



**KUMPULAN
KARYA ILMIAH DOSEN
Universitas Kristen Indonesia**

**Delapan Windu
UKI**

**UKI PRESS
2017**

KUMPULAN KARYA ILMIAH DOSEN UNIVERSITAS KRISTEN
INDONESIA DELAPAN WINDU

ISBN: 978-979-8148-52-1

Editor:

HulmanPanjaitan, SH. MH
Dr. Ied Veda R. Sitepu, SS. MA
Dr. AartjeTehupeiory, SH. MH
Dr. ErniMurniati, MP.d
Thomas Abbon, SH. MH
Elly A.M. Pandiangan, SH. MH
PoltakSiringoringo, SH. MH
I. DewaAyuWidyani, SH. MH

Penyunting:

Jalius Salebbay, S.Pd.

Desain Sampul dan Tata letak

Jalius Salebbay, S.Pd.

Penerbit : UKI Press

Redaksi: Jl. Mayjen Sutoyo No.2 Cawang Jakarta 13630

Telp.(021)8092425

Cetakan I Jakarta: UKI Press, 2017

Pasal 113 ayat (4) UU No. 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta:
Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/ atau tanpa izin pencipta atau pemegang hak cipta
melakukan pelanggaran hak ekonomi dalam bentuk pembajakan. Dipidana dengan pidana
penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp.
4.000.000.000,- (empat miliar rupiah).

KUMPULAN KARYA ILMIAH DOSEN UNIVERSITAS KRISTEN
INDONESIA DELAPAN WINDU

ISBN: 978-979-8148-52-1

Editor:

HulmanPanjaitan, SH. MH
Dr. Ied Veda R. Sitepu, SS. MA
Dr. AartjeTehupeiory, SH. MH
Dr. ErniMurniati, MP.d
Thomas Abbon, SH. MH
Elly A.M. Pandiangan, SH. MH
PoltakSiringoringo, SH. MH
I. DewaAyuWidyani, SH. MH

Penyunting:

Jalius Salebbay, S.Pd.

Desain Sampul dan Tata letak
Jalius Salebbay, S.Pd.

Penerbit : UKI Press

Redaksi: Jl. Mayjen Sutoyo No.2 Cawang Jakarta 13630

Telp.(021)8092425

Cetakan I Jakarta: UKI Press, 2017

Pasal 113 ayat (4) UU No. 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta:
Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/ atau tanpa izin pencipta atau pemegang hak cipta
melakukan pelanggaran hak ekonomi dalam bentuk pembajakan. Dipidana dengan pidana
penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp.
4.000.000.000,- (empat miliar rupiah).

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| Pengantar Editor | i |
| Kata Sambutan Rektor Universitas Kristen Indonesia | ii |
| DAFTAR ISI..... | iv |
| 1. Equality Before The Law : Antara Konsep dan Realitas Dalam Penegakan Hukum di Indonesia oleh : Maruarar Siahaan, | 1 |
| 2. Good Governance dan Clean Government dalam Implementasinya di Propinsi Kalimantan Tengah oleh A. Teras Narang | 35 |
| 3. Keadilan Tidak Hanya di Pengadilan oleh Gindo L. Tobing | 52 |
| 4. TanggungJawab Pribadi Direksi Perseroan Terbatas dalam Beberapa Putusan Pengadilan oleh Binoto Nadapdap, ... | 77 |
| 5. Kebijakan dalam Penyusunan Peta Jalan bagi Riset dan Pengembangan Energi Terbarukan di Indonesia, Sebuah Usulan oleh Admonobudi Subagio dan Bambang Widodo | 105 |
| 6. Perempuan Aceh, Sebelum dan Setelah Bencana Alam Tsunami oleh Uras Siahaan | 118 |
| 7. Proses Sosial dalam Produksi Ruang Publik "RPTRA" Kalijodo di Jakarta oleh Sahala Simatupang,..... | 158 |
| 8. Komplemen dan Kompetensi Antar Wilayah Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Kawasan Jabodetabek oleh Poerwaningsih S. Legowo,..... | 179 |
| 9. Pendidikan Lintas Profesional dan Kolaborasi Lintas Profesi di Pelayanan Kesehatan : Tantangan dan Peluang bagi FK-AKFIS-AKPER-RS UKI oleh Abraham Simatupang, Maksimus Bisa, Adventus Lumbanbatu, | 198 |

