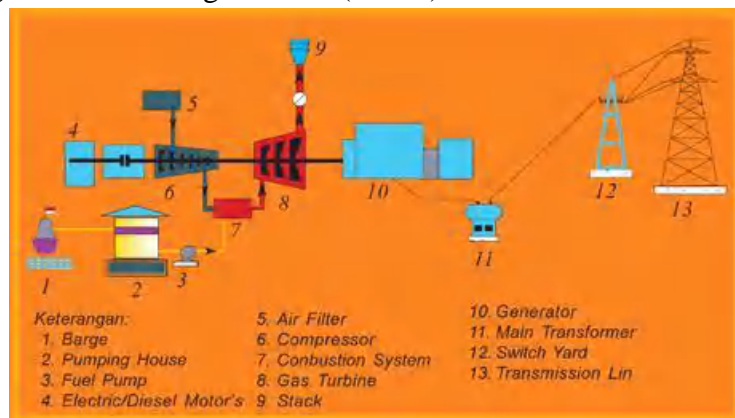
Faktor pelanggan yaitu perbandingan antara jumlah pelanggan dan pertumbuhan ekonomi (PDRB) (Deryanus Kassa, 2015)

$$CF = \frac{\text{jumlah pelanggan}}{\text{pertumbuhan ekonomi (PDRB)}}$$

#### 2.1.4 Karakteristik Persediaan Listrik

##### a. Jenis Pembangkit Listrik

##### 1. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)



Gambar 2.2 Skema Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

Sumber: [www.bmj.co.id](http://www.bmj.co.id)



Diesel Pusat Listrik Tenaga Diesel (PLTD) berbahan bakar BBM (solar), biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam jumlah beban kecil, terutama untuk daerah baru yang terpencil atau untuk listrik pedesaan. Di dalam perkembangannya PLTD dapat juga menggunakan Bahan Bakar Gas (BBG). Mesin diesel ini menggunakan ruang bakar dimana ledakan pada ruang bakar tersebut menggerakkan torak/piston yang kemudian pada poros engkol diubah menjadi energi putar. Energi putar ini digunakan untuk memutar generator yang mengubah menjadi energi listrik. Untuk meningkatkan efisiensi udara yang dicampur dengan bahan bakar dinaikkan tekanan dan temperaturnya dahulu pada *turbo charger*. *Turbo charger* ini digerakkan oleh gas buang hasil pembakaran dari ruang bakar.

Proses pembakaran pada mesin diesel tidak menghasilkan pembakaran yang sempurna. Efisiensi PLTD sangat dipengaruhi oleh pemakaian bahan bakar, hal ini disebabkan biaya yang terbesar dalam pengoperasian PLTD adalah biaya bahan bakar ( $\pm 70\%$  dari keseluruhan biaya operasional). Hal inilah yang menyebabkan efisiensi pembangkit jenis ini rendah, lebih kecil dari 50 %.

a) Keuntungan

- 1) Beban energi yang dihasilkan sangat besar
- 2) Sangat mudah dioperasikan

b) Kekurangan

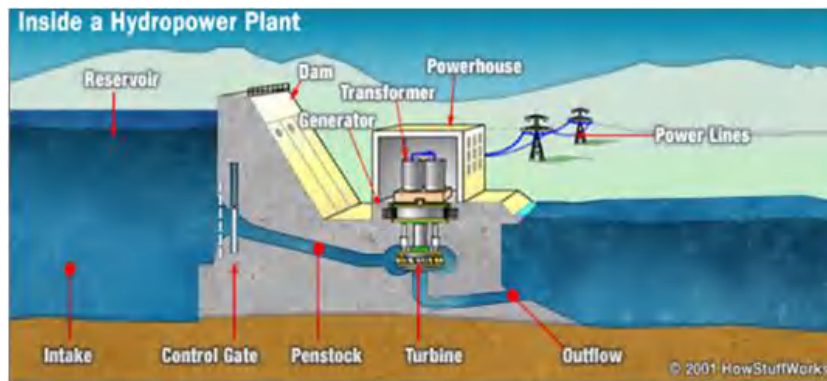
- 1) Biaya produksi besar
- 2) Tidak ramah terhadap lingkungan

## 2. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Pembangkit Listrik Tenaga Air merupakan pusat pembangkit tenaga listrik yang mengubah energi potensial air (energi gravitasi air) menjadi energi listrik. Mesin penggerak yang digunakan adalah turbin air untuk mengubah energi potensial air menjadi kerja mekanis poros yang akan memutar rotor pada generator untuk menghasilkan energi listrik. Air sebagai bahan baku PLTA dapat diperoleh

berbagai cara misalnya, dari sungai secara langsung disalurkan untuk turbin, atau dengan cara ditampung dahulu (bersama – sama air hujan) menggunakan kolam tando sebelum memutar turbin.





Gambar 2.3 Skema Pembangkit Listrik Tenaga Air

Sumber: [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

a) Keuntungan

- 1) Tidak memerlukan bahan bakar
- 2) Biaya operasional *cost* pusat listrik yang rendah
- 3) Termasuk pembangkit listrik yang ramah lingkungan (tidak menimbulkan polusi)
- 4) Turbin bisa di *on/off* dengan cepat
- 5) Dapat melayani perubahan beban dengan cepat dalam sistem tenaga listrik
- 6) *Lifetime* (umur) pembangkit yang relatif lama (+/- 50 tahun)

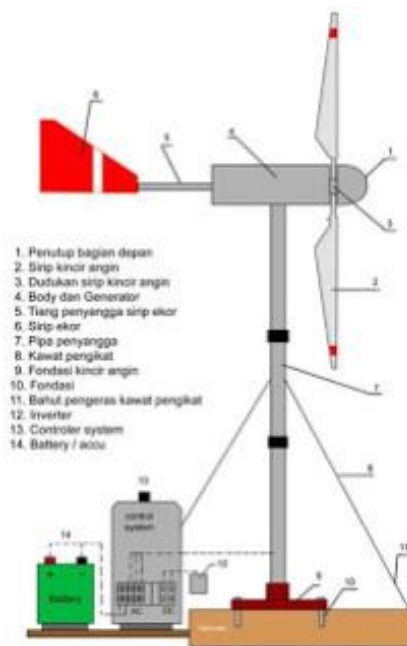
b) Kekurangan

- 1) Sangat bergantung dari kapasitas air yang dibutuhkan
- 2) Jauh dari pusat beban (losses transmisi besar)
- 3) Investasi awal pusat listrik yang mahal
- 4) *Capital return* lama

