

PENGEMBANGAN SYSTEM HYBRID PLTD – PLT BAYU UNTUK MENDUKUNG GRID KEPULAUAN DI NUSA TENGGARA TIMUR

Oleh DIDIK NOTOSUDJONO

Lektor Kepala FT Universitas Pakuan dan Peneliti BPP. Teknologi. notosudjono@yahoo.com
dan didik@ejkman.go.id

PT PLN pada tahun 2007/2008 menargetkan pengurangan pemakaian Bahan Bakar Minyak (BBM) I renewable energi sampai dengan 5%, sehubungan hal tersebut juga dicarikan alternative baru dengan cara menggantikan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) melalui Energi Terbarukan misalnya dengan system hybrid PLTD dan PLT Bayu atau energi Angin, Kegiatan penelitian ini sendiri pada dasarnya dibatasi untuk mengkaji pembangkit sistim hybrid PLTD dan PLT Bayu untuk mendukung system grid kepulauan dengan memanfaatkan energi angin dan ditujukan pada daerah Nusa Tenggara Timur, mengingat daerah ini mempunyai potensi Energi angin yang cukup besar dibandingkan dengan energi terbarukan lainnya. Pengembangan Sistem Jaringan kepulauan dengan memanfaatkan energi terbarukan misal energi Angin akan sangat baik untuk dikembangkan pada pulau-pulau yang mempunyai potensi energi. Dilain pihak system hybrid PLTD dan PLT Bayu pada system Grid kepulauan ini adalah suatu model konsep yang baik untuk diimplementasikan di daerah Nusa Tenggara Timu dan salah satu persyaratan Grid Kepulauan adalah kestabilan Jaringan Listrik dilokasi system hybrid di implementasikan. Design konsep Grid Kepulauan yang ditawarkan adalah grid kepulauan dengan system penetrasi rendah, sedang dan tinggi, dengan beberapa alternative keuntungan dan kerugian systemnya.

KEYWORD : *Grid kepulauan, energi terbarukan, energi angin*

I. PENDAHULUAN

Penyediaan energi listrik secara keseluruhan kepulauan di Indonesia dengan menggunakan jaringan interkoneksi pada saat ini tidak akan layak dan ekonomis, terutama untuk daerah pedesaan di Indonesia yang mempunyai kerapatan beban yang tersebar dan lokasinya yang terpencil. Demikian pula sumber-sumber energi fosil tersedia di beberapa tempat sangat terbatas, khususnya minyak bumi. Salah satu alternatif untuk menghadapi permasalahan diatas adalah dengan dengan mengandalkan energi setempat, yakni dengan memanfaatkan potensi energi angin di Indonesia.

Secara umum potensi kecepatan angin di Indonesia sebagai daerah yang dekat dengan equator tidak terlalu besar. Untuk kecepatan angin rata-rata di Indonesia pada ketinggian 24 meter bervariasi antara 3 m/s sampai 12 m/s, untuk kedepan ketinggian pengukuran kecepatan Angin harus ditingkatkan mencapai 30m, 50m. Daerah Nusa Tenggara Barat dan Timur, Nusa Penida-Bali, Pulau Selayar -Sulawesi serta beberapa daerah di Pulau Jawa merupakan daerah-daerah yang sesuai untuk pengembangan angin skala menengah (250kW s/d 400 kW). Total potensi energi angin di Indonesia diperkirakan mencapai 448 MW. Status konversi energi angin di Indonesia masih dalam tahap penelitian dan pengembangan. LAPAN adalah salah satu intitusi yang sangat dominan dalam pengembangan teknologi energi angin di Indonesia. Sedangkan proyek-proyek percontohan yang ada antara lain untuk penerangan dan TV umum di pedesaan dengan kapasitas daya terbesar 10kW, Total Daya terpasang PLTB pada saat ini mencapai total kapasitas 38 kW.

Energi angin sebagai salah satu energi alternatif memerlukan dukungan Pemerintah untuk mengembangkan, karena harga Investasinya yang mahal dan Sumber Daya Manusia serta Teknologi energi angin yang belum terkuasai dengan baik, sehubungan dengan hal tersebut dukungan yang Intensif dari Pemerintah dengan lebih menkonsentrasikan diri kearah Energi Politikanya.

Kendala teknis dari pemanfaatan sumber energi terbarukan, terutama energi angin saat ini sangat tergantung pada Kapasitas Faktornya dalam periode minimal satu tahun, dimana kecepatan angin sendiri sangat bervariasi dan bergantung kepada musim, kecepatan angin sangat berfluktuasi sesuai dengan kondisi geografi pada suatu daerah tertentu.

II. METODOLOGI

Kegiatan penelitian ini sendiri pada dasarnya dibatasi untuk mengkaji pembangkit sistem grid kepulauan dengan memanfaatkan energi angin dan ditujukan pada daerah Nusa Tenggara Timur, mengingat daerah ini mempunyai potensi Energi angin yang cukup besar, Kegiatan-kegiatan yang akan dilaksanakan antara lain adalah:

1. **Analisa data sekunder PLTD milik PT.PLN (Persero).** Dalam kegiatan studi ini akan dilaksanakan secara mendetil pengelompokan PLTD yang dimiliki PT.PLN (Persero) dan mengkaji juga potensi energi angin di Nusa Tenggara Timur. .
2. **Survei lokasi.** Survei dilakukan untuk mengetahui karakter operasi dan kondisi fisik di lapangan sehingga data yang didapat bisa menjadi masukan untuk system Grid kepulauan di daerah NTT baik secara teknik dan Finansialnya

III. SYSTEM GRID KEPULAUAN DENGAN ENERGI ANGIN

Turbin angin atau Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLT Bayu) dibatasi oleh keberadaan energi angin yang tidak tetap setiap saat. PLT Bayu pada dasarnya langsung dapat memproduksi energi listrik dengan arus bolak balik (AC) sehingga dapat langsung disalurkan ke pusat beban. Namun karena sifat angin yang tidak tetap tersebut maka energi yang dihasilkannya juga tidak tetap. Oleh karena itu untuk penggunaan dalam pembangkit hibrida diperlukan baterai untuk menyimpan energi. Berikut ini adalah konfigurasi tipikal suatu system hibrida angin-disel.

Berdasarkan sifat angin yang tidak tetap tersebut maka energi yang dihasilkan oleh PLT Bayu dapat dikelompokkan menjadi 3 kategori:

1. Penetrasi rendah
2. Penetrasi sedang dan
3. Penetrasi tinggi.

Penetrasi didefinisikan sebagai dan dikelompokkan dalam:

- a. Penetrasi secara instant (PI)

$$\text{Penetrasi Instant} = \frac{\text{Output PLT Bayu (kW)}}{\text{Beban Listrik (kW)}}$$

- b. Penetrasi secara rata-rata (PR)

$$\text{Penetrasi Rata - Rata} = \frac{\text{Produksi Energi PLT Bayu (kWh)}}{\text{Permintaan Energi Listrik (kWh)}}$$

Pada penetrasi rendah biasanya PI mencapai kurang dari 50% dan PR mencapai kurang dari 20%. Ciri-cirinya adalah generator disel bekerja sepanjang waktu (misal 24 jam), daya PLT Bayu mengurangi beban listrik, semua energi angin dipasokkan ke permintaan energi listrik, dan tidak perlu system control.

Penetrasi sedang dicirikan dengan nilai PI yang mencapai 50%-100% dan PR mencapai 20%-50%. Karakteristik lain adalah generator disel bekerja sepanjang waktu (misal 24

jam), pada saat banyak angin beban sekunder (misalnya beban panas/*heat*) diserahkan pada PLT Bayu, pada saat banyak angin namun beban rendah PLT Bayu tidak dioperasikan, dan perlu system control yang tidak terlalu rumit.

Penetrasi tinggi dicirikan dengan nilai PI yang mencapai 100%-400% dan PR mencapai 50% hingga 150%. Ciri lain dari penetrasi tinggi adalah bahwa generator disel ada kemungkinan tidak perlu dioperasikan, karena sifat angin yang tidak tetap maka perlu alat untuk menjaga frekuensi dan tegangan supaya pada level yang tetap, dan biasanya perlu system control yang lebih maju.