**KEBIJAKAN DALAM PENYUSUNAN PETA JALAN BAGI RISET DAN
PENGEMBANGAN ENERGI TERBARUKAN DI INDONESIA
SEBUAH USULAN**

Atmonobudi Soebagio dan Bambang Widodo

ABSTRAK

Dengan jumlah penduduknya yang lebih dari 250 juta jiwa dan kondisi cadangan energi fosil yang semakin menipis, penyusunan roadmap (peta jalan) dalam menyiapkan energi pengganti energi fosil menjadi sangat penting untuk segera disusun. Makalah ini membahas sejumlah pertimbangan yang cukup penting sebagai acuan kebijakan dalam menyusun peta jalan tersebut. Pertimbangan tersebut tidak hanya menyangkut energi alternatif terbarukan yang prospektif dan terdapat di Indonesia, juga mencakup pertimbangan atas pengalaman negara-negara lain yang sudah melakukannya lebih dahulu sebelum digunakan di Indonesia.

Kata Kunci: peta jalan, EBT, fosil, energi matahari, POME, baterai, PLTB, PLTS, tidal power.

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah sebuah negara kepulauan yang terdiri dari 13.667 dan terletak di antara Semenanjung Malaysia dan Australia. Selaku negara kepulauan yang juga terletak di ekuator, Indonesia mengalami empat musim sehingga memiliki sejumlah kelebihan dalam berbagai potensi energi baru dan terbarukan bila dibandingkan dengan negara-negara daratan maupun subtropics. Sebaliknya, kondisi ekonomi sosial rakyatnya yang berjumlah lebih dari 250 juta jiwa sangat bervariasi kemampuannya selaku pelanggan energi, d.h.i. selaku pelanggan listrik. Mereka tersebar di sejumlah pulau-pulau besar dan kecil dengan tingkat kepadatan penduduk yang berbeda pula, sehingga memerlukan analisa yang fraksial di dalam menentukan tarif dalam pemanfaatan energi, misalnya energi listrik. Jaringan listrik berukuran besar juga dapat digunakan agar dapat menjangkau kota-kota di pulau tersebut.

Pulau-pulau besar dengan kepadatan penduduknya yang tinggi dimungkinkan untuk memperoleh suplai listrik dengan tarif

yang lebih tinggi serta dipasok oleh pembangkit-pembangkit listrik yang besar kapasitasnya. Akan tetapi, penduduk kepulauan dengan tingkat kepadatan penduduknya yang rendah, perlu dipertimbangkan agar memperoleh pasokan listrik dari jenis pembangkit yang lebih kecil kapasitasnya namun juga lebih murah bahan bakarnya.

II. MATAHARI SUMBER ENERGI PENTING BAGI BUMI

Sumber energi kita adalah alam itu sendiri. Energi yang terkandung dalam sumber daya alam, sebelum menjalani konversi atau transformasi buatan manusia, didefinisikan sebagai *energi primer*. Sumber primer terbagi dalam dua kategori: mengalir dan disimpan. Contoh aliran energi meliputi sinar matahari, angin, dan gelombang (misalnya air atau suara). Energi tersimpan meliputi bahan bakar fosil, biomassa, inti atom fisil, dan panas yang tersimpan di kerak atas bumi. Ketersediaan setiap sumber energi primer yang ditawarkan alam biasanya besar; Namun, ada sejumlah hambatan teknologi, ekonomi dan lingkungan untuk mengubahnya menjadi energi yang bermanfaat. Sumber energi primer dapat diubah menjadi energi bermanfaat yang, dalam kehidupan kita sehari-hari, terbagi dalam tiga kategori utama: listrik, panas, dan bahan bakar. Yang terakhir adalah yang paling serbaguna karena bisa disimpan dalam jangka waktu yang tidak terbatas, mudah dibawa dan digunakan bila dibutuhkan [10]. Akan tetapi, semua sumber daya alam tersebut merupakan energi primer yang akan habis karena tidak dapat diperbarui. Tabel 1 memperlihatkan konversi dari berbagai jenis energi.

