

KAJIAN POTENSI SUMBER ENERGI TERBARUKAN DI BALI

Made Suarda

Jurusan Teknik Mesin , Fakultas Teknik Universitas Udayana
Kampus Bukit Jimbaran Denpasar 80316
E-mail : made.suarda@me.unud.ac.id

Abstrak

Bali yang merupakan daerah tujuan wisata tidak memiliki sumber energi primer yang memadai baik berupa bahan bakar minyak maupun batubara. Untuk itu pasokan sumber energi didatangkan dari luar Bali. Pada tahun 2007 total daya mampu listrik Bali adalah sebesar 562 MW, sedangkan beban puncaknya adalah 446 MW, sehingga tenaga listrik cadangan yang tersedia hanya 116 MW (20%). Kondisi ini terbilang kritis, karena bila pembangkit terbesar di Bali, PLTG Gilimanuk, yang memiliki daya 130 MW keluar dari sistem misalnya terjadi kerusakan/ pemeliharaan, maka cadangan daya minus 14 MW. Untuk itu penambahan pembangkit atau pasokan energi listrik baru mutlak dibutuhkan. Sesuai dengan blueprint Pengelolaan Energi Nasional, maka Pemerintah Daerah Bali perlu mengambil kebijakan untuk membangun pembangkit skala kecil dengan memanfaatkan potensi sumber energi terbarukan setempat. Potensi sumber energi terbarukan yang mungkin dikembangkan di Bali antara lain Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Pembangkit Listrik Tenaga Angin, Pembangkit Listrik Tenaga Samudera dan Biomasa. Dari hasil kajian yang telah dilakukan sumber energi terbarukan di Bali disamping potensinya relatif kecil juga belum kompetitif secara ekonomis, kecuali sumber energi air skala kecil yang memungkinkan untuk dikembangkan secara komersial.

Kata kunci : sumber energi terbarukan, Bali

1. Pendahuluan

Untuk menjamin keamanan pasokan energi dalam negeri dan untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan, pemerintah menetapkan Kebijakan Energi Nasional sebagai pedoman dalam Pengelolaan Energi Nasional (Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006). Tujuan dan sasaran kebijakan energi nasional tersebut, salah satunya adalah terwujudnya energi (primer) *mix* yang optimal pada tahun 2025.

Di Bali kebutuhan energi khususnya energi dalam bentuk energi listrik, pasokan daya listrik untuk sistem kelistrikan Bali memiliki total daya terpasang sebesar 657 MW dengan total Daya Mampu 562 MW yang disuplai dari empat sumber yaitu interkoneksi Jawa-Bali 220 MW, PLTGU Gilimanuk 145 MW, PLTG/PLTD Pesanggaran 196 MW dan PLTG Pamaran 96 MW. Sedangkan beban puncak pada tahun 2006 adalah sebesar 426,20 MW (75% dari total Daya Mampu). Pada tahun 2007 prediksi beban puncak adalah 446 MW (80% dari total Daya Mampu), sehingga tenaga listrik cadangan yang tersedia hanya 116 MW (20%) yang berarti kurang dari 30% atau masuk *kategori kritis*. Kondisi ini terbilang kritis, karena bila pembangkit terbesar di Bali, PLTG Gilimanuk, yang memiliki daya 130 MW keluar dari sistem (misalnya terjadi kerusakan atau ada pemeliharaan/overhaul), maka cadangan daya minus 14 MW. Jika hal ini terjadi maka Bali akan mengalami pemadaman bergilir. Untuk itu penambahan pembangkit atau pasokan energi listrik baru mutlak dibutuhkan.

Penyediaan tenaga listrik perlu senantiasa memperhatikan kelestarian fungsi lingkungan hidup, konservasi energi dan diversifikasi energi sebagaimana digariskan dalam kebijakan energi nasional, keselamatan umum, tata ruang wilayah, dan pemanfaatan sebesar-besarnya barang dan jasa produksi dalam negeri yang kompetitif dan menghasilkan nilai tambah agar dapat menghasilkan pengembangan industri ketenagalistrikan nasional. Guna menjamin ketersediaan energi primer untuk pembangkitan tenaga listrik, diprioritaskan penggunaan sumber energi setempat dengan kewajiban mengutamakan pemanfaatan sumber energi terbarukan.