3. Pembangkit Listrik Tenaga Angin

Pembangkit listrik tenaga angin adalah suatu pembangkit listrik yang menggunakan angin sebagai sumber energi untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit ini dapat mengonversikan energi angin menjadi energi listrik dengan menggunakan turbin angin atau kincir angin. Sistem pembangkitan listrik menggunakan angin sebagai sumber energi merupakan sistem alternatif yang sangat penting dan cepat, mengingat angin merupakan salah satu energi yang terbatas di





Gambar 2.4 Komponen PLTA  
 Sumber: www.kompasiana.com

a) Keuntungan

- 1) Memiliki sumber energi terbarukan
- 2) Memiliki potensi pariwisata
- 3) *Output* buangan yang dihasilkan ramah lingkungan
- 4) Biaya *operational cost* pusat listrik yang rendah
- 5) Sumber energi dan energi yang dihasilkan bersifat berkelanjutan

b) Kekurangan

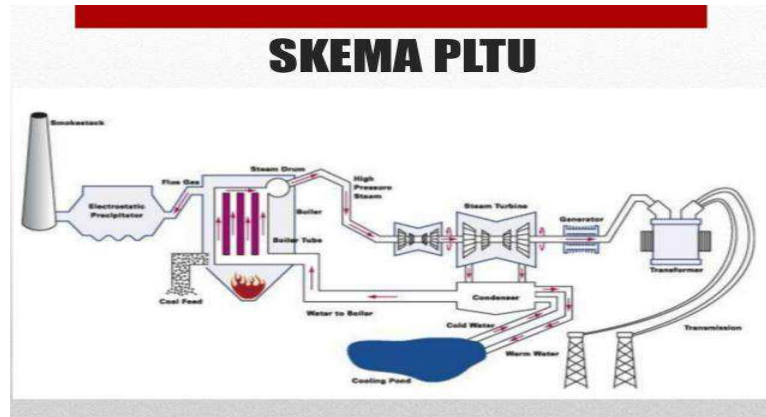
- 1) Sangat bergantung dari kapasitas angin yang dibutuhkan
- 2) Jauh dari pusat beban (*losses* transmisi besar)
- 3) Investasi awal pusat listrik yang mahal
- 4) Sumber energi yang belum stabil

4. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU)

PLTU adalah singkatan dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap. Pembangkit ini memiliki alat pembakaran yang dinamakan dengan *boiler* sehingga dihasilkan uap air (*steam*) yang akan digunakan untuk memutar sudu-sudu turbin. sudu-sudu yang berputar akan memutar poros turbin yang terhubung langsung dengan generator, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Seperti yang kita tahu



bahwa generator berfungsi untuk mengubah energi mekanik (poros turbin yang berputar) menjadi energi listrik yang nantinya akan disalurkan ke gardu induk melalui transformator.



Gambar 2.5 Skema Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Sumber: [www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

a) Keuntungan

- 1) Dapat dioperasikan menggunakan berbagai jenis bahan bakar (padat, cair dan gas).
- 2) Dapat dibangun dengan kapasitas yang bervariasi
- 3) Dapat dioperasikan dengan berbagai mode pembebanan
- 4) Kontinuitas operasinya tinggi
- 5) Usia pakai (*life time*) relatif lama

b) Kekurangan

- 1) Sangat tergantung pada tersedianya pasokan bahan bakar
- 2) Tidak dapat dioperasikan (*start*) tanpa pasokan listrik dari luar
- 3) Memerlukan tersedianya air pendingin yang sangat banyak dan kontinyu
- 4) Investasi awalnya mahal



## 5. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)

PLTG adalah gabungan antara PLTG dengan PLTU, panas dari gas buang dari PLTG digunakan untuk menghasilkan uap yang digunakan sebagai fluida kerja di PLTU. Dan bagian yang digunakan untuk menghasilkan uap tersebut adalah HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*). PLTGU merupakan suatu instalasi peralatan yang berfungsi untuk mengubah energi panas (hasil pembakaran bahan bakar dan udara) menjadi energi listrik yang bermanfaat. Pada dasarnya, sistem PLTGU ini merupakan penggabungan antara PLTG dan PLTU. PLTU memanfaatkan energi panas dan uap dari gas buang hasil pembakaran di PLTG untuk memanaskan air di HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*), sehingga menjadi uap jenuh kering. Uap jenuh kering inilah yang akan digunakan untuk memutar sudu (balok-balok). Gas yang dihasilkan dalam ruang bakar pada Pusat Listrik Tenaga Gas (PLTG) akan menggerakkan turbin dan kemudian generator, yang akan mengubahnya menjadi energi listrik.



Gambar 2.6 Pembangkit Listrik Tenaga Gas

Sumber: [www.beritasatu.com](http://www.beritasatu.com)

### a) Keuntungan

- 1) Efisiensi termalnya tinggi, sehingga biaya operasi (Rp/kWh) lebih rendah dibandingkan dengan pembangkit termal lainnya.
  - 2) Biaya pemakaian bahan bakar (konsumsi energi) pada PLTGU lebih rendah.
- Proses pembangunan PLTGU relatif lebih cepat.
- Kapasitas daya PLTGU bervariasi dari kecil hingga besar.



- 5) Menggunakan bahan bakar gas yang bersih dan ramah lingkungan.
- 6) Fleksibilitas PLTGU tinggi.
- 7) Tempat yang diperlukan tidak terlalu luas, sehingga biaya investasi lahan lebih sedikit.
- 8) Pengoperasian PLTGU yang menggunakan komputerisasi memudahkan pengoperasian.
- 9) Waktu yang dibutuhkan: untuk membangkitkan beban maksimum 1 blok PLTGU relatif singkat yaitu 150 menit.
- 10) Prosedur pemeliharaan lebih mudah dilaksanakan dengan adanya fasilitas sistem diagnosa.

b) Kekurangan

- 1) Efisiensi rendah, 25 – 32 %
- 2) Umurnya pendek.
- 3) Daya mampunya sangat dipengaruhi oleh kondisi udara atmosfer.
- 4) Biaya pemeliharaan mahal, karena harga sudu-sudunya tinggi

6. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPB)

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi atau disingkat dengan PLTPB adalah salah satu pemanfaatan energi panas bumi (*geotermal*) yang di hasilkan oleh inti atom di dalam bumi. Sebagai energi terbarukan, tentu potensi dari sumber energi ini masih sangat melimpah dan bahkan mampu memenuhi kebutuhan energi pengganti fosil yang saat ini terus berkurang. Pemanfaatan energi panas bumi atau energi *geotermal* banyak digunakan sebagai tenaga pembangkit listrik atau pun banyak digunakan untuk proses pengeboran.