Tabel 1. Konversi dari berbagai jenis energi.

| Ke: Dari: | Termal | Kimia | Listrik | Cahaya | Kinetik | Nu klir | Gravi tasi |
|--------------|------------|-------------------|------------------|-------------|---------------------------|------------|---------------|
| Termal | | Reaksi Endotermik | Proses termionik | Lampu pijar | Mesin pembakaran internal | | |
| Kimia | Pembakaran | | Baterai | Fireflies | Otot | | |
| Listrik | Tahanan | Elektro | | Pencah | Mesin | | Pum |

| | | | | | | | |
|---|----------------------|-------------------|--------------------|---------------------|-------------------|--|-------------------------|
| k | n listrik | lisa | | ayaan listrik | listrik | | ped reser voir stora ge |
| Cahaya | Kolektor matahari | Fotosintesa alami | Panel surya | | Layar surya | | |
| Kinetik | Gesekan | Reaksi radiolitik | Alternator listrik | Accelerated charged | | | Rising objects |
| Nuklir | Fisi dan fusi nuklir | Ionisasi | Baterai nuklir | Senjata nuklir | Radioactive decay | | |
| Gravitasi | | | | | Turbin air | | |
| <p>Sumber: V. Smil (2008), <i>Energy in Nature and Society: General Energetics of Complex Systems</i>, MIT Press, Cambridge, MA.</p> | | | | | | | |

Matahari adalah sumber energi terbesar bagi bumi. Energi yang dipancarkan matahari adalah sekitar 7% berwujud sinar ultra violet, 47% berwujud sinar yang dapat dilihat dan 46% berupa sinar infra merah. Kandungan energi mengarah ke bumi yang berasal dari matahari berkisar 1.4 kW/m². Setiap tahun sekitar 1.500 juta Terrawatthour (TWh) energi dari matahari terpancar bumi. Akan tetapi, tidak semua energi ini mencapai permukaan bumi. Banyak dari radiasi ultra violet dengan gelombang (λ) lebih pendek diserap di atmosfer. Uap air dan karbon dioksida (CO₂) menyerap energi yang λ -nya lebih panjang, sedangkan partikel debu menyebarkan radiasi, membuang sebagian darinya ke angkasa luar. Bila seluruh faktor tadi diperhitungkan, sekitar 47% dari energi, yaitu 700 juta TWh, sesungguhnya sampai ke permukaan bumi. Ini berarti 14.000 kali besar dari energi, 50.000 TWh, yang digunakan seluruh manusia di bumi setiap tahunnya [1].

Tabel 2. Klasifikasi sumber energi bagi bumi.

| Klasifikasi Energi | | Skala Waktu | Jenis Energi |
|--------------------|---------------------------------|--|---|
| 1. | Turunan matahari | Skala waktu sangat <i>singkat</i> (dari jam ke hari) | Angin. Energi air. Radiasi matahari langsung. |
| | | Skala waktu <i>menengah</i> (dari bulan ke tahun) | Biomasa (fotosintesa). Gradient suhu laut. |
| | | Skala waktu <i>panjang</i> (dari abad ke jutaan tahun) | Gambut, batubara muda dan batubara. Minyak bumi dan asphalt. Gas alam. |
| 2. | Efek gravitasi | | Energi air. Energi pasang surut laut. |
| 3. | Energi nuklir | | Fisi oleh <i>fissile isotopes</i> . Fusi dari inti atom kecil. Melemahnya radioaktif dari isotopes yang radioaktif. |
| 4. | Turunan dari salah satu di atas | Wujud-wujud energi yang serupa dengan sumber alami | Cairan petroleum sintetis. Gas alam sintetis, gas daya. |
| | | Energi sebagai panas yang dikumpulkan dari konversi sumber energi primer | Turbin, motor bakar, pembangkit listrik. Energi yang dimanfaatkan secara langsung sebagai panas. |
| | | Perlistrikan | |
| | | Radiasi | Gelombang mikro. |

Sumber: Dikumpulkan dari berbagai sumber.

Tabel 2 memperlihatkan klasifikasi sumber-sumber energi di bumi. Tampak dalam tabel bahwa batubara dan bahan bakar fosil lainnya, yang proses pembentukannya memerlukan waktu 500 juta tahun, diperkirakan yang terdapat di Indonesia akan habis dalam 70 tahun ke depan.