Sistem hybrid angin-disel penetrasi rendah adalah yang paling mudah dilakukan karena tidak perlu ada modifikasi kepada PLTD dan biaya relative rendah dibanding penetrasi yang lebih tinggi. Kelemahan dari system penetrasi rendah adalah kecilnya pengurangan konsumsi BBM (max 20%, NREL, www.nrel.gov).

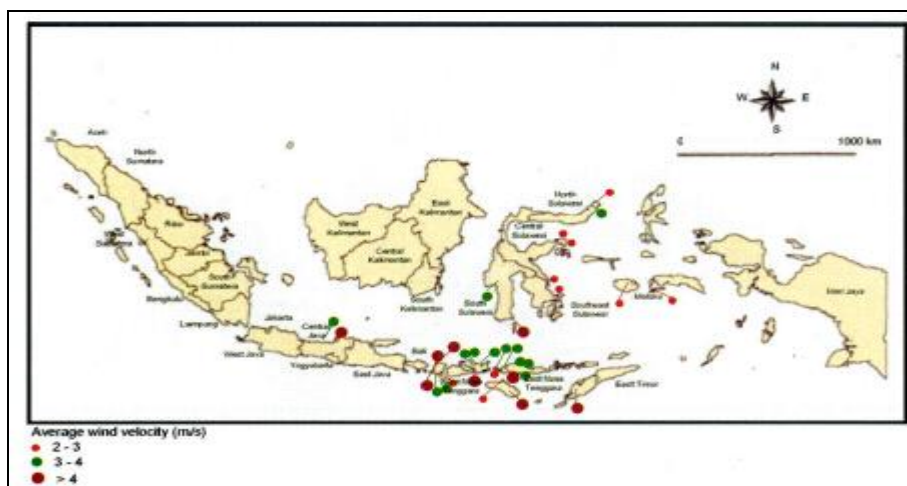
Menurut NREL (National Renewable Energy Laboratory) Amerika kisaran biaya investasi per kW untuk beberapa kategori penetrasi adalah sebagai berikut (NREL, Steve Drouilhet):

1. Penetrasi rendah biaya investasi PLT Bayu adalah antara US\$ 1.000-1.500 per kW
2. Penetrasi sedang biaya investasi PLT Bayu adalah antara US\$ 1.500-2.500 per kW
3. Penetrasi tinggi biaya investasi PLT Bayu adalah antar US\$ 2.500-4.000 per kW.

Dalam analisa potensi energi angin di NTT dipergunakan batas bawah dari tiap kategori penetrasi.

IV. POTENSI ENERGI ANGIN DI NUSA TENGGARA TIMUR

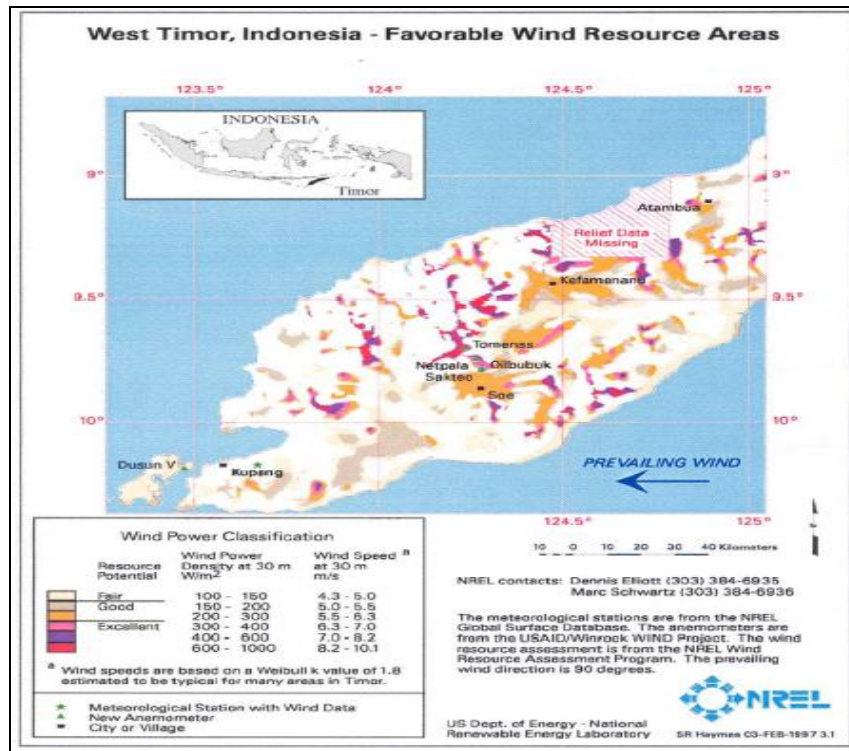
Potensi energi angin di wilayah PT.PLN Persero NTT pada dasarnya adalah tinggi. Hal ini didasari oleh potensi geografis NTT yang terletak lebih jauh dari khatulistiwa daripada daerah lain di Indonesia (Pulau Rote adalah pulau paling selatan dalam wilayah Republik Indonesia). Posisi yang jauh dari khatulistiwa memberikan potensi besar akan adanya pergerakan masa udara secara horizontal (*geostrophic wind*). Selain itu batas selatan NTT adalah samudra lepas yang merupakan sumber pergerakan thermal yang menghasilkan tiupan angin. Pada dasarnya daerah sebelah selatan Indonesia yang berbatasan dengan Samudra Indonesia memiliki potensi angin yang relative lebih baik daripada daerah lain di Indonesia. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. Peta Potensi Energi Angin Hasil Penelitian LAPAN