Energi panas bumi yang dihasilkan langsung dari dalam perut bumi ini masih berupa energi mentah yang kemudian diolah hingga menjadi energi listrik untuk tenaga pembangkit. Awalnya energi ini masih berupa wujud uap panas atau air panas yang kemudian di angkat ke permukaan bumi yang akan digerakkan dengan

turbin yang dilengkapi dengan kapel generator yang kemudian akan energi pembangkit untuk listrik.



Syarat Lokasi PLT Panas Bumi Yaitu Dekat Dengan Sumber Panas Bumi (Wilayah Gunung Berapi), Wilayah Pembangunan Sumber Energi Berada Pada Kerangka Tektonik, Memiliki Radius Jauh Dari Permukiman, dan Memiliki Zona Penyerapan Gas Buangan (Zona Hijau).



Gambar 2.7 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi  
*Sumber: www.kabar5.com*

a) Keuntungan

- 1) Energi panas bumi yang langsung dihasilkan oleh panas matahari yang diserap bumi dan adanya tekanan tektonik dalam inti bumi membuat energi ini dirasa lebih bersih dibanding dengan penggunaan energi fosil yang menyebabkan adanya gas polusi yang menyebabkan efek rumah kaca.
- 2) Energi yang berasal dari inti atom bumi ini diperkirakan tidak akan habis digunakan sebagai energi alternatif sebab energi ini timbul akibat adanya radioaktif energi mineral yang terus berproduksi.
- 3) Energi panas bumi lebih ramah lingkungan dengan tingkat pencemaran yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan energi pendahulunya seperti energi air dan energi tenaga uap.
- 4) Memiliki tenaga hasil yang lebih besar sehingga dapat mencukupi kebutuhan energi bumi saat ini yang terus meningkat penggunaannya.

kurangan

Penggunaan energi geotermal memerlukan biaya yang lebih tinggi dan mahal. Pembangunan energi pembangkit yang memanfaatkan tenaga





geotermal membutuhkan biaya yang cukup mahal terutama pada saat pengeksploitasian dan pengeboran yang dilakukan.

- 2) Pembangunan energi ini tidak dapat dilakukan disembarang tempat, hanya tempat yang dengan daerah lempeng tektoniklah yang dapat dimanfaatkan untuk tenaga pembangkit yang menggunakan *geotermal* ini.
- 3) Adanya kerusakan kestabilan tanah akibat pemanfaatan energi panas bumi.
- 4) Hukum yang mengatur tentang penggunaan energi panas bumi terbilang masih sangat ketat dengan adanya perlindungan kawasan konservasi dan hutan lindung yang memiliki energi panas bumi yang cukup melimpah di bawahnya.

#### 7. Pembangkit Listrik Tenaga Surya

PLTS atau pembangkit listrik tenaga surya merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan sinar matahari untuk menghasilkan listrik. Kebutuhan listrik yang semakin meningkat seperti sekarang ini menuntut kita untuk menemukan berbagai sumber energi alternatif yang bisa bertahan hingga di masa yang akan datang serta ramah lingkungan.

Pembangkit listrik yang berasal dari energi panas matahari ini tidak menghasilkan listrik secara langsung. Tetapi proses pengubahan energi panas matahari menjadi energi listrik ini membutuhkan proses yang cukup rumit. Ada dua cara kerja yang digunakan oleh PLTS. Cara kerjanya adalah mengumpulkan panas matahari lalu digunakan untuk memanaskan sebuah cairan. Lalu uap yang dihasilkan cairan tersebut berguna untuk menggerakkan generator yang akan menghasilkan listrik.



Gambar 2.8 Listrik Tenaga Sinar Matahari

Sumber: [www.iesr.or.id](http://www.iesr.or.id)



a) Keuntungan

- 1) Ramah lingkungan, tidak ada suara bising yang terdengar saat peralatan bekerja dan tidak menghasilkan polusi
- 2) Tidak membutuhkan bahan bakar, dalam pengoperasiannya membutuhkan panas dari cahaya matahari untuk menghasilkan listrik
- 3) Sumber energi yang berkelanjutan

b) Kekurangan

- 1) Harga pemasangan dan instalasi relatif mahal
- 2) Tidak berfungsi di malam hari
- 3) Membutuhkan perangkat tambahan dalam pemakainya

## 8. Pembangkit Listrik Tenaga Ombak

Sistem pembangkit listrik Tenaga gelombang laut, terdiri dari *chamber* berisi udara yang berfungsi untuk menggerakkan turbin, kolom tempat air bergerak naik dan turun melalui saluran yang berada di bawah ponton dan turbin yang terhubung dengan generator. Gerakan air naik dan turun yang seiring dengan gelombang laut menyebabkan udara mengalir melalui saluran menuju turbin. Turbin tersebut didesain untuk bisa bekerja dengan generator putaran dua arah.

Sistem yang berfungsi mengonversi energi mekanik menjadi listrik terletak di atas permukaan laut dan terisolasi dari air laut dengan meletakkannya di dalam ruang khusus kedap air, sehingga bisa dipastikan tidak bersentuhan dengan air laut. Pembangkit Energi Ombak Memiliki Letak Sumber Pembangkit Jauh Dari Pantai dan Untuk Gardu Induk Atau Lokasi Proses Perubahan Energi Ombak Menjadi Energi Listrik Berada Pada Lokasi Kosong Pada Daratan Dekat Pantai

Pembangkit listrik tenaga gelombang laut ini bekerja dengan cara aliran gelombang laut yang mempunyai energi kinetik masuk ke mesin konversi energi gelombang. Kemudian dari mesin konversi aliran gelombang ini dialirkan menuju turbin. Di dalam turbin, energi kinetik yang dihasilkan gelombang digunakan untuk

rotor. Kemudian dari perputaran rotor inilah energi mekanik yang disalurkan menuju generator. Di dalam generator, energi mekanik ini menjadi energi listrik. Secara mekanis, PLTGL dikenal memakai teknologi



OWC (*Oscillating Wave Column*). Untuk OWC ini ada dua macam, yaitu OWC tidak terapung dan OWC terapung. Instalasi OWC tidak terapung terdiri dari tiga bangunan utama, yakni saluran masukan air, reservoir, dan pembangkit.