2. Metodologi

Dalam menentukan kebutuhan akan energi di Bali khususnya dalam bentuk energi listrik perlu diketahui data-data seperti jumlah penduduk Propinsi Bali dan pertumbuhannya, pertumbuhan ekonomi Bali, konsumsi daya listrik Bali dan pertumbuhannya, kapasitas daya listrik tersedia dan daya

yang terjual serta *load-factor*nya, serta data potensi sumber energi yang tersedia. Dalam penelitian ini hampir seluruh data-data tersebut merupakan data sekunder yang didapat dari berbagai instansi di Bali. Data-data tersebut dikompilasi, kemudian dikaji secara teoritis.

3. Hasil dan Pembahasan

Pada tahun 2005 pertumbuhan perekonomian Bali adalah sebesar 5,56 persen. Memang pertumbuhan ini masih lebih rendah dari pertumbuhan nasional yang mencapai 5,6 persen. Namun harus diakui bahwa angka ini merupakan suatu hasil kerja yang positif, mengingat dahsyatnya guncangan yang dialami ekonomi Bali di tahun ini (Bom Jimbaran – Kuta). Kenaikan harga BBM, serta terjadinya bom untuk kedua kalinya, telah memicu meningkatnya angka inflasi. Pada tahun ini, tingkat inflasi mencapai 11,31 persen. Lebih rendah dari angka nasional memang. Namun angka inflasi yang sudah mencapai dua digit ini merupakan suatu pertanda buruk bagi perekonomian. Tidak saja berpengaruh terhadap tingkat suku bunga dan biaya produksi, namun inflasi yang tinggi juga akan mempengaruhi daya beli masyarakat.

Berdasarkan data statistik tahun 2006, jumlah penduduk Bali adalah 3.422.600 jiwa. Jika dibandingkan hasil Sensus Penduduk (SP) tahun 2000 yaitu 3.146.999 jiwa, maka pertumbuhan penduduk rata-rata selama lima tahun adalah 1,46 persen per tahun. Sementara itu, dengan luas wilayah 5.636,66 km², maka kepadatan penduduk Bali saat itu mencapai 608 jiwa/km².

Perkiraan produksi dan kebutuhan listrik di Bali dari tahun 2005 hingga tahun 2016 diperlihatkan pada Table I. Perkiraan penjualan listrik dari tahun 2007 – 2016 mengalami pertumbuhan rata-rata 7,88%, produksi 3,74%, daya tersambung 5,16% dan beban puncak 7,20%. Dari sini terlihat bahwa jumlah pelanggan, kebutuhan listrik dan beban puncak akan terus meningkat dari tahun ke tahun.

Tabel I. Perkiraan Kebutuhan Tenaga Listrik Bali

TAHUN	PRODUKSI TENAGA LISTRIK (GWH)	PENJUALAN TENAGA LISTRIK (GWH)	PELANGGAN (PLG)	DAYA TERSAMBUNG (MVA)	BEBAN PUNCAK (MVA)
2005 *)	2.229,7	2.094,7	683.94	1.149,8	403
2006 *)	2.326,4	2.125,0	697.375	1.220,4	426,2
2007	2.423,4	2.233,6	732.327	1.253,5	446
2008	2.628,3	2.424,7	759.772	1.321,3	482
2009	2.865,6	2.646,5	790.659	1.397,6	522
2010	3.092,1	2.858,8	818.308	1.468,8	561
2011	3.336,2	3.087,7	846.960	1.544,0	602
2012	3.599,1	3.334,7	876.655	1.623,4	646
2013	3.882,4	3.601,0	907.431	1.707,3	694
2014	4.187,5	3.888,2	939.431	1.795,8	745
2015	4.516,1	4.197,9	972.397	1.889,3	799
2016	4.871,5	4.533,1	1.006.724	1.980,4	858