NREL juga telah memodelkan potensi energi angin di NTT dengan menggunakan perangkat lunak GIS (*Global Information System*). Model yang dibangun oleh NREL (lihat

gambar 2) didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh USAID dan Winrock. NREL menemukan bahwa di NTT potensi energi angin cukup besar. Peta yang dihasilkan oleh NREL mampu menunjukkan daerah yang pas (*Favorable*) dijadikan lokasi PLT Bayu.



Sumber: www.nrel.gov

Gambar 2. Peta Potensi Energi Angin di Pulau Timor Hasil Model NREL

Menurut informasi dari NREL frekuensi asal arah angin tertinggi dimiliki oleh arah Timur (*up wind*). Hal ini berarti timur merupakan *prevailing wind direction*. Selain menggunakan informasi kecepatan dan arah angin, model yang dibangun NREL ini juga menggunakan informasi topografi NTT sehingga bisa ditemukan lokasi-lokasi yang pas untuk pembangunan PLT Bayu. Dari plot peta angin di atas nampak banyak daerah di bagian utara NTT merupakan lokasi yang dikategorikan sempurna atau *excellent*.

Berbeda dengan daerah di sekitar Kupang, di Sumba lokasi yang dikategorikan sempurna lebih banyak di daerah selatan. Arah *prevailing wind* tetap sama yaitu timur.

Berdasarkan hasil Penelitian LAPAN, BPPT dan Winrock maka potensi angin tersebar dari Timor, Rote, Sumba, dan Flores. Berikut ini daftar lokasi yang memiliki potensi energi angin di wilayah NTT berdasarkan penelitian LAPAN, BPPT, dan Winrock.