Gambar 2.9 Pembangkit Listrik Tenaga Ombak  
Sumber: ugmmagartika

a) Keuntungan

- 1) Energi ombak adalah energi yang bisa didapat setiap hari, tidak akan pernah habis.
- 2) Tidak menimbulkan polusi karena tidak ada limbahnya
- 3) Mudah untuk mengonversi energi listrik dari energi mekanik pada ombak
- 4) Keuntungan penggunaan energi arus laut adalah selain ramah lingkungan, energi ini juga mempunyai intensitas energi kinetik yang besar dibandingkan dengan energi terbarukan yang lain. Hal ini disebabkan densitas air laut 830 kali lipat densitas udara sehingga dengan kapasitas yang sama, turbin arus laut akan jauh lebih kecil dibandingkan dengan turbin angin.
- 5) Keuntungan lainnya adalah tidak perlu perancangan struktur yang kekuatannya berlebihan seperti turbin angin yang dirancang dengan memperhitungkan adanya angin topan karena kondisi fisik pada kedalaman tertentu cenderung tenang dan dapat diperkirakan.



kurangan

Diperlukan alat khusus yang memerlukan teknologi tinggi, sehingga tenaga ahli sangat diperlukan.

- 2) *Output* dari pembangkit listrik tenaga pasang surut mengikuti grafik sinusoidal sesuai dengan respons pasang surut akibat gerakan interaksi Bumi-Bulan-Matahari.
- 3) Biaya instalasi dan pemeliharaannya yang cukup besar.
- 4) Tantangan teknis tersendiri untuk para insinyur dalam desain sistem turbin, sistem roda gigi, dan sistem generator yang dapat bekerja secara terus-menerus selama lebih kurang lima tahun.
- 5) Menggunakan pasang surut gelombang sebagai pembangkit energi listrik, bisa mengakibatkan rotasi bumi melambat 24 jam tiap 2000 tahun.

#### 9. Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSA)

Pembangkit listrik tenaga sampah atau pembangkit listrik sampah atau Pembangkit listrik tenaga biomassa sampah adalah pembangkit listrik termal dengan uap *supercritical steam* dan berbahan bakar sampah atau gas sampah metan. Sampah atau gas metan sampah dibakar menghasilkan panas yang memanaskan uap pada *boiler steam supercritical*. Uap kompresi tinggi kemudian menggerakkan turbin uap dan *flywheel* yang tersambung pada generator dinamo dengan perantara gear transmisi atau transmisi otomatis sehingga menghasilkan listrik. Daya yang dihasilkan pada pembangkit ini bervariasi antara 500 KW sampai 30 MW.

Antisipasi Kerugian Terhadap Energi Biomassa Dengan Menjelaskan Penempatan Lokasi Yang Berada Pada Zona Permukiman Di Buatkan Zona Hijau Untuk Menyerap Limbah Buangan dan Melakukan Pengolahan Limbah Sebelum Dirubah Menjadi Energi Baru Terbarukan



Gambar 2.10 Pembangkit Listrik Tenaga Sampah  
Sumber: [www.posjateng.id](http://www.posjateng.id)



a) Keuntungan

- 1) PLTS menghasilkan energi listrik yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat. Hal ini berarti membantu menutupi defisit energi listrik PLN. Jadi, sudah waktunya sampah diolah jadi energi listrik. Dengan begitu, krisis listrik yang dihadapi dapat teratasi dan tarif pun bisa murah.
- 2) Keberadaan TPA tidak hanya menguntungkan pengelola tetapi juga masyarakat sekitar. Adanya PLTS membuat masyarakat sekitar TPA dapat menggunakan listrik dengan gratis. Solusi ini dapat mencegah penolakan masyarakat sekitar terhadap keberadaan TPA.

b) Kekurangan

- 1) Proyek tersebut bukan proyek yang mendatangkan untung
- 2) Mencemari lingkungan hidup dan mendatangkan penyakit
- 3) Akan memicu orang-orang untuk memperbesar produksi sampah

## 10. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

Prinsip kerja PLTN, pada dasarnya sama dengan pembangkit listrik konvensional, yaitu air diuapkan di dalam suatu ketel melalui pembakaran. Uap yang dihasilkan dialirkan ke turbin yang akan bergerak apabila ada tekanan uap. Perputaran turbin digunakan untuk menggerakkan generator, sehingga menghasilkan tenaga listrik. Perbedaannya pada pembangkit listrik konvensional bahan bakar untuk menghasilkan panas menggunakan bahan bakar fosil seperti Batubara, minyak dan gas. Dampak dari pembakaran bahan bakar fosil ini, akan mengeluarkan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dan nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), serta debu yang mengandung logam berat. Sisa pembakaran tersebut akan ter-emisi ke udara dan berpotensi mencemari lingkungan hidup, yang bisa menimbulkan hujan asam dan peningkatan suhu global. Sedangkan pada PLTN panas yang digunakan untuk menghasilkan uap yang sama, dihasilkan dari reaksi pembelahan inti bahan fisik (uranium) dalam reaktor nuklir. Sebagai pemindah

sa digunakan air yang disirkulasikan secara terus menerus selama PLTN si. Proses pembangkit yang menggunakan bahan bakar uranium ini tidak an partikel seperti CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, atau NO<sub>x</sub>, juga tidak mengeluarkan asap



atau debu yang mengandung logam berat yang dilepas ke lingkungan. Oleh karena itu PLTN merupakan pembangkit listrik yang ramah lingkungan. Limbah radioaktif yang dihasilkan dari pengoperasian PLTN, adalah berupa elemen bakar bekas dalam bentuk padat. Elemen bakar bekas ini untuk sementara bisa disimpan di lokasi PLTN, sebelum dilakukan penyimpanan secara lestari.



Gambar 2.11 Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

Sumber: [www.sepulsa.com](http://www.sepulsa.com)

a) Keuntungan

- 1) Tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca (selama operasi normal) – gas rumah kaca hanya dikeluarkan ketika Generator Diesel Darurat dinyalakan dan hanya sedikit menghasilkan gas)
- 2) Tidak mencemari udara – tidak menghasilkan gas-gas berbahaya seperti karbon monoksida, sulfur dioksida, aerosol, Mercury, nitrogen oksida, partikulate atau asap fotokimia.
- 3) Sedikit menghasilkan limbah padat (selama operasi normal)
- 4) Biaya bahan bakar rendah – hanya sedikit bahan bakar yang diperlukan. Ketersediaan bahan bakar yang melimpah – sekali lagi, karena sangat sedikit bahan bakar yang diperlukan

b) Kekurangan

- 1) Risiko kecelakaan nuklir – kecelakaan nuklir terbesar adalah kecelakaan Chernobyl (yang tidak mempunyai *containment building*).

Limbah nuklir – limbah radioaktif tingkat tinggi yang dihasilkan dapat bertahan hingga ribuan tahun



## b. Sumber Energi

Bahan bakar fosil adalah bahan bakar yang didalamnya terkandung bahan biokimia dan memudahkan aktivitas pekerjaan yang berhubungan dengan tenaga listrik, tenaga air yang menghasilkan panas sehingga mampu menggantikan posisi kincir angin. Bahan bakar fosil terjadi dari hasil pembentukan dan penguraian selama jutaan tahun yang lama kelamaan memadat yang menghasilkan energi untuk batu bara, minyak bumi dan gas.

### 1. Energi Konvensional

#### a) Minyak Bumi

Berbagai macam minyak bumi yang ada pada kedalaman tanah tertentu menghasilkan berbagai macam energi alam yang dapat digunakan untuk kesejahteraan masyarakat, misalnya bensin yang digunakan untuk bahan bakar kendaraan roda dua dan empat sedangkan minyak tanah digunakan untuk bahan energi pembakaran pada kompor tradisional.



Gambar 2.12 Pengeboran Minyak Bumi

Sumber: [www.tribunnews.com](http://www.tribunnews.com)

#### b) Batu Bara

Bahan bakar fosil hasil pengendapan ratusan tahun yang terjadi melalui proses pengendapan vegetatif yang tetap yang awalnya adalah timbunan dari tumbuhan dan hewan yang telah membusuk selama jutaan tahun dan lainnya telah membentuk batu bara. Batu bara selalu terbentuk dari bahan yang berwarna hitam yang perlu digali terlebih dahulu di kedalaman



sedangkan gas alam harus dipompa keluar dengan menggunakan alat khusus. Batu bara yang berhasil dihasilkan dari alam berupa karbon , nitrogen, oksigen, hidrogen, dan sulfat dan nitrit.



Gambar 2.13 Penambangan Batubara

Sumber: [www.tirto.id](http://www.tirto.id)

## 2. Energi Baru Terbarukan

### a) Nuklir



Gambar 2.14 Energi Nuklir

Sumber: [www.idntimes.com](http://www.idntimes.com)

Nuklir merupakan sebuah sumber energi yang sangat efektif dalam proses pembaruan energi. Nuklir memiliki berbagai fungsi, penggunaannya sebagai pembangkit listrik dan senjata pembunuh masal. Keuntungan dari menggunakan nuklir adalah nuklir tidak menghasilkan asap yang dapat merusak lingkungan, dan

menggunakan sedikit bahan nuklir dapat menghasilkan energi yang besar, nuklir memiliki kelemahannya yaitu apabila terjadi kecelakaan atau





kebocoran dari reaktor nuklir akan terjadi bencana yang sangat besar akibat zat yang bernama radio aktif yang dapat menyebabkan kerusakan lingkungan.

b) Angin



Gambar 2.15 Pembangkit Energi Angin

Sumber: [www.enviroment-indonesia.com](http://www.enviroment-indonesia.com)

Penggunaan pembangkit dengan sumber energi angin tidak membutuhkan bahan bakar, tetapi untuk menggunakan pembangkit ini diperlukan daerah luas yang memiliki angin yang kencang, selain itu dibutuhkan banyak turbin untuk menghasilkan listrik yang cukup, dan apabila angin tidak bertiup dengan kencang maka energi listrik yang dihasilkan kecil.

c) Panas Bumi



Gambar 2.16 Energi Panas Bumi

Sumber: [www.greenpeace.org](http://www.greenpeace.org)



Panas bumi merupakan salah satu sumber energi yang memiliki kapasitas energi sangat besar. Kelebihan dari menggunakan energi ini adalah panas bumi tidak akan pernah habis, berbeda dengan minyak dan batu bara. Tetapi tidak banyak tempat yang dapat dibangun pembangkit listrik jenis ini.

#### d) Gas Alam

Gas alam adalah komponen vital untuk suplai energi dunia. Gas alam merupakan sumber penting untuk produksi baik bahan bakar maupun amonia (amonia merupakan komponen vital untuk produksi pupuk). Mirip dengan minyak mentah dan batubara, gas alam adalah bahan bakar fosil yang berasal dari sisa-sisa tanaman, hewan dan mikroorganisme, tersimpan dalam di bawah tanah selama jutaan tahun. Namun tidak seperti bahan-bahan bakar fosil lainnya, gas alam adalah salah satu sumber energi yang paling bersih (memiliki intensitas karbon yang rendah), teraman dan paling berguna dari semua sumber energi.



Gambar 2.17 Energi Gas Alam

Sumber: [www.indonesia-investments.com](http://www.indonesia-investments.com)

Citra yang penting dari gas alam adalah bahwa bahan bakar ini memainkan peran yang signifikan di kebanyakan sektor dalam perekonomian dunia (industri, pembangkit listrik, komersil dan di tempat tinggal). Terlebih lagi, karena pada faktanya ada banyak cadangan gas alam di dunia - yang dapat dikembangkan dan diproduksi tanpa membutuhkan investasi besar - gas alam kemungkinan akan semakin penting di masa mendatang karena kebanyakan negara ingin mengurangi ketergantungan pada sumber-sumber energi yang mahal dan tidak



ramah lingkungan seperti minyak. Saat ini, gas alam berkontribusi sekitar 23% dari sumber-sumber energi primer dunia.

e) Tenaga Matahari



Gambar 2.18 Energi Panas Matahari  
*Sumber: www.geothermalindonesia.com*

Tenaga matahari dapat diubah menjadi sumber listrik, ini juga merupakan energi yang tak terbatas, tetapi untuk membangun reaktor ini dibutuhkan biaya yang sangat mahal, dan selain itu apabila cuaca berawan atau mendung maka tidak ada energi yang diterima.

f) Gelombang Pasang Surut



Gambar 2.19 Energi Pasang Surut  
*Sumber: www.rasito.com*

Gelombang pasang surut merupakan penghasil energi yang tidak ada dan tidak menghasilkan polusi udara, tetapi kekurangannya adalah pasang surut terjadi dua kali sehari dan hanya pada waktu itulah energi dihasilkan, ini juga berakibat terganggunya ekosistem bawah laut.



g) Hidro Elektrik



Gambar 2.20 Energi Hidroelektrik Bendungan Air

Sumber: [www.satuenergi.com](http://www.satuenergi.com)

Hidro elektronik merupakan energi bendungan yang memutar turbin dan termasuk jenis energi yang tidak terbatas, dengan memanfaatkan air di bendungan untuk memutar turbin. Energi ini sangat berisiko jika terjadi hujan lebat yang dapat menimbulkan banjir besar, selain itu apabila kondisi sedang kemarau kekuatan air pun tidak mampu untuk memutar turbin.

h) Biomassa



Gambar 2.21 Pengolahan Sampah Menjadi Biomassa

Sumber: [www.geothermalindonesia.com](http://www.geothermalindonesia.com)

Pemanfaatan tanaman biomassa/sampah ini dapat menghasilkan energi listrik, selain itu tanaman ini dapat diperbaharui dengan menanam kembali sehingga dia tidak akan habis, tetapi dengan membakar tanaman ini maka akan menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang sangat besar dan tidak memiliki lahan yang cukup luas untuk membangun tanaman ini.