Sumber : PT. PLN Persero Distribusi Bali, Januari 2007

Untuk mengantisipasi kondisi tidak normal tersebut perlu direncanakan penambahan daya pembangkit dalam kurun waktu tahun 2007 – 2016 sebesar 800MW. Menurut *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik* (RUPTL) Bali Tahun 2007-2016, opsi untuk memenuhi kebutuhan tersebut adalah:

- PLT Sampah (Biomasa) 9,8 MW (Pemda)
- PLTU Batubara Bali Utara (Celukan Bawang 390 MW) tahap 1 sebesar 130 MW
- PLTU Batubara Bali Timur sebesar 200MW (tahap 1 sebesar 100 MW)
- PLTP Bedugul 175 MW secara bertahap (tahap 1 sebesar 10 MW)
- Pengembangan pembangkit non BBM di Pulau Nusa Penida (PLTU) yang nantinya akan interkoneksi dengan sistem Bali.
- Pembangunan Jawa-Bali Crossing 500kV ke Gilimanuk-Kapal (GITET) secara alternatif

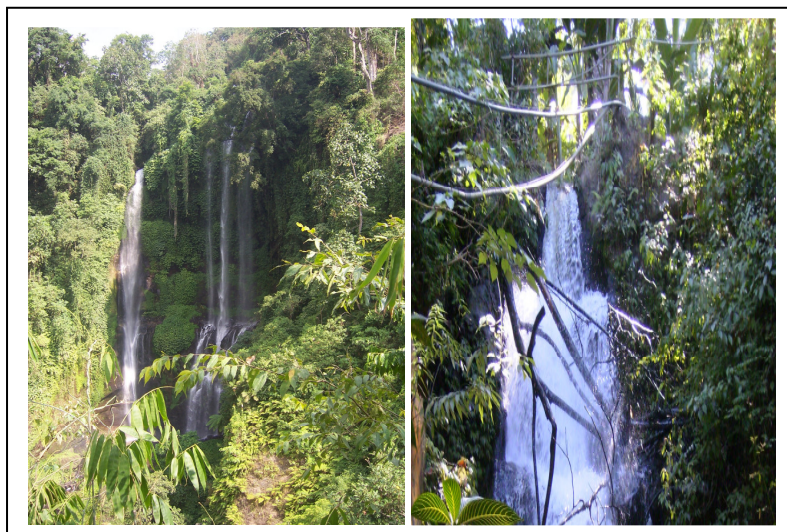
Untuk menuju diversifikasi energi pembangunan pusat pembangkit listrik diarahkan kepada pemanfaatan pembangkit listrik Non BBM antara lain sesuai potensi tenaga listrik yang ada di Bali yaitu PLTA dan PLTP. Berdasarkan data potensi alam di Bali terdapat beberapa alternatif pembangkit listrik seperti pengembangan PLT Angin di Nusa Penida, PLT Surya di Kusamba, PLT Air di Sungai Ayung dan Sungai Unda, PLT Biomasa, PLTP di Bedugul, serta PLTU Batu bara di Celukan Bawang atau Kubu Karangasem yang sumber energi primernya didapatkan dari luar Bali.

Potensi Energi Air

Potensi tenaga air di Bali memang tidak ada yang dalam kapasitas yang sangat besar, karena di Bali tidak ada sungai-sungai besar seperti di Kalimantan atau Sumatra. Namun, di Bali cukup banyak juga terdapat sumber-sumber energi air dalam kapasitas yang relatif kecil dan tersebar. Demikian juga telah terdapat beberapa bendungan air seperti Bendungan Palasari, Bendungan Telaga Tunjung dan beberapa bendungan yang masih dalam tahap perencanaan seperti Bendungan Kubutambahan di Singaraja. Bendungan tersebut utamanya adalah untuk menampung air dalam memenuhi kebutuhan air irigasi pertanian, akan tetapi aliran air tersebut mempunyai potensi tenaga air yang belum dimanfaatkan. Sebagai contoh, pada Bendungan Telaga Tunjung di Tabanan, bendungan tersebut pada kondisi normal akan mengalirkan air dengan kapasitas aliran 1,866 m³/det pada head 29 meter. Ini berarti bendungan ini mempunyai potensi tenaga air 530 kW (0,53 MW). Dan saat ini sedang didesain yaitu bendungan Telagawaja yang mempunyai kapasitas aliran 2 m³/det pada head 100 meter. Ini berarti bendungan ini mempunyai potensi tenaga air 1,96 MW, dan daya listrik bangkitan sekitar 1,5 MW.