V ANALISA SYSTEM HYBRID PLTD DAN PLT BAYU

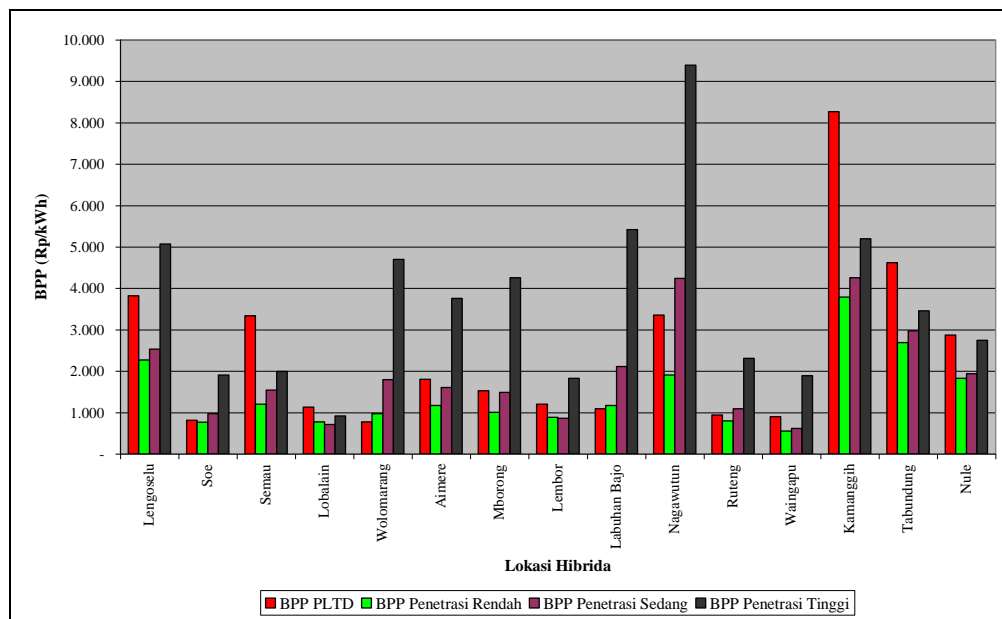
Dilihat dari biaya investasinya maka jelas semakin tinggi penetrasi PLT Bayu maka semakin tinggi pula investasi PLT Bayu. Harga dasar yang dipergunakan dalam analisa ini adalah US\$ 1,000/kW untuk penetrasi rendah, US 1,500/kW untuk penetrasi sedang dan US 2,500/kW untuk penetrasi tinggi. Nilai investasi tergantung pada kapasitas yang akan dipasang sehingga factor perubahan nilai investasi dari penetrasi rendah ke sedang, dari sedang ke tinggi atau dari rendah ke tinggi lebih berarti.

Dari ketiga tingkat penetrasi yang ada dapat terlihat bahwa penetrasi rendah memberikan lebih banyak pembangkit hibrida yang memiliki BPP lebih rendah dari BPP PLTD. Dalam aplikasinya pembangkit hibrida penetrasi rendah akan lebih mudah implementasinya dan lebih murah investasi per kW-nya daripada tingkat penetrasi yang lebih tinggi. Selain itu terdapat pula penghematan BBM yang cukup signifikan. Sehingga implementasi PLT Bayu untuk pembangkit hibrida penetrasi rendah lebih cocok untuk PT.PLN (Persero).

Dalam menentukan lokasi mana yang bisa diprioritaskan untuk implementasi hibrida PLT Bayu-PLTD dipergunakan informasi BPP Hibrida. Jika BPP hibrida hingga penetrasi tinggi masih lebih rendah daripada BPP PLTD maka lokasi tersebut secara umum (financial dan teknis) cocok untuk dibangun pembangkit hibrida PLT Bayu-PLTD, sebagaimana terlihat pada gambar 3

Beberapa parameter dasar yang bisa dipergunakan untuk menentukan adalah antara lain:

1. Kecepatan angin rata-rata tahunan baik pada 24 meter atau 30 meter
2. Nilai perbandingan kapasitas PLT Bayu dan PLTD pada kategori penetrasi yang diinginkan (rendah, sedang, tinggi).



Gambar 3. BPP PLTD dibandingkan BPP Hibrida dari 3 Kategori Penetrasi

Secara umum semakin tinggi kecepatan angin rata-rata maka potensi pengembangan akan semakin baik. Dari data NTT di atas kecepatan rata-rata yang lebih disukai adalah yang lebih dari 4 meter per detik (pengukuran 24 meter).

VI KESIMPULAN

Propinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) merupakan salah satu propinsi yang memiliki potensi energi angin paling besar di Indonesia. Posisi propinsi ini relative paling selatan dibandingkan wilayah lain Indonesia sehingga potensi angin juga relative lebih tinggi. Hal ini membawa NREL dan Winrock untuk meneliti potensi angin di sana dan menyusun peta potensi angin di NTT.

Potensi energi angin di NTT tersebar di pulau-pulau utama seperti Pulau Flores, Pulau Rote, Pulau Suma dan Pulau Timor. Kecepatan angin rata-rata tahunan pada ketinggian 24 meter berkisar antara 3 m/detik hingga 6 m/detik.

Memperhatikan system pasokan listrik di NTT yang banyak menggunakan PLTD dan potensi energi angin yang besar maka potensi untuk mengembangkan pembangkit hibrida dengan system *Island Mini Grid* sangat tepat.

Tingkat penetrasi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLT Bayu) yang menimbulkan beban biaya paling kecil, penghematan BBM cukup signifikan adalah penetrasi rendah. Tingkat penetrasinya adalah maksimal 20% dari total demand energi tahunan suatu system.

BPP hibrida akan cenderung menjadi lebih kecil dari BPP PLTD pada penetrasi PLT Bayu rendah dan menjadi lebih besar dari BPP PLTD pada penetrasi sedang atau tinggi.

VII REFERENSI

1. Energiewirtschaftliche Planung fuer die Netzintegration von windenergie in Deutschland an Land und Offshore bis zum Jahr 2020 (dena-Netzstudie)
2. GTZ, Masterplans for Electric Power Supply, TZ-Verlagsgesellschaft mbH, Rossdorf 1 Germany, 1980.
3. Fink, Horst; Oelet; Gerhard, : A guide to the Financial evaluation of Intvestment Project in Energy Supply, GTZ, Eschborn, 1985.
4. Sheperd, Dennis G.: Wind Power, Chapter 19 – Handbook of Energy Technology and Economics, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1983.
5. Notosudjono Didik, dkk, Date Base Renewable Energy in Indonesia, BPP. Teknologi-UNESCO, Jakarta, 1999.
6. Notosudjono Didik, Ländliche Entwicklung durch erneuerbare Energie - Energiepotentiale, Entwicklungs- und Marketingkonzepte in Indonesien, Universitaet Flensburg, Germany, 2000.
7. Notosudjono Didik, Ir, Msc., Strategi Pengembangan Penyediaan Energie Terbaharukan di Daerah Pedesaan dan Kemungkinan untuk kegiatan Produksi, Lokakarya Energie 1993, KNIWEC, Jakarta Indonesia.
8. Notosudjono Didik, Ir. Msc, dan Abubakar Lubis, Drs, MSc, Hybrid System (small Wind Energy and DC Diesel Generator Sets) for Electricity in the village Ciparanti, Western Java, Windpower'93 san Francisco, CA, July 12-16, 1993.

VIII. RIWAYAT HIDUP

Nama : DR.Ir.Didik Notosudjono Msc.
Tempat dan Tgl. Lahir : Kediri, 24 September 1960

1985 Lulus sarjana Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang

1991 Lulus Magister Scientiae di Universitas Flensburg Germany di bidang renewable energy

2001 Lulus Program Phd.(S3) di Bidang renewable energy di Universitas Flensburg Germany. Dengan konsentrasi renewable energy dan Konsep Marketing.

- Staff Pengawasan Teknis di Biro Pengawasan 1985 –1991.
- Kepala sub Bagian Pengawasan Teknis Perlengkapan 1991-1994
- Kepala Bagian Pengawasan Teknis Perlengkapan 1994-1995
- Peneliti di Bidang renewable energy di Direktorat Pusat Pengkajian dan Penerapan Konversi dan Konservasi Energi, BPP. Teknologi sejak 1991.
- Ketua Kelompok Konversi dan Konservasi Energi di Direktorat Pusat Pengkajian dan Penerapan Konversi dan Konservasi Energi, BPP. Teknologi sejak 2002-2005
- Dosen Teknik Tenaga Listrik di beberapa Universitas di Jakarta dan Bogor sejak 1985-1994
- Ketua Jurusan Teknik Tenaga Listrik di Universitas Ibnu Khaldun, 1991-1995.
- Dekan FT dan Ketua Jurusan Teknik Tenaga Listrik di Universitas Surapati 1992-1995

- *Dosen pasca sarjana (S2) di Sekolah Tinggi Ekonomi di Jakarta dengan konsentrasi Marketing dan MPO.sejak tahun 2000.*
- *Dosen Pasca Sarjana (S2) Universitas Brawijaya, sejak 2003*
- *Kepala Instalasi Keselamatan Sistem Laboratorium di Lembaga Biologi Molekuler Eijkman sejak 1999*
- *Pimpinan Proyek di Lembaga Biologi Molekuler Eijkman, sejak 2000-2005*
- *Pembantu Dekan FT, Universitas Pakuan Bogor 2003-2005*
- *Dekan FT, Universitas Pakuan sejak 2005, Bogor*