## 2.2 Konsep *Sustainable City*

### 2.2.1 Definisi

*Sustainable city* adalah kota yang dirancang dengan mempertimbangkan dampak terhadap lingkungan, dihuni oleh penduduk dengan jumlah dan perilaku yang membutuhkan dukungan minimal akan energi, air dan makanan dari luar, serta menghasilkan sedikit CO<sub>2</sub>, polusi udara dan air. Terminologi *eco city* pertama dikemukakan oleh Richard Register dalam bukunya '*Ecocity Berkeley: building cities for a healthy future*'. Tokoh penting lainnya adalah arsitek Paul F Downtown yang mendirikan perusahaan Ecopolis Pty Ltd.

Kota berkelanjutan dapat memenuhi kebutuhannya sendiri dengan dukungan minimal dari wilayah sekitarnya dan memperoleh energi dari sumber daya terbarukan. Cita-citanya adalah menciptakan dampak ekologis sekecil mungkin, dan menghasilkan polusi yang seminimal mungkin, efisien dalam penggunaan lahan, mengolah limbahnya sendiri, mendaur ulang atau menghasilkan energi dari sampah, sehingga kota tersebut memberi dampak minimal atas perubahan iklim global yang saat ini sedang terjadi.

Skema pembangunan berkelanjutan terletak pada titik temu tiga pilar (sosial, ekonomi dan lingkungan), Deklarasi Universal Keberagaman Budaya (UNESCO, 2001) lebih jauh menggali konsep pembangunan berkelanjutan dengan menyebutkan bahwa "...keragaman budaya penting bagi manusia sebagaimana pentingnya keragaman hayati bagi alam". Dengan demikian "pembangunan tidak hanya dipahami sebagai pembangunan ekonomi, namun juga sebagai alat untuk mencapai kepuasan intelektual, emosional, moral, dan spiritual". dalam pandangan ini, keragaman budaya merupakan kebijakan keempat dari lingkup kebijakan pembangunan berkelanjutan.

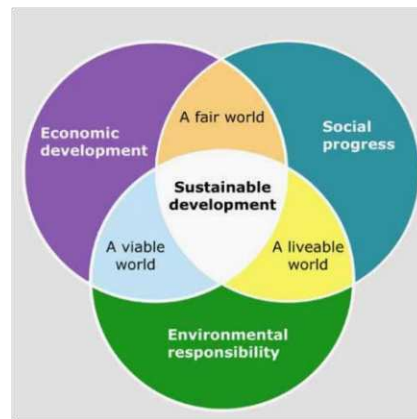
Secara umum konsep pengembangan kota berkelanjutan didefinisikan sebagai pengembangan kota yang mengedepankan adanya keseimbangan antara aspek ekonomi, sosial-budaya dan lingkungan hidup. Keseimbangan ini penting

menjamin adanya keberlanjutan dalam pemanfaatan sumber daya alam yang tanpa mengurangi peluang generasi yang akan datang untuk menikmati yang sama.



### 2.2.2 Indikator

Indikator keberlanjutan perkotaan adalah alat yang memungkinkan perencana kota, pengelola kota, dan pembuat kebijakan untuk mengukur dampak sosial-ekonomi dan lingkungan, misalnya, desain perkotaan saat ini, infrastruktur, kebijakan, sistem pembuangan limbah, polusi, dan akses ke layanan oleh warga. Mereka memungkinkan untuk diagnosis masalah dan tekanan, dan dengan demikian identifikasi bidang yang akan menguntungkan dari yang ditangani melalui pemerintahan yang baik dan tanggapan berbasis sains. Mereka juga memungkinkan kota untuk memantau keberhasilan dan dampak intervensi keberlanjutan.



Gambar 2.22 Diagram Venn Dimensi Standar Pengembangan Berkelanjutan  
Sumber: WCED 1987

Tabel 2.2 Indikator *Sustainable City* Menurut *Reference Framework*

Sektor	Indikator	Pengukuran
Ekonomi	Tingkat Pengangguran	Persentase pekerjaan ramah lingkungan dalam ekonomi lokal; rata-rata tahun profesionalisme angkatan kerja
	Pertumbuhan Ekonomi	Tingkat pertumbuhan PDB tahunan; pertumbuhan GNP tahunan; tingkat pertumbuhan ekspor bersih; investasi langsung asing
gan	Ruang Hijau	Persentase area / waduk / saluran air / taman lindung yang terkait dengan total luas lahan; Persentase pohon di kota dalam kaitannya dengan luas kota dan / atau ukuran populasi



Sektor	Indikator	Pengukuran
	Pengurangan Gas Rumah Kaca/Efisiensi Energi	Jumlah total emisi GRK per kota dan per kapita; Persentase total energi yang dikonsumsi di kota yang berasal dari sumber terbarukan
	Mobilitas	Perpecahan moda transportasi (Persentase masing-masing moda transportasi, mis. Pribadi, umum, sepeda, pejalan kaki); Waktu dan biaya perjalanan rata-rata
	Kualitas/Ketersediaan Air	Jumlah total ketersediaan air; Indeks / skor kualitas air; Proporsi populasi dengan akses ke air minum yang memadai dan aman
	Kualitas Udara	Tingkat Partikulat Materi (PM - mg / m <sup>3</sup> ); 10
	Limbah/Daur Ulang	Tingkat Partikulat Materi (PM - mg / m <sup>3</sup> ) Tingkat daur ulang (Persentase dialihkan dari aliran limbah); Volume limbah padat dihasilkan
	Lingkungan dan Kota yang Lengkap	Akses ke layanan lokal / lingkungan dalam jarak pendek; Tingkat kejahatan; Ukuran distribusi pendapatan dan ketimpangan
Sosial	Perumahan	Persentase perumahan sosial / terjangkau / prioritas; Perincian sektor perumahan berdasarkan jenis properti (pemilik / sewa, penghuni tunggal / pasangan / keluarga / multi-keluarga, dll.)
	Ruang Publik Berkualitas	Persentase jalan raya dalam kondisi baik; Persentase cakupan ruang hijau (taman umum) terkait dengan luas kota dan / atau ukuran populasi
	Pendidikan	Jumlah sekolah dengan program pendidikan lingkungan; Tingkat melek huruf orang dewasa