Lebih jauh, potensi tenaga air yang belum dimanfaatkan adalah tenaga air yang berada di Sungai Ayung yang diperkirakan mempunyai potensi tenaga air sebesar 43,90 MW dan Sungai Tukad Unda diperkirakan sebesar 32,30 MW [Profil Energi Bali, 2005], serta banyak lagi sumber-sumber aliran air terjun yang ada di Bali. Walau dengan kapasitas kecil-kecil, tetapi jika potensi-potensi sumber energi air tersebut dimanfaatkan secara maksimal tentunya akan berkontribusi secara signifikan terhadap pemenuhan kebutuhan energi di Bali. Dengan kapasitas debit yang kecil-kecil ini, sistem pembangkit yang cocok dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).

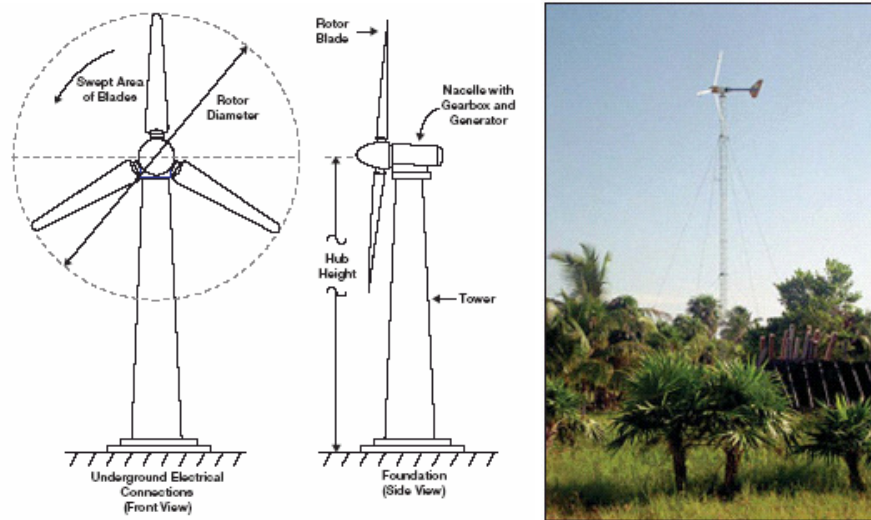
Diantara sungai-sungai yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) antara lain Sungai Yeh Penet dan Yeh Hoo di Tabanan, Sungai Kelampauk, Sungai Bingin, Sungai Oot dengan kapasitas aliran 0,5 m³/detik dan head 7 meter, dan Sungai Sekumpul di Buleleng dengan kapasitas aliran 0,8 m³/detik dan head 50 meter yang berarti daya yang mampu dibangkitkan adalah 184 kW, seperti pada gambar 1.



Gambar 1 Sungai Sekumpul dan Sungai Oot di Buleleng

Potensi Energi Angin

Potensi angin di Indonesia secara umum kecil karena kecepatan angin pada umumnya rendah yaitu antara 3-5 m/detik. Tetapi di beberapa daerah di kawasan timur anginnya lebih dari 5 m/detik. Kapasitas terpasang pembangkit listrik tenaga angin saat ini relatif masih kecil dibandingkan potensi yang ada.



Gambar 2. Kincir angin di Nusa Penida

Di Bali, secara umum kecepatan anginnya rendah yaitu rata-rata berkisar 3,4 meter/detik, kecuali di Nusa Penida – Klungkung, dan Seraya – Karangasem yang memiliki potensi energi angin lebih besar yaitu dengan kecepatan angin rata-rata 4,8 m/dt. Ini berarti hanya memungkinkan untuk pembangunan pembangkit listrik tenaga angin/bayu (PLTB) skala kecil, belum lagi kondisi angin yang tak bertiup setiap saat. Saat ini telah dibangun PLTB dengan daya terpasang (2 x 80 kW), seperti pada gambar 2, yang didesain pada kecepatan angin maksimumnya yaitu 12,5 meter/detik.

