

**ANALISIS POTENSI ENERGI PANAS BUMI SEBAGAI
PEMBANGKIT ENERGI LISTRIK TERKAIT PERMINTAAN
DAN PENYEDIAAN ENERGI LISTRIK DI PROVINSI NUSA
TENGGARA TIMUR DENGAN APLIKASI LEAP**

TUGAS AKHIR

**Disusun Untuk Memenuhi Persyaratan Untuk Mencapai Derajat Strata-1
Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta**



**Disusun Oleh:
BANU IQRA WARDHANA
20170120164**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA
YOGYAKARTA**

2019

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : **Banu Iqra Wardhana**

NIM : **20170120164**

Jurusan : **Teknik Elektro**

Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Dengan ini saya menyatakan, bahwa tugas akhir ini tidak pernah terdapat karya yang diajukan guna memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi. Keseluruhan naskah tugas akhir ini merupakan hasil karya yang saya tulis sendiri, terkecuali dalam landasan teori terdapat beberapa kutipan yang saya ambil dari buku, jurnal, maupun tugas akhir sebelumnya yang saya cantumkan dalam daftar pustaka sebagai referensi untuk melengkapi tugas akhir ini. Apabila dikemudian hari pernyataan ini tidak benar, maka saya siap menerima sanksi dari Universitas Muhammadiyah Yogyakarta sesuai dengan ketentuan yang berlaku

Yogyakarta, 13 Oktober 2019

Yang menyatakan,



Banu Iqra Wardhana

MOTTO

*Orang yang bijak adalah dia yang mengetahui bahwa dirinya tidak mengetahui
apapun.*

- Socrates -

*Makhluk hidup apapun di dunia ini, memiliki peran dan jalan masing-masing
untuk memperindah dunia.*

- Dalai Lama -

HALAMAN PERSEMBAHAN

Penulis persembahkan tugas akhir ini untuk:

Ayahanda Alm Asikin Rafa dan Ibunda Ati Markhati

Yang telah menjadi perantara Tuhan memberikan kasih sayang orang tua hingga penulis dapat mencapai tahap sekarang.

Kakak penulis Mufny Ferdani A dan Adik Rafa Febriyanti S.

Saudara yang selalu mendukung apapun yang menjadi kehendak penulis, dan kakak yang dapat memposisikan diri sebagai pengganti kepala keluarga.

Saudara Agie Wilda P. dan Pandu

Terimakasih atas dukungan moral maupun materi nya selama penulis menempuh pendidikan di Jogja.

***Keluarga Mahasiswa Pencinta Alam Universitas Gadjah Mada
(MAPAGAMA)***

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN I	ii
LEMBAR PENGESAHAN II	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
INTISARI	xix
ABSTRACT	xx
BAB I : PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Batasan Masalah.....	7
1.4 Tujuan Penelitian.....	7
1.5 Manfaat Penelitian.....	8

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	9
2.1 Tinjauan Pustaka	9
2.2 Sumber Daya Energi Terbarukan	14
2.3 Energi Panas Bumi	16
2.3.1 Proses Pembentukan Energi Panas Bumi.....	17
2.3.2 Keunggulan Energi Panas Bumi	19
2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP)	20
2.4.1 Teknologi Pada Pembangkit Listrik Panas Bumi (PLTP)	21
2.4.2 Tahapan Pengembangan Energi Panas Bumi	24
2.5 LEAP.....	28
2.5.1 Pendekatan Pemodelan LEAP	29
2.5.2 Kapabilitas Pemodelan dengan LEAP.....	31
2.5.3 Metode-Metode Dalam LEAP.....	34
2.5.4 Perhitungan Permintaan Energi	37
2.5.5 Perhitungan Kapasitas Pembangkit Listrik	37
2.5.6 Proses <i>Dispatch</i> Pembangkit Listrik.....	39
2.5.7 Diagram Alir Pemodelan LEAP.....	40
2.5.8 Simulasi LEAP	42
 BAB III : METODE PENELITIAN.....	 45
3.1 Lokasi Penelitian	45
3.2 Data Penelitian	45
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	46
3.4 Tahapan Penelitian	46

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN	50
4.1 Asumsi Dasar	50
4.1.1 Kondisi Geografis	50
4.1.2 Demografi Provinsi Nusa Tenggara Timur	55
4.1.3 PDRB (Produk Domestik Bruto) Provinsi NTT	57
4.2 Kelistrikan Provinsi Nusa Tenggara Timur	60
4.2.1 Sistem Ketenaga Listrik	60
4.2.2 Data Pembangkit	61
4.2.3 Kebutuhan Energi Listrik	64
4.3 Potensi Energi Terbarukan	66
4.4 Nilai Dasar, Asumsi dan Skenario Bauran Energi	67
4.4.1 Nilai Dasar dan Asumsi	68
4.4.2 Skenario Bauran Energi	70
4.5 Hasil Simulasi dan Analisis	74
4.5.1 Proyeksi Permintaan Energi Listrik	74
4.5.2 Proyeksi Kapasitas Pembangkit Listrik	77
4.5.3 Perbandingan Biaya Pembangkit Listrik	89
4.5.3.1 <i>Variable O&M</i>	90
4.5.3.2 <i>Fixed O&M</i>	94
4.5.3.3 <i>Capital Cost</i> dan Total Biaya	97
4.5.4 Perbandingan Dampak Lingkungan	103
4.6 Analisa Perbandingan Biaya dan Emisi Pada Skenario BAU dan REN	107

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN	109
5.1 Kesimpulan.....	109
5.2 Saran.....	111
DAFTAR PUSTAKA	112
LAMPIRAN	116

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	: Kebutuhan Energi Primer Indonesia	2
Gambar 2.1	: Skema Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi dengan Teknologi <i>Dry Steam</i>	21
Gambar 2.2	: Skema Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi dengan Teknologi <i>Flash Steam</i>	22
Gambar 2.3	: Skema Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi dengan Teknologi <i>Binary Cycle</i>	23
Gambar 2.4	: Diagram Alir Perhitungan Pada LEAP	32
Gambar 2.5	: Komulatif LDC	39
Gambar 2.6	: Diagram Alir Pemodelan LEAP	41
Gambar 3.1	: <i>Flowchart</i> Metodologi Penulisan	47
Gambar 4.1	: Peta Provinsi Nusa Tenggara Timur	50
Gambar 4.2	: Grafik Perbandingan Luas wilayah Daratan Pulau	52
Gambar 4.3	:Grafik Perbandingan Luas Wilayah Berdasarkan Kota/Kabupaten di Provinsi NTT	54
Gambar 4.4.	: Sistem Kelistrikan di Provinsi Nusa Tenggara Timur	61
Gambar 4.5	: Format Input Data Proyeksi Permintaan Energi di LEAP ...	74
Gambar 4.6	: Hasil Proyeksi Permintaan Energi Listrik (GWh)	75
Gambar 4.7	: Grafik Proyeksi Permintaan Energi per Sektor Pelanggan ..	76
Gambar 4.8	: Format Input Data Kapasitas Pembangkit Listrik.....	78
Gambar 4.9	: Format Input Kapasitas Pembangkit Listrik Dengan Skenario BAU	79
Gambar 4.10	: Format Input Kapasitas Pembangkit Listrik Dengan Skenario REN	80
Gambar 4.11	: Hasil Proyeksi Kapasitas Pembangkit Listrik (MW) Dengan Menggunakan Skenario BAU	81
Gambar 4.12	: Hasil Proyeksi Kapasitas Pembangkit Listrik (MW) Dengan Menggunakan Skenario REN	81

Gambar 4.13	: Grafik Hasil Proyeksi Kapasitas Pembangkit Listrik (MW) Dengan Menggunakan Skenario BAU	83
Gambar 4.14	: Grafik Hasil Proyeksi Kapasitas Pembangkit Listrik (MW) Dengan Menggunakan Skenario REN.....	83
Gambar 4.15	: Grafik Perbandingan Penambahan dan Pengurangan Kapasitas Pembangkit Listrik Pada Skenario BAU dan skenario REN..	85
Gambar 4.16	: Hasil Proyeksi Kapasitas Daya yang Dibangkitkan (GWh) Dengan Menggunakan Skenario BAU	86
Gambar 4.17	: Hasil Proyeksi Kapasitas Daya yang Dibangkitkan (GWh) Dengan Menggunakan Skenario REN.....	86
Gambar 4.18	: Grafik Hasil Proyeksi Kapasitas Daya yang Dibangkitkan (GWh) Dengan Menggunakan Skenario BAU	87
Gambar 4.19	: Grafik Hasil Proyeksi Kapasitas Daya yang Dibangkitkan (GWh) Dengan Menggunakan Skenario REN	88
Gambar 4.20	: Hasil Proyeksi Untuk Biaya Produksi (ribu\$) Berdasarkan <i>Variable O&M</i> Dengan Menggunakan Skenario BAU.....	91
Gambar 4.21	: Hasil Proyeksi Untuk Biaya Produksi (ribu\$) Berdasarkan <i>Variable O&M</i> Dengan Menggunakan Skenario REN	91
Gambar 4.22	: Grafik Perbandingan Hasil Proyeksi Biaya Total Produksi Berdasarkan <i>Variable O&M</i> Skenario BAU dan REN.....	92
Gambar 4.23	: Hasil Proyeksi Untuk Biaya (ribu\$) Berdasarkan <i>Fixed O&M</i> Dengan Menggunakan Skenario BAU	94
Gambar 4.24	: Hasil Proyeksi Untuk Biaya (ribu\$) Berdasarkan <i>Fixed O&M</i> Dengan Menggunakan Skenario REN.....	94
Gambar 4.25	: Grafik Perbandingan Hasil Proyeksi Biaya Total <i>Fixed O&M</i> Pada Skenario BAU dan REN	95
Gambar 4.26	: Hasil proyeksi <i>Capital Cost</i> (jutaUSD) Dengan Menggunakan skenario BAU	97
Gambar 4.27	: Hasil Proyeksi <i>Capital Cost</i> (jutaUSD) Dengan Menggunakan Skenario REN	97

Gambar 4.28	: Grafik Perbandingan Hasil Proyeksi Biaya Total <i>Capital Cost</i> Pada skenario BAU dan REN.....	98
Gambar 4.29	: Hasil Proyeksi Total Emisi CO ₂ (juta kilogram) Pada Skenario BAU	104
Gambar 4.30	: Hasil Proyeksi Total Emisi CO ₂ (juta kilogram) Pada Skenario REN	104
Gambar 4.31	: Grafik Perbandingan Hasil Proyeksi Biaya Total Emisi CO ₂	105

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	: Sumber Daya Energi Baru dan Terbarukan	4
Tabel 4.1	: Luas Wilayah Daratan per Kepulauan di Provinsi NTT.....	51
Tabel 4.2	: Luas Wilayah Kota/Kabupaten di Provinsi NTT.....	26
Tabel 4.3	: Jumlah Penduduk dan Perbandingan Berdasarkan Gender di Provinsi NTT	55
Tabel 4.4	: Asumsi Laju Pertumbuhan Penduduk di Provinsi NTT	57
Tabel 4.5	: PDRB Provinsi Nusa Tenggara Timur ADH Konstan 2010 Menurut Lapangan Usaha.....	58
Tabel 4.6	: PDRB Sektor Bisnis di Provinsi NTT	59
Tabel 4.7	: PDRB Sektor Industri di Provinsi NTT	59
Tabel 4.8	: PDRB Sektor Publik di Provinsi NTT.....	59
Tabel 4.9	: PDRB Sektor Sosial di Provinsi NTT	59
Tabel 4.10	: Kapasitas Pembangkit Terpasang di NTT	62
Tabel 4.11	: Kapasitas Gardu <i>Existing</i>	63
Tabel 4.12	: Penjualan Energi Listrik Kelompok Pelanggan Tahun 2018	65
Tabel 4.13	: Jumlah Pelanggan Berdasarkan Jenisnya.....	65
Tabel 4.14	: Nilai Dasar, Asumsi, dan Sumber Data	69
Tabel 4.15	: Rencana Pengembangan PLTP di Provinsi NTT	71
Tabel 4.16	: Skenario Bauran Energi	72
Tabel 4.17	: Penambahan Kapasitas (PLTP) Skenario BAU.....	72
Tabel 4.18	: Penambahan dan Pengurangan Kapasitas Pembangkit Skenario <i>Renewable Energy</i> (REN)	73
Tabel 4.19	: Kapasitas Pembangkit Berdasarkan Bahan Bakar	77
Tabel 4.20	: Hasil Perhitungan Total Biaya (jutaUSD) Berdasarkan Proyeksi Masing-Masing Skenario	100

DAFTAR SINGKATAN

BAU	: <i>Business as Usual</i>
BBM	: Bahan Bakar Minyak
BOE	: <i>Barrel of Oil Equivalent</i>
BPS	: Badan Pusat Statistik
CO ₂	: <i>Carbon Dioxide</i>
COP 21	: Negosiasi Iklim 21
CRF	: <i>Capital Recovery Factor</i>
DEN	: Dewan Energi Nasional
ESDM	: Energi dan Sumber Daya Mineral
G-20	: <i>Group of Twenty</i>
GI	: Gardu Induk
GRK	: Gas Rumah Kaca
GW	: <i>Giga Watt</i>
GWh	: <i>Giga Watt hour</i>
Ha	: Hektar
IPP	: <i>Independent Power Producer</i>
kV	: <i>Kilo Volt</i>
LDC	: <i>Load Duration Curve</i>
LEAP	: <i>Long-range Energy Alternatives Planning</i>
MW	: <i>Mega Watt</i>
MWh	: <i>Mega Watt hour</i>
MVA	: <i>Mega Volt Ampere</i>
NTT	: Nusa Tenggara Timur
PDRB	: Produk Domestik Regional Bruto
PLN	: Perusahaan Listrik Negara
PLTD	: Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

PLT Hybrid	: Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid
PLTMG	: Pembangkit Listrik Mesin Gas
PLTMH	: Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro
PLTP	: Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi
PLTS	: Pembangkit Listrik Tenaga Surya
PLTU	: Pembangkit Listrik Tenaga Uap
PRM	: <i>Planning Reserve Margin</i>
REN	: <i>Renewable Energy</i>
RPJMD	: Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah
RUPTL	: Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik
SBM	: Setara <i>Barrel</i> Minyak
SDGs	: <i>Sustainable Development Goals</i>
O & M	: <i>Operational and Maintenance</i>
USD	: <i>United States Dollar</i>