Sektor	Indikator	Pengukuran
	Kebersihan	Jumlah sekolah dengan program pendidikan lingkungan; Tingkat melek huruf orang dewasa
	Kesehatan	Tingkat kematian / harapan hidup; Persentase populasi dengan akses ke layanan perawatan kesehatan

Sumber: European Commission 2018

### 2.2.3 Contoh

1. Jerman, Tidak ada negara lain yang telah membangun lebih banyak proyek-proyek *eco city* dari Jerman. Freiburg im Breisgau sering disebut sebagai kota hijau. Ini adalah salah satu dari sedikit kota dengan Walikota hijau dan dikenal bagi perekonomian yang kuat surya. Vauban, Freiburg adalah sebuah distrik model berkelanjutan. Semua rumah dibangun dengan standar konsumsi energi rendah dan seluruh kabupaten dirancang untuk *car free* (daerah bebas kendaraan bermotor-red). Kabupaten hijau di Freiburg adalah Rieselfeld, di mana rumah-rumah menghasilkan energi yang lebih dari yang mereka konsumsi. Ada beberapa proyek lainnya kota hijau berkelanjutan seperti Kronsberg di Hannover dan perkembangan saat ini di seluruh Munich, Hamburg dan Frankfurt.
2. Amerika Serikat, Arcosanti, Arizona Treasure Island, San Francisco: merupakan proyek yang bertujuan untuk menciptakan lingkungan kota kecil. Coyote Springs Nevada kota terbesar direncanakan di Amerika Serikat. Babcock Ranch Florida sebuah kota bertenaga surya diusulkan. Douglass Ranch di Arizona Buckeye. Mesa del Sol di Albuquerque, New Mexico, Sonoma Mountain Village di Taman Rohnert, California
3. Australia, Kota Moreland. Kota Moreland di utara Melbourne, memiliki program untuk karbon menjadi netral, salah satunya adalah “Zero Carbon Moreland”, antara lain implementasi yang berkelanjutan yang ada dan sal. Kota Melbourne. Selama 10 tahun terakhir, berbagai metode untuk gkatkan transportasi umum telah dilaksanakan, zona bebas mobil dan h jalan-jalan juga telah dilaksanakan.





## 2.2.4 *Sustainable Developments Goals* Indonesia (Energi Bersih dan Terjangkau)

a. Menjamin Akses Energi Yang Terjangkau, Andal, Berkelanjutan, dan Modern Untuk Semua

Memiliki target pencapaian pada tahun 2030 yaitu:

1. Menjamin akses universal layanan energi yang terjangkau, andal, dan modern dengan indikator sebagai berikut:
  - Rasio Elektrifikasi
  - Konsumsi Energi Per Kapita
  - Proporsi Penduduk Dengan Sumber Energi Utama Pada Teknologi dan Bahan Bakar Yang Bersih
2. Meningkatkan Secara Substansial Pangsa Energi Terbarukan Dalam Baruan Energi Global
  - Bauran Energi Terbarukan
  - Intensitas Energi Primer

## 2.3 *Skenario Forecasting Analysis Supply-Demand*

### 2.3.1 Sektor Rumah Tangga

a. Pelanggan Rumah Tangga

Secara matematis untuk menentukan prakiraan jumlah rumah tangga dapat dihitung dengan persamaan.

$$Pel.R_t = H_t * RE_t \quad \dots\dots\dots \text{(Persamaan LEAP)}$$

Dimana:

$Pel.R_t$  = Pelanggan rumah tangga pada tahun ke t

$H_t$  = Jumlah rumah tangga pada tahun ke t

$RE_t$  = Rasio Elektrifikasi pada tahun ke t

Secara matematis prakiraan konsumsi energi rumah tangga dinyatakan sebagai berikut:

$$ERT_t = ERT_{t-1} * \left(1 + \epsilon RT * \frac{g^E}{100}\right) + \Delta PRT * UK \quad \dots\dots\dots \text{(Persamaan LEAP)}$$



Dimana:

$ERT_t$  = Total konsumsi energi listrik sektor rumah tangga tahun ke-t (kWh)

$ERT_{t-1}$  = Total konsumsi energi listrik sektor rumah tanggatahun sebelum k-t (kWh)

$\in RT$  = Elastisitas energi rumah tangga

$g^E$  = Pertumbuhan PDRB total tahun ke t

$UK$  = Unit konsumsi sektor rumah tangga (kWh/pelanggan)

$\Delta PRT_t$  = Delta pelanggan sektor rumah tangga

### b. Pelanggan Individual

Untuk mengetahui total penggunaan perorang perhari dengan menggunakan rumus:

Penggunaan Listrik per alat per hari:

$$\frac{\text{Daya Alat Listrik} \times \text{Durasi Pemakaian} \times \text{Jumlah Alat}}{1000} \dots\dots\dots \text{(Persamaan LEAP)}$$

Penggunaan Listrik Per hari :

$$\sum \text{Penggunaan Listrik Peralat Per hari}$$

Penggunaan Listrik Per bulan: *Penggunaan Listrik Per hari X 30Hari*

### 2.3.2 Sektor Komersial

Prakiraan konsumsi energi sektor komersial ditentukan dengan rumus:

$$EB_t = EB_{t-1} \left( 1 + \in B * \frac{g^B t}{100} \right) \dots\dots\dots \text{(Persamaan LEAP)}$$

Dimana:

$EB_t$  = Konsumsi energi komersial pada tahun ke t

$EB_{t-1}$  = Konsumsi energi komersial pada tahun ke t-1

$\in B$  = Elastisitas nergi komersial

$g^B t$  = Pertumbuhan PDRB sektor komersial pada tahun ke t

### 2.3.3 Sektor Publik

Prakiraan konsumsi energi sektor publik ditentukan dengan rumus sebagai

$$EP_t = EP_{t-1} \left( 1 + \in P * \frac{g^P t}{100} \right) \dots\dots\dots \text{(Persamaan LEAP)}$$



Dimana:

$EP_t$  = Konsumsi energi publik pada tahun ke t

$EP_{t-1}$  = Konsumsi energi publik pada tahun ke t-1

$\epsilon P$  = Elastisitas energi publik

$g^P t$  = Pertumbuhan PDRB sektor publik pada tahun ke t

### 2.3.4 Sektor Industri

Prakiraan kebutuhan energi listrik sektor industri diperoleh dari penjumlahan energi terjual sektor industri dan energi *captive power*, yaitu energi listrik yang dibangkitkan sendiri dan tidak tersambung dengan jaringan distribusi PLN. Prakiraan tersebut ditentukan dengan rumus seperti berikut:

$$EI_t = ET_{t-1} * 1 + \epsilon I * \frac{g^I t}{100} \quad \dots\dots\dots \text{(Persamaan LEAP)}$$

Dimana:

$EIt$  = Konsumsi energi industri pada tahun ke t

$EIt-1$  = Konsumsi energi industri pada tahun ke t-1

$\epsilon I$  = Elastisitas energi industri

$g^I t$  = Pertumbuhan PDRB sektor industri pada tahun ke t

Dalam prakiraan ini, perhitungan konsumsi energi industri tidak memperhitungkan daya *captive power* yang diserap PLN karena diasumsikan tidak ada, artinya bahwa pelanggan industri diasumsikan tidak membangkitkan energi listrik sendiri sehingga seluruh konsumsi energi listriknya dari PLN. Oleh karena itu parameter *ECTO*, pada persamaan 16 dapat diabaikan.

### 2.3.5 Konsumsi Energi Listrik Total

Prakiraan konsumsi energi listrik diperoleh dengan menjumlahkan konsumsi energi listrik sektor rumah tangga, sektor komersial, sektor umum, sektor industri dengan rumus:

$$ET_t = ERT_t + EB_t + EP_t + EI_t \quad \dots\dots\dots \text{(Persamaan LEAP)}$$

Dimana:

$ET_t$  = Total konsumsi energi listrik pada tahun ke t

$ERT_t$  = Total konsumsi energi listrik sektor rumah tangga tahun ke t

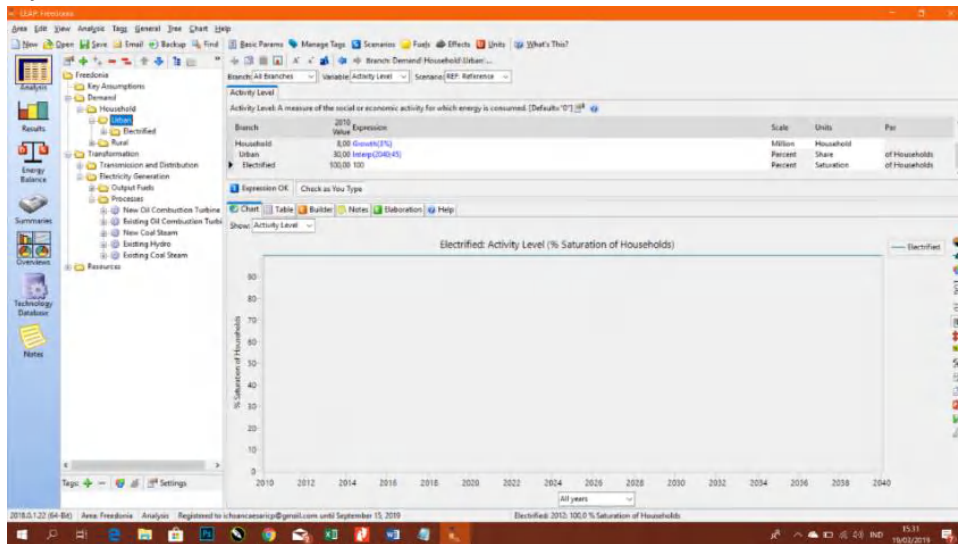
$EB_t$  = Total konsumsi energi listrik sektor komersial tahun ke t



$EP_t$  = Total konsumsi energi listrik sektor publik tahun ke t

$EI_t$  = Total konsumsi energi listrik sektor industri tahun ke t

## 2.4 Penggunaan Aplikasi LEAP (*Long-range Energy Alternatif Planning System*)



Gambar 2.23 Tampilan Aplikasi LEAP  
Sumber: LEPA 2019

LEAP (*Long-range Energy Alternatives Planning system*) adalah suatu software yang dapat digunakan untuk melakukan analisa dan evaluasi kebijakan dan perencanaan energi. Modul *key assumption*, adalah untuk menampung parameter-parameter umum yang dapat digunakan pada modul *Demand*, misalnya adalah jumlah penduduk, PDRB, dan sebagainya. Modul *Demand* adalah menghitung permintaan energi. Permintaan energi didefinisikan sebagai perkalian antara aktivitas dan intensitas pemakaian energi.

LEAP merupakan alat pemodelan dengan skenario terpadu yang komprehensif berbasis pada lingkungan dan energi. LEAP mampu merangkai skenario untuk berapa konsumsi energi yang dipakai, dikonversi dan diproduksi dalam suatu sistem energi dengan berbagai alternatif asumsi kependudukan, pembangunan ekonomi, teknologi, harga dan sebagainya. Aplikasi ini memperoleh

transparansi dan kenyamanan.

Software LEAP menyesuaikan keinginan pengguna dengan menentukan perhitungan lain berbasis ekonometri. Pengguna dapat melakukan verifikasi dan mencocokkan metodologi ini seperti yang diperlukan dalam suatu



analisis. Sebagai contoh, pengguna dapat membuat *top-down* proyeksi permintaan energi di satu sektor yang didasarkan pada beberapa indikator makro ekonomi (harga, PDB), sekaligus menciptakan dengan rinci perkiraan *bottom-up* berdasarkan analisis pengguna akhir (*end-use*) di sektor lain.

LEAP mendukung untuk proyeksi permintaan energi akhir maupun permintaan energi yang sedang digunakan secara detail termasuk cadangan energi, transportasi, dan lain sebagainya. Pada sisi penawaran, LEAP mendukung berbagai metode simulasi untuk pemodelan baik perluasan kapasitas maupun proses pengiriman dari pembangkit. LEAP terdapat database Teknologi dan Lingkungan Database (TED) berisi data mengenai biaya, kinerja dan faktor emisi lebih dari 1000 teknologi energi. LEAP dapat digunakan untuk menghitung profil emisi dan juga dapat digunakan untuk membuat skenario emisi dari sektor non-energi (misalnya dari produksi semen, perubahan penggunaan lahan, limbah padat, dll).

LEAP memiliki fitur yang dirancang untuk membuat dan menciptakan skenario, mengelola dan mendokumentasikan data dan asumsi, serta melihat laporan hasil dengan mudah dan fleksibel. Tabel standar neraca energi dan diagram *Reference Energy System* secara otomatis digenerasi dan terus disinkronisasi bersamaan dengan pengguna (*user*) mengedit pohon. Hasil tampilan adalah laporan yang digenerasikan dengan sangat kuat sehingga mampu menghasilkan ribuan laporan dalam bentuk diagram atau tabel.