Daya yang dibangkitkan dari sebuah kincir angin sebanding dengan kerapatan massa udara yang bervariasi terhadap ketinggian dan temperatur udara, sebanding dengan luas sapuan sudu-sudu kincir angin yang berarti juga sebanding dengan jari-jari kincir, dan berbanding lurus dengan pangkat tiga kecepatan angin. Maka bila kecepatan angin, $V_a = 4,8$ m/dt, rapat masa, $\rho = 1,2$ kg/m³, percepatan gravitasi $g = 9,8$ N/dt², dan efisiensi $c_p = 55\%$, maka daya poros yang dihasilkan kincir angin adalah :

$$P_s = C_p \times \frac{1}{2} \times \rho \times A V_a^3 \quad (1)$$

Maka

$$\begin{aligned} P_s &= 0,55 \times \frac{1}{2} \times 1,2 \text{ (kg/m}^3\text{)} \times 4,8^3 \text{ (m/dt)}^3 \\ &= 36,495 \text{ Watt/ m}^2 \end{aligned}$$

Sedangkan jika kecepatan anginnya 12,5 m/dt, maka:

$$\begin{aligned} P_s &= 0,55 \times \frac{1}{2} \times 1,2 \text{ (kg/m}^3\text{)} \times 12,5^3 \text{ (m/dt)}^3 \\ &= 644,5 \text{ Watt/ m}^2 \end{aligned}$$

Untuk menghasilkan 80 kW maka luas sapuan kincir yaitu sekitar 124 m², yang berarti diameter kincirnya adalah 12,5 meter.

Energi angin di Bali termasuk kurang handal, disamping karena kecepatan anginnya rendah juga tidak kontinyu atau sangat berfluktuasi.

Potensi Energi Matahari

Di Bali terdapat daerah-daerah pemukiman terpencil yang sulit dihubungkan dengan jaringan listrik PLN, sehingga pada daerah-daerah tersebut diperlukan pembangkit listrik dari alternatif lain terutama yang bersumber dari energi yang terbaharukan seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Pembangkit Listrik Tenaga Surya (*Solar Home System*) diperkirakan dapat menjadi solusi alternatif sebagai penyedia listrik di desa-desa yang terpencil. Sebagai daerah tropis Bali mempunyai

potensi energi surya yang tinggi. Hal ini terlihat dari radiasi harian yaitu sebesar 4,8 kWh/m²/hari. Berarti prospek penggunaan fotovoltaik di masa mendatang cukup cerah.

Persoalan yang ada sekarang adalah harganya yang masih mahal dibandingkan dengan listrik yang dibangkitkan dengan sumber energi lain, sehingga penggunaannya sekarang terbatas hanya dalam skala kecil pada daerah-daerah yang masih sulit dijangkau oleh jaringan listrik. Usaha untuk menurunkan harga panel sel surya dapat dilakukan dengan menaikkan efisiensi (konversi) dari sel tersebut. Jika saja cell surya dapat diproduksi di Indonesia sehingga harganya bisa murah, maka pemanfaatan energi surya untuk pembangkit listrik di Bali sangat memungkinkan. Tapi sel surya (*photovoltaic cell*) masih sangat mahal dan efisiensi terbaik yang ada saat ini baru hanya 17% belum termasuk efisiensi komponen pendukung lainnya.

Intensitas dan lama penyinaran listrik di Bali, sebagai contoh diambil suatu contoh data BMG di stasiun 511014 (Tampaksiring-Gianyar) seperti Tabel II.

Tabel II Intensitas dan lama penyinaran di Tampaksiring-Gianyar (BMG Stasiun 511014)

BULAN	INTENSITAS (kWh/m ² /hari)	SUNSHINE DURATION (%)
JAN	2.04	30.30
FEB	1.85	47.04
MAR	1.82	30.38
APR	2.04	37.42
MEI	2.08	47.28
JUN	1.95	36.72
JUL	1.94	48.62
AGU	2.20	47.00
SEP	2.34	48.48
OKT	2.73	44.58
NOP	1.78	35.90
DES	1.74	34.80
Rata-Rata	2.04	40.71
Minimum	1.74	30.30
Maksimum	2.73	48.62

Radiasi matahari rata-rata harian adalah $I_s = 2,04 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$

Lama penyinaran matahari rata-rata per hari, $T_s = 40,71\% \times 24 \text{ jam} = 9,77 \text{ jam/hari}$

Efisiensi Modul Surya, $\eta = 11,9\%$ (sesuai spesifikasi yang telah terpasang di Bali)

Maka daya yang dibangkitkan PLTS adalah:

$$P_m = (2,04 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}) / (9,77 \text{ jam/hari}) \times (11,9\%) \\ = 25 \text{ Watt/m}^2_{\text{panel surya}}$$

Maka untuk menghasilkan 1 MW tenaga listrik akan dibutuhkan panel surya seluas:

$$= (1.000.000 \text{ Watt}) / (25 \text{ Watt/m}^2) \\ = 40.000 \text{ m}^2_{\text{panel surya}}$$

Jadi dibutuhkan panel surya yang sangat luas untuk membangkitkan tenaga listrik, hal ini disebabkan karena efisiensi panel surya masih sangat rendah dan saat ini masih terus diteliti dan dikembangkan untuk mendapatkan efisiensi yang lebih tinggi. Disamping itu harga panel surya tersebut masih cukup mahal.

Potensi Energi Panas Bumi

Energi geothermal merupakan sumber panas alami di dalam lapisan bumi yang timbul dari panas yang dilepaskan dari dalam inti bumi sebagai akibat gempa tektonik yang menyebabkan gesekan pada struktur lapisan kerak bumi yang saling bertabrakan satu dengan yang lainnya. Panas

bumi berasal dari pembakaran antara paduan debu dan gas yang berumur empat milyar tahun yang lalu. Dalam inti bumi, pada kedalaman sekitar 6.000 km temperaturnya bisa mencapai 5.000°C. Panas secara konstan mengalir dari bagian dalam bumi ke permukaan hydrothermal, magma, bebatuan panas yang kering, dan geopressed dihasilkan dari konsentrasi energi panas bumi pada daerah tertentu di bawah permukaan bumi.



Gambar 3 Potensi panas bumi Bedugul

Di Bali terdapat potensi panas bumi yaitu di Bedugul-Tabanan seperti terlihat pada gambar 3, dengan luas sekitar 80 km², yang diperkirakan dapat mensuplai energi sekitar 80 MWe selama 30 tahun dengan energi setara dengan 10 MW/km². Hasil penelitian dan kajian pihak kementerian petambangan, energi, dan sumber daya alam RI sejak 1976 yang diulang lagi tahun 1979 menunjukkan, kawasan Bedugul dan sekitarnya mengandung potensi panas bumi yang menghasilkan listrik 400 MW. Dari kawasan hutan lindung Batukaru ini direncanakan dipasok 10 MW tahun 2006, lalu masing – masing 55 MW tahun 2008, 2009, dan 2010. Namun, karena krisis ekonomi di tahun 1997, proyek tersebut ditunda dan terakhir mendapat penolakan dari masyarakat Bali, padahal sebelumnya telah dilakukan pengeboran dan hasil tes yang telah dilakukan bahwa salah satu sumurnya dapat menghasilkan sampai 56 ton/jam uap dan air dengan enthalpy 1744 kJ/kg.

Potensi Energi Samudra

Di Indonesia, daerah yang potensial adalah sebagian Pulau Sumatera, Sulawesi, Nusa Tenggara Barat, Kalimantan Barat, Papua, dan pantai selatan Pulau Jawa, karena pasang surutnya bisa lebih dari lima meter. Bali sesungguhnya potensial untuk pengembangan **energi pasang surut** sebagai energi alternatif, seperti pasang surut yang ada di Serijong Kabupaten Tabanan, seperti pada gambar 4.



Range pasang-surut di pantai bagian selatan Bali adalah berkisar 1,5 ~ 2,5 m, dengan asumsi R rata-ratanya adalah 2,0 m, maka potensi tenaga pasang surut aktual yang akan dihasilkan akan menjadi :

$$\frac{P_{rata-rata}}{A} = 0,6 R^2 \quad (W / m^2) \quad (2)$$

$$\frac{P_{rata-rata}}{A} = 2,4 \text{ (W / m}^2\text{)}$$

Jadi potensi daya yang dihasilkan sangat rendah, karena range pasang-surut yang terjadi rendah tidak seperti yang terjadi di Maine USA dan New Brunswick Kanada, di mana rentangnya dapat mencapai ketinggian 20 m.

Dewasa ini penelitian tentang teknologi konversi *arus laut* menjadi energi listrik sedang berlangsung sangat gencar. Inggris sudah memasang prototipe skala penuh dengan kapasitas 300 MW di Foreland Point, North Devon, pada Mei 2003. Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia seharusnya mulai meneliti secara intensif potensi energi arus laut ini.

Selain panas laut dan pasang surut, masih terdapat satu lagi energi samudera yaitu *energi gelombang*. Sudah banyak pemikiran untuk mempelajari kemungkinan pemanfaatan energi yang tersimpan dalam ombak laut. Salah satu negara yang sudah banyak meneliti hal ini adalah Inggris. Di Indonesia, banyak terdapat ombak yang ketinggiannya di atas 5 meter sehingga potensi energi gelombangnya perlu diteliti lebih jauh. Energi gelombang bisa dikembangkan di Indonesia di laut selatan Pulau Jawa dan Pulau Sumatera.

Energi gelombang laut berhubungan langsung dengan kecepatan angin di atas SWL (*Sea water level*). Kecepatan angin di Bali berkisar 3 – 5 m/s, sedangkan kecepatan angin pada permukaan air laut di Bali sekitar 2,207 m/s. Dengan demikian, maka energi gelombang laut yang dihasilkan per satu satuan luas adalah:

$$E = 2,74 \cdot 10^{-3} \frac{\rho V^4}{g} \quad (3)$$

Dimana,

E = energi gelombang persatuan luas permukaan (J/m²)

A = Pierson Moskowitz spektrum = $8,10 \cdot 10^{-3} \frac{g^2}{(2\pi)^4}$

B = $0,74 \left(\frac{g}{2\pi V} \right)^4$

V = Kecepatan angin di atas SWL (m/dt)

g = gravitasi bumi 9,81 (m/dt²)

ρ = massa jenis air laut (1030 kg/m³)

Maka:

$$\begin{aligned} E &= 2,74 \cdot 10^{-3} \frac{1030 \times 2,207^4}{9,81} \\ &= 16,88 \text{ J/m}^2 \end{aligned}$$

Kelemahan energi samudra diantaranya adalah membutuhkan alat konversi yang handal yang mampu bertahan dengan kondisi lingkungan laut yang keras yang disebabkan antara lain oleh tingginya tingkat korosi dan kuatnya arus laut. Disamping itu karena tingginya biaya instalasi dan pemeliharaannya dan struktur lainnya yang berhubungan dengan sistem konversi energi.

Potensi Energi Biomassa (Sampah)

Biomasa sangat beragam jenisnya, yang pada dasarnya merupakan hasil/produksi makhluk hidup. Biomassa dapat berasal dari tanaman perkebunan atau pertanian, hutan, peternakan atau bahkan sampah. Untuk kepentingan khusus, pemanfaatan biomassa menjadi solusi yang sangat menjanjikan untuk permasalahan sampah di kota-kota besar. Pemanfaatan sampah sebagai biomassa menjadi tenaga listrik melalui proses pembakaran langsung (*direct combustion*) atau melalui proses pembuatan gas metana (*gasifikasi*) dapat menjadi solusi, walaupun proyek ini lebih mahal dibandingkan proyek pembangkit listrik lain untuk kapasitas yang setara.

Ada pula harapan memanfaatkan sampah, mengingat di Bali volume sampah per hari cukup banyak. Pembangkit listrik dengan menggunakan sampah sebagai sumber energi tampak akan segera

terwujud,. Atas dasar pertimbangan pengelolaan sampah, maka untuk wilayah Sarbagita (Denpasar, Badung, Gianyar, dan Tabanan) membentuk sistem pengolahan sampah secara regional terpusat dengan Instalasi Pengolahan Sampah Terpadu (IPST) dengan menggunakan teknologi GALFAD (Gassification, Landfill gas, Anaerobic Diggestion). Hasil dari proses tersebut adalah berupa biogas yang dimasukkan ke dalam *gas treatment* untuk digunakan sebagai bahan bakar penggerak turbin gas. Jumlah listrik yang dihasilkan adalah 10 MW setiap 400 ton sampah. Disamping itu akan dihasilkan 10%-15% kompos dari sampah. Untuk Sarbagita sampah yang dihasilkan sekitar 3.000 m³ atau setara 1.000 ton per hari akan menghasilkan energi listrik sekitar 25 – 30 MW. Dengan teknologi ini disamping menghasilkan listrik juga memberi manfaat lain yaitu masalah sampah tertangani dengan baik dan menghasilkan kompos.

4. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang bisa diambil dari kajian ini adalah:

1. Kebutuhan energi listrik di Bali akan terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan laju pertumbuhan ekonomi. Perkiraan penjualan listrik dari tahun 2007 – 2016 mengalami pertumbuhan rata-rata 7,88%, produksi 3,74%, daya tersambung 5,16% dan beban puncak 7,20%. Cadangan energi listrik Bali pada saat ini berada pada kondisi kritis, sehingga diperlukan penambahan daya listrik.
2. Sumber energi terbarukan menjadi salah satu alternatif untuk dikembangkan terutama di daerah pedesaan. Potensi energi terbarukan yang paling potensial untuk dikembangkan di Bali adalah energi air sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) skala kecil/mikro disamping teknologinya tersedia juga efesiensinya cukup baik.
3. Potensi energi matahari masih mengalami kendala pada efisiensi panel suryanya sehingga daya bangkitannya masih sangat kecil yaitu berkisar 25 Watt/m²_panel_surya. Sedangkan potensi energi angin di Bali kurang menjanjikan karena kecepatan anginnya sangat rendah, kecuali di daerah Nusa-Penida dan Seraya yang mempunyai kecepatan angin 4,8 m/detik dengan potensi daya bangkitan sebesar 36,5 Watt/ m²_sapan_kincir.
4. Potensi energi biomasa (sampah), untuk Sarbagita (Denpasar, Badung, Gianyar, dan Tabanan) dengan sampah sekitar 3.000 m³ atau setara 1.000 ton per hari akan menghasilkan energi listrik sekitar 25 – 30 MW yaitu dengan menggunakan teknologi GALFAD. Walaupun secara ekonomis kurang menguntungkan dibandingkan energi konvensional, namun teknologi ini menghasilkan manfaat sampingan yaitu menanganin masalah lingkungan dan menghasilkan kompos.
5. Walaupun potensi energi samudra cukup besar, namun teknologinya masih rumit, mahal, dan belum dikenal luas serta relatif masih taraf pengembangan research.
6. Sehingga untuk memenuhi kebutuhan akan energi, Bali masih akan tetap sangat tergantung pada sumber energi konvensional seperti batubara yang harus didatangkan dari luar Bali.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2004, *Bali Dalam Angka 2004/2005*, Badan Pusat Statistik, Denpasar.
- Anonim, 2004, *Small Hydro Project Analysis*, Natural Resources Canada.
- Anonim, 2005, *Blueprint Pengelolaan Energi Nasional*, Republik Indonesia, Jakarta
- Anonim, 2005, *Profil Energi Bali 2005*, Dinas Pekerjaan Umum Sub Dinas Pertambangan, Denpasar.
- Anonim, 2007, *Profil Daerah Bali*, Pemerintah Daerah Provinsi Bali
- Anonim, 2007, *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik (RUPTL) Bali Tahun 2007-2016*, PT PLN (Persero) Distribusi Bali.
- Ketjoy P.L.N. and Rakwichian W., 2004, *Pico Hydro Power Generation Demonstration : Case Study of Stand Alone, Hybrid and Grid Connected System*.