III. KEBUTUHAN MANUSIA AKAN ENERGI

Penduduk bumi memerlukan sejumlah besar energi. Jumlahnya berkisar 5.7×10^{20} Joule (J) per tahun, atau secara rerata menjadi sebesar 8.1×10^{10} J per tahun per jiwa (2015). Tinjauan energi ekonomi ini didasarkan pada bahan bakar fosil. Lebih dari 85% energi bumi berasal dari bahan bakar fosil, yang lebih disukai karena relatif murah dan tersedia sampai sekarang, serta memiliki kerapatan energi yang tinggi. Oleh sebab itu, sejumlah infrastruktur telah dibangun dengan mempertimbangkan lokasi, produksi, dan penggunaan bahan bakar fosil. Bila rerata kebutuhan energi per jiwa tersebut digunakan dalam menyediakan energi bagi rakyat Indonesia saat ini, maka diperlukan energi sebesar 2.02×10^{19} J per tahun. Jumlah ini terus meningkat sesuai dengan pertambahan jumlah penduduk dan meningkatnya kesejahteraan rakyat.

Penggunaan energi akan terus meningkat. Hal ini sebagai akibat dari dua faktor, meningkatnya populasi dan meningkatnya penggunaan energi per kapita. Di sebagian besar negara-negara industri, kenaikan penggunaan energi cukup konstan. Sedangkan di negara-negara berkembang, pertumbuhan penduduk dan peningkatan penggunaan energi merupakan faktor-faktor yang penting. Pada kenyataannya, komponen terbesar dari penggunaan energi terjadi di negara-negara yang berkembang pesat (d.h.i. India dan RRC) dengan penduduknya yang banyak. Indonesia, selaku negara dengan jumlah penduduk lebih dari 250 juta jiwa dapat digolongkan ke dalam kelompok ini, dan mengalami kenaikan penggunaan energi secara eksponensial.

Energi di alam semesta ini dapat dikelompokkan ke dalam beberapa katagori dan karakteristiknya:

- Energi kinetik: gerakan mobil, angin,
- Energi potensial gravitasi: air terjun, arus sungai, pasang surut permukaan laut akibat pengaruh gravitasi bulan terhadap bumi.
- Energi termal: energi matahari, energi panas bumi, dll.
- Energi kimia: biomassa, biodiesel, biogas, hydrogen fuel cells, limbah perkebunan, sampah, dll.
- Energi nuklir: reaksi fisi, reaksi fusi.
- Energi listrik.
- Energi elektromagnetik.

Pendekatan yang paling beralasan untuk memproduksi energi secara jangka panjang belum merupakan kenyataan. Jika solusi yang nyata harus ada, maka kita perlu membuat peta jalan yang terdefinisi dengan baik demi tercapainya sasaran energi kita. Banyak pilihan yang harus menjadi pertimbangan, sebagaimana dalam makalah ini, *trade-off* harus dipertimbangkan dalam pengembangan dari setiap teknologi baru. Setiap pilihan energi berkelanjutan yang menarik, seharusnya tidak hanya membuat kesan positif bagi kebutuhan energi sekarang dan yang akan datang, tetapi juga harus memiliki pengaruh positif bagi kualitas kehidupan untuk generasi yang akan datang. Umumnya, sejumlah faktor yang akan mempengaruhi pilihan kita pada penggunaan teknologi energi baru, adalah:

- Ketersediaan sumber-sumber yang dibutuhkan.
- Ketersediaan teknologi yang diperlukan.
- Pertimbangan faktor ekonomi.
- Pertimbangan faktor sosial.
- Pertimbangan risiko bencana akibat kesalahan manusia maupun bencana alam.
- Dampaknya terhadap lingkungan.
- Pertimbangan faktor politik.
- Kemampuan mengintegrasikan teknologi baru dengan teknologi yang sudah ada saat ini.

Potensi energi terbarukan Indonesia dapat dilihat pada table 3. Tampak bahwa potensi tersebut belum direalisasikan secara maksimal.

Tabel 3. Potensi energi terbarukan Indonesia dan realisasinya.

| No. | Jenis Energi Terbