

# Potensi Energi Panas Bumi di Kabupaten Banyuwangi: Studi Awal Model Perencanaan Penyediaan Energi Listrik Jangka Panjang

Yusak Tanoto<sup>1</sup>, Ekadewi Anggraini Handoyo<sup>2</sup>

*Program Studi Teknik Elektro, Universitas Kristen Petra, Surabaya<sup>1</sup>  
yusak.tanoto@gmail.com*

*Program Studi Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra, Surabaya<sup>2</sup>  
ekadewi@petra.ac.id*

## Abstrak

Makalah ini memaparkan potensi pemanfaatan energi panas bumi yang terdapat di daerah Blawan-Ijen di perbatasan Kabupaten Bondowoso-Banyuwangi untuk penyediaan energi listrik setempat. Perencanaan penyediaan energi listrik jangka panjang tahun 2014-2028 untuk Kabupaten Banyuwangi dimodelkan menggunakan software LEAP (Long Range Energy Alternatives Planning System) berdasarkan proyeksi konsumsi energi listrik di semua sektor pengguna. Proyeksi konsumsi energi listrik Kabupaten Banyuwangi mencapai 1.863 GWh pada 2028, atau meningkat sebesar 190% dibanding 2013. Mempertahankan pembangkit yang telah ada sampai tahun 2028, dibutuhkan pasokan daya tambahan sebesar 34,2 GWh dengan biaya total penyediaan energi sebesar US\$ 1,028 miliar. Solusi kompetitif dapat dilakukan dengan pembangunan pembangkit listrik tenaga panas bumi, dimana kebutuhan energi telah dapat disuplai oleh gabungan kedua pembangkit dengan biaya US\$ 1,19 miliar disamping adanya penurunan tingkat emisi CO<sub>2</sub> dan penghematan batu bara.

Kata Kunci: Energi panas bumi, penyediaan energi listrik, energi terbarukan, berkelanjutan.

## 1. Pendahuluan

Keberlanjutan pembangunan di berbagai sektor dan upaya untuk meningkatkan pertumbuhan ekonomi tidak dapat dilepaskan dari ketersediaan energi listrik yang mencukupi dan berkualitas. Kecukupan penyediaan energi listrik merupakan salah satu issue krusial yang hingga saat ini terus diupayakan melalui penambahan kapasitas pembangkit listrik. Masih banyaknya pemadaman listrik dan ketidak terpenuhinya permintaan energi listrik mencerminkan adanya ketidakcocokan level penyediaan dan level permintaan. Di samping itu, upaya penyediaan energi listrik dewasa ini semakin erat dikaitkan dengan upaya pelestarian lingkungan.

Alternatif sumber daya energi terbarukan mulai dimanfaatkan walaupun dalam skala yang masih kecil. Salah satu sumber energi terbarukan yang tersedia dengan melimpah di Indonesia adalah energi panas bumi atau *geothermal*. Total kapasitas terpasang pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) di Indonesia hingga tahun 2013 adalah 1,3 GW (Renewables 2013 Global Status Report, 2013), dari keseluruhan potensi sebesar 13,4-14,7 GW (Tanoto and Wijaya, 2011). Pemodelan penyediaan energi di tingkat negara telah banyak dilakukan melalui berbagai report maupun makalah ilmiah, namun demikian, aplikasi sejenis untuk tingkat daerah atau kabupaten belum banyak dipublikasikan,

sedangkan setiap daerah atau kabupaten dituntut untuk dapat merencanakan penyediaan energi listrik dalam bentuk rencana ketenagalistrikan daerah, sesuai dengan amanat Undang-Undang No. 30 tahun 2007 tentang Energi.

Makalah ini bertujuan untuk memberikan pemaparan proyeksi konsumsi energi listrik jangka panjang di Kabupaten Banyuwangi serta potensi pemanfaatan energi panas bumi yang terdapat di Gunung Ijen sebagai bahan bakar PLTP melalui studi pemodelan perencanaan penyediaan energi listrik jangka panjang tahun 2014-2018 di Kabupaten Banyuwangi. Energi panas bumi, sebagai salah satu bentuk energi bersih dan terbarukan akan dianalisa dan dibandingkan dengan penggunaan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), dalam hal total biaya sistem pembangkitan.

Makalah ini disusun sebagai berikut: metode penelitian meliputi data, tool, dan pendekatan analisa disampaikan pada bagian 2, diikuti oleh hasil simulasi, pemodelan, dan pembahasan yang disampaikan pada bagian 3. Kesimpulan disampaikan di akhir makalah ini, yaitu bagian 4, dan diakhiri dengan ucapan terima kasih dan daftar pustaka acuan.

## 2. Metode

Bagian ini menjelaskan kondisi geografis, demografis, dan data sektor tenaga listrikan di Kabupaten Banyuwangi tahun 2013, penjelasan singkat tentang *software* LEAP, serta metodologi simulasi data untuk memperoleh model perencanaan penyediaan energi listrik jangka panjang.

### 2.1 Kondisi Umum Geografis, Demografis, dan Tenaga Listrik Kabupaten Banyuwangi

Kabupaten Banyuwangi merupakan kabupaten yang terletak di ujung timur pulau Jawa. Secara astronomis, Kabupaten Banyuwangi terletak pada 7°43'-8°46' Lintang Selatan dan 113°53'-131°58' Bujur Timur. Berdasarkan posisi geografisnya, Kabupaten Banyuwangi mempunyai batas-batas: sebelah Utara dengan Kabupaten Situbondo, sebelah Selatan dengan Samudra Hindia, sebelah Timur dengan Selat Bali, dan sebelah Barat dengan Kabupaten Bondowoso dan Kabupaten Jember. Memiliki luas wilayah 5.782,5 km<sup>2</sup>, Kabupaten Banyuwangi merupakan kabupaten dengan wilayah terluas di propinsi Jawa Timur. Jumlah penduduk Kabupaten Banyuwangi pada tahun 2013 mencapai 1.574.778 orang (Banyuwangi Dalam Angka Tahun 2014), atau naik sebesar 0.37% dibanding jumlah penduduk tahun 2012, dengan rata-rata anggota rumah tangga sebesar 3,2. Sementara itu, besarnya Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) pada tahun 2013, yaitu Rp. 13,511 Triliun (harga konstan), mengalami kenaikan sebesar 6.8% dibanding tahun sebelumnya.

Jumlah pelanggan listrik berdasarkan jenis tarif (sektor) dan konsumsi energi listrik pada tahun 2013 ditunjukkan pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1: Jumlah pelanggan dan konsumsi energi listrik tahun 2013 di Kabupaten Banyuwangi.

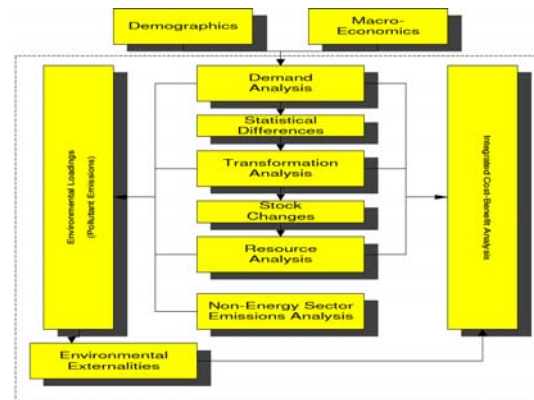
Jenis Tarif (sektor)	Jumlah pelanggan	Konsumsi listrik (MWh)
Rumah Tangga	368.684	400.673,75
Kantor pemerintah	1.645	26.558,73
Sosial	10.304	19.803,56
Bisnis	17.733	61.229,95
Industri	480	132.968,73

Sumber: Banyuwangi Dalam Angka Tahun 2014.

### 2.2 LEAP (Long Range Energy Alternatives Planning System)

LEAP (Long Range Energy Alternatives Planning System) merupakan sebuah *software* perencanaan energi berbasis *energy accounting*, yang digunakan untuk memodelkan perencanaan energi berbasis skenario penyediaan dan permintaan. Dikembangkan oleh Stockholm Environment Institute, LEAP mengedepankan fleksibilitas penggunaan data, kemudahan penggunaan, dan analisa dampak dari pemilihan skenario perencanaan (SEI, 2006). LEAP merupakan *modeling tool* terintegrasi yang bekerja berdasarkan *annual-time*

*step calculation*, yang dapat digunakan untuk melacak konsumsi energi, produksi, dan ekstraksi dan transformasi sumber daya di semua sektor dalam sistem energi nasional. Di dalam LEAP, terdapat lima modul, yaitu: asumsi kunci, permintaan, transformasi, sumber daya, dan dampak sektor non-energi (Modul Pelatihan Perencanaan Energi LEAP, 2009). Struktur LEAP dan flowchart perhitungan simulasinya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Struktur dan Flowchart Perhitungan Simulasi LEAP

Seperti terlihat pada Gambar 1, metodologi LEAP terdiri dari unsur-unsur penting, diantaranya: *Demand analysis*, *Transformation analysis*, *Resources analysis*, dan *Emission analysis*. Penjabaran metodologi ini lebih lanjut dapat dilihat pada [12]. Dibandingkan dengan tools energy modeling lainnya, LEAP memiliki beberapa keuntungan, antara lain: hasil analisa berupa tabel maupun grafik yang dapat dengan mudah dihubungkan dengan MS-Office, fleksibilitas penerapan model untuk sistem energi lokal, nasional, dan regional dalam kurun waktu jangka menengah maupun panjang, dukungan untuk sejumlah metodologi pemodelan yang berbeda meliputi metodologi *bottom-up*, penggunaan akhir, teknik akuntansi untuk pemodelan ekonomi makro *top-down* pada sisi permintaan, dan berbagai metodologi akuntansi dan simulasi untuk pembangkit listrik seperti pemodelan dan perencanaan perluasan kapasitas pembangkit.

Sudah banyak *report*, artikel *conference*, dan *peer-reviewed* artikel jurnal telah dipublikasikan pada topik-topik yang mengikutsertakan LEAP sebagai tool untuk menganalisa penggunaan energi dan implikasinya, pemodelan energi, *supply-demand*, analisa mitigasi emisi, dan biaya-biaya yang terccakup dalam perencanaan aktifitas energi. Diantara beberapa *report* dan artikel ilmiah tersebut yaitu analisa potensi reduksi permintaan energi dan emisi pada sektor transportasi di Cina (Yan, X., Crookes, R.J., 2009), identifikasi visibilitas energi berkelanjutan di pulau Kreta, Yunani (Giatrakos G.P., et. al., 2009), investigasi peningkatan efisiensi energi pada bangunan gedung di Cina (Li, J., 2008),

aplikasi LEAP pada skenario perencanaan sektor ketenagalistrikan Panama dan implikasinya (Madeleine, M, Bryan, K., 2014), analisa skenario jangka panjang untuk transisi energi terbarukan pada sektor tenaga listrik Korea (Park, N.B., Yun, S.J., Jeon, E.C., 2013), peramalan jangka panjang untuk *supply-demand* energi di Taiwan (Huang, Y., Yun Chang, J., Chieh, Y.P., 2011), dan publikasi lainnya yang didokumentasikan pada website LEAP.

### 2.3 Skenario Model Perencanaan Penyediaan-Konsumsi Tenaga Listrik Jangka Panjang

Pendekatan yang dilakukan pada proyeksi konsumsi energi listrik untuk masa yang akan datang dapat dilakukan dengan metode regresi linear berganda ataupun metode DKL dengan memperhitungkan beberapa variabel, diantaranya pertumbuhan jumlah penduduk dan PDRB. Pada makalah ini, proyeksi konsumsi energi listrik dilakukan oleh software LEAP. Proyeksi konsumsi energi listrik menggunakan data prosentase pertumbuhan pelanggan listrik yang didapatkan dari data rata-rata pertumbuhan jumlah pelanggan listrik Kabupaten Banyuwangi tahun 2008-2013.

Tabel 2: Rata-rata pertumbuhan konsumsi energi listrik tahun 2008-2013 di Kabupaten Banyuwangi.

Jenis Tarif (sektor)	Rata-rata pertumbuhan konsumsi energi (%)	Rata-rata pertumbuhan pelanggan (%)
Rumah Tangga	7,28	6,37
Kantor pemerintah	4,74	10,75
Sosial	8,08	5,02
Bisnis	4,04	0,85
Industri	9,41	8,93

Sumber: PT. PLN Distribusi Jatim (Persero), diolah kembali

Terdapat dua skenario penyediaan energi listrik yang dipertimbangkan dalam model perencanaan ini, yaitu skenario *existing* menggunakan pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), dinamakan skenario *Business as Usual* (BAU), dan skenario energi berkelanjutan dengan memanfaatkan pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP) yang bersumber dari energi panas bumi Gunung Ijen, dinamakan skenario *Sustainable Electricity Energy* (SEE).

Skenario BAU hanya mengandalkan PLTU sebagai satu-satunya penyedia listrik dan dijalankan mulai awal tahun simulasi hingga akhir periode simulasi. Efisiensi pembangkit ditetapkan sebesar 35%. Sementara itu, PLTP akan ditambahkan ke dalam sistem sejak tahun 2019 dengan kapasitas 110 MW menurut keterangan tertulis Dinas ESDM Jatim. Saat ini, ijin usaha pertambangan untuk PLTP Blawan-Ijen telah terbit.

Komponen biaya pembangkitan listrik yang meliputi biaya unit pembangkit, biaya bahan bakar, dan biaya operation & maintenance (O&M) dari

kedua jenis pembangkit dapat dilihat pada Tabel 3. Pada Tabel 3, biaya bahan bakar dan biaya O&M didapatkan dari Laporan Statistik Tahun 2012 PT. PLN (Persero) dengan konversi kurs Rp. 12.000 per US\$ 1.

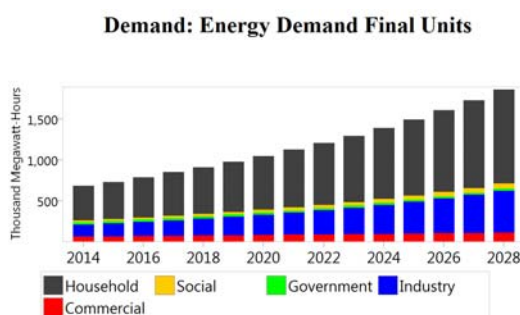
Tabel 3: Komponen biaya pembangkitan.

Jenis pembangkit	Biaya unit pembangkit <sup>a</sup>	Biaya bahan bakar <sup>b</sup>	Biaya O&M <sup>b</sup>
PLTU	1.126.000 <sup>c</sup>	52,18 <sup>e</sup>	6 <sup>e</sup>
PLTP	1.800.000 <sup>d</sup>	84,66 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>

Keterangan: a) US\$/MW, b) US\$/MWh, c) BATAN, 2012, d) Sanyal, 2005, e) Statistik Tahunan PLN 2012

### 3. Hasil dan Pembahasan

Proyeksi kebutuhan beban di Kabupaten Banyuwangi untuk semua sektor tahun 2014-2028 adalah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



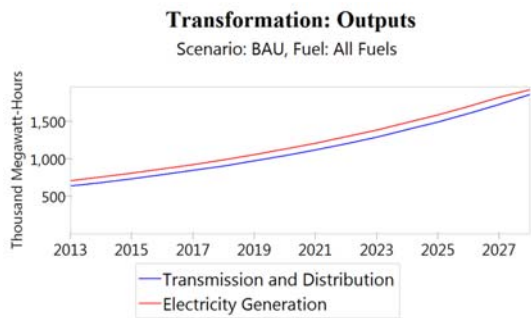
Gambar 2. Proyeksi konsumsi energi listrik di Kabupaten Banyuwangi tahun 2014-2028 berdasarkan analisa LEAP

Pada tahun 2028, sektor rumah tangga diproyeksikan mengkonsumsi energi listrik sebesar 1.150 GWh, diikuti oleh sektor industri, bisnis, sosial, dan pemerintah, masing-masing sebesar 512,4 GWh, 110,9 GWh, 63,5 GWh, dan 26,6 GWh. Secara keseluruhan, proyeksi konsumsi listrik mencapai 1.863 GWh, atau meningkat sebesar 190% dibanding konsumsi tahun 2013 yang sebesar 641,234 GWh.

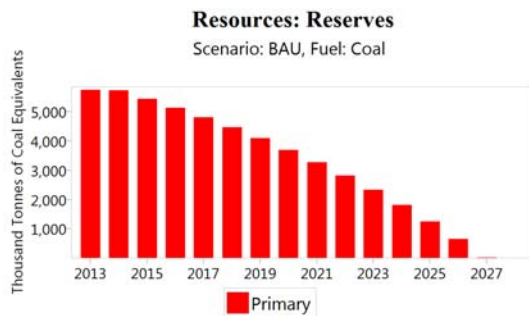
#### 3.1 Skenario BAU

Pada skenario ini, ditetapkan cadangan batu bara di awal tahun simulasi sebesar 6 juta metrik ton tanpa adanya penambahan cadangan. Dari analisa, dibutuhkan PLTU dengan kapasitas 250 MW untuk dapat mengcover permintaan beban hingga tahun 2028. Namun demikian, terdapat sejumlah konsekuensi antara lain: cadangan batu bara akan habis pada tahun 2028 yang berakibat perlunya tambahan cadangan batu bara sebesar 664,4 Ribu Ton Coal Ekuivalen pada tahun 2028; diperlukan tambahan suplai energi listrik di luar pembangkit sebesar 3,2 GWh dan 34,2 GWh masing-masing pada tahun 2027 dan 2028; diperlukan biaya total penyediaan energi sebesar US\$ 1,028 miliar. Suplai energi listrik dari pembangkit dan yang

ditransmisikan sampai kepada konsumen (karena rugi-rugi) terdapat pada Gambar 3, termasuk tambahan energi listrik dari luar pembangkit.



Gambar 3. Energi listrik yang dibangkitkan dan ditransmisikan dalam skenario BAU



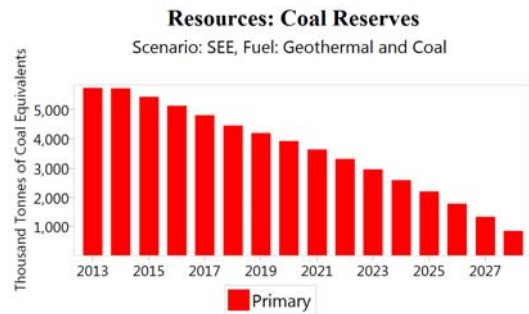
Gambar 4. Tren penurunan cadangan batu bara dalam skenario BAU, tidak mencukupi tahun 2028

Pada Gambar 3, terlihat bahwa dengan mengandalkan batu bara sebagai satu-satunya sumber energi, persediaan batu bara akan habis pada tahun 2028 dan tetap diperlukan suplai listrik dari luar pembangkit yang ada.

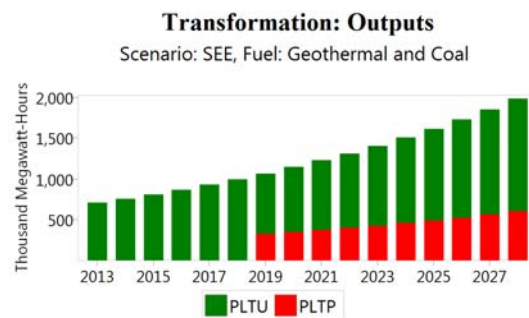
### 3.2 Skenario SEE

Pada skenario SEE, kapasitas pembangkit PLTU dapat diturunkan menjadi sebesar 150 MW dengan masuknya PLTP 110 MW pada tahun 2019. Dari hasil analisa, terlihat bahwa masuknya PLTP menyebabkan cadangan batu bara tetap ada hingga tahun 2028 sebesar 843 Ribu Ton Coal Ekuivalen, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Disamping itu, tidak diperlukan tambahan suplai energi listrik dari luar sistem karena kebutuhan energi telah disuplai oleh gabungan PLTU dan PLTP. Proporsi suplai energi dari PLTU dan PLTP adalah sebagai berikut: tahun 2014-2018 PLTU menyuplai 761,9 - 998 GWh. Pada tahun 2019, PLTU menyuplai 742.1 GWh sedangkan PLTP berkontribusi sebesar 326,5 GWh, meningkat hingga 607,8 GWh pada tahun 2028. Secara total dari tahun 203 hingga tahun 2028, PLTP berkontribusi sebesar 30% dari total energi listrik yang dapat disuplai. Secara grafik, energi yang disuplai oleh PLTU dan PLTP ditampilkan pada Gambar 6. Perbandingan biaya total

pembangkitan listrik antara skenario BAU dan SEE dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 5. Tren penurunan cadangan batu bara dalam skenario SEE



Gambar 6. Komposisi penyediaan energi listrik dari PLTU dan PLTP pada skenario SEE

Tabel 4: Perbandingan biaya total antara skenario BAU dan skenario SEE (dalam Juta US\$).

Skenario	2019	2023	2028
BAU (PLTU)	55,3	72,5	100,5
SEE (PLTU + PLTP)	66,4	87,3	123,5

Dari segi biaya, skenario SEE menghasilkan biaya total sebesar US\$ 1,19 miliar, atau US\$ 160 juta lebih tinggi dibanding skenario BAU. Namun demikian, keuntungan dari skenario SEE disamping terjaganya cadangan batu bara adalah dampak lingkungan terkait dengan emisi CO<sub>2</sub> yang dapat ditekan, kurang lebih 25-30% lebih rendah dibanding emisi dengan skenario BAU. Jika lama waktu studi pemodelan diperpanjang, maka biaya yang dikeluarkan oleh skenario SEE akan lebih kecil dan semakin mendekati biaya pada skenario BAU.

Jika ditinjau dari sudut pandang *energy balance*, pada skenario BAU terdapat kondisi kekurangan suplai energi listrik dari pembangkit existing sebesar 3,2 GWh pada tahun 2027 dan 34,2 GWh pada tahun 2028. Sementara itu, kondisi kekurangan pasokan listrik untuk memenuhi pertumbuhan permintaan tidak terjadi pada skenario SEE. *Energy Balance* selama tiga tahun terakhir untuk skenario BAU maupun skenario SEE dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6 berikut ini.

Tabel 5: Energy Balance pada skenario BAU (dalam GWh)

	2026	2027	2028
Produksi	-	-	-
Impor	-	3,2	34,2
Ekspor	-	-	-
Suplai Primer Total	-	3,2	34,2
Pembangkitan Listrik	1.707,1	1.826,3	1.926,9
T & D	-96,7	-97,6	-98,1
Transformasi Total	1.610,4	1.728,7	1.828,8
Rumah Tangga	998,9	1.071,7	1.149,7
Sosial	54,4	58,8	63,5
Pemerintah	26,6	26,6	26,6
Industri	428	468,3	512,4
Bisnis	102,5	106,6	110,9
Permintaan Total	1.610,4	1.731,9	1.863,1

Tabel 6: Energy Balance pada skenario SEE (dalam GWh)

	2026	2027	2028
Produksi	-	-	-
Impor	-	-	-
Ekspor	-	-	-
Suplai Primer Total	-	-	-
Pembangkitan Listrik	1.730,4	1.855,1	1.989,1
T & D	-98,1	-98,9	-99,5
Transformasi Total	1.632,3	1.756,1	1.889,7
Rumah Tangga	998,9	1.071,7	1.149,7
Sosial	54,4	58,8	63,5
Pemerintah	48,5	50,8	53,2
Industri	428	468,3	512,4
Bisnis	102,5	106,6	110,9
Permintaan Total	1.632,3	1.756,1	1.889,7

#### 4. Kesimpulan

Makalah ini memaparkan hasil analisa pemodelan penyediaan energi listrik jangka panjang untuk Kabupaten Banyuwangi dengan 2 skenario, dengan PLTU dan kombinasi PLTU dan PLTP. Pada simulasi menggunakan skenario ke-2, didapatkan bahwa sistem dapat menyuplai energi listrik tanpa adanya kekurangan pasokan, disamping adanya keunggulan dari sisi proteksi lingkungan hidup, dan penghematan cadangan sumber energi fosil. Penelitian selanjutnya perlu memasukkan analisa biaya lebih detail, mencakup biaya sumber daya energi, harga jual, dan biaya tambahan pasokan listrik, demikian juga harga jual kelebihan produksi listrik sehingga didapatkan hasil analisa ekonomi yang lebih detail.

#### Ucapan Terima Kasih

Presentasi makalah ini dalam Seminar Nasional RETII ke-9 tahun 2014 di Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta merupakan bagian dari luaran penelitian Hibah Bersaing. Penulis berterima kasih atas bantuan dana Hibah Penelitian Desentralisasi DIKTI tahun 2014, melalui DIPA Kopertis 7 Jawa Timur.

#### Daftar Pustaka

- Renewables 2013: Global Status Report, [Online], Diakses di: <http://www.ren21.net/ren21activities/globalstatusreport.aspx> [8 Agustus 2014].
- Tanoto, Y., Wijaya, M.E. (2011). Economic and Environmental Emissions Analysis in Indonesian Electricity Expansion Planning: Low-rank Coal and Geothermal Energy Utilization Scenarios. In *IEEE Conference on Clean Energy and Technology*. Kuala Lumpur, Malaysia, June 27-29.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Banyuwangi. (2014). *Banyuwangi Dalam Angka Tahun 2014*, [Online], Diakses di: [http://banyuwangikab.bps.go.id/?hal=publikasi\\_detil&id=160](http://banyuwangikab.bps.go.id/?hal=publikasi_detil&id=160) [2 Oktober 2014].
- Stockholm Environment Institute. (2006). *Long-range Energy Alternative Planning System, User Guide*, Boston, USA.
- Wijaya, M.E., Ridwan, M.K. (2009). *Modul Pelatihan Perencanaan Energi LEAP*. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- National Nuclear Energy Agency (BATAN) (2002). *Comprehensive Assessment of Different Energy Sources for Electricity Generation in Indonesia (CADES) Phase I*, Jakarta, Indonesia.
- Sanyal, S. K., (2005). Cost of geothermal Power and Factors that Affect It, In *World Geothermal Congress*, Turkey, April 24-29.
- PT. PLN (Persero) (2013). *Statistik Tahunan 2012* PLN. Jakarta, Indonesia.
- Yan, X., Crookes, R.J. (2009). Reduction potentials of energy demand and GHG emissions in China's road transport sector. *Energy Policy* Vol. 37 (2009), p. 658–68.
- Giatrakos G.P., Tsoutsos, T.D., Zografakis, N. (2009). Sustainable power planning for the island of Crete. *Energy Policy* Vol. 37 (2009), p. 1222–1238.
- Li, J. (2008). Towards a low-carbon future in China's building sector—a review of energy and climate models forecast. *Energy Policy* Vol. 36 (2008), p. 1736–1747.
- Madeleine, M, Bryan, K. (2014). Long-term scenario alternatives and their implications: LEAP model application of Panama's electricity sector, *Energy Policy* 68 (2014), p. 146-157.
- Park, N.B., Yun, S.J., Jeon, E.C. (2013). An analysis of long-term scenarios for the transition to renewable energy in the Korean electricity sector, *Energy Policy* 52 (2013), p. 288-296.
- Huang, Y., Yun Chang, J., Chieh, Y.P. (2011). The long-term forecast of Taiwan's energy supply and demand: LEAP model application, *Energy Policy* 39 (2011), p. 6790-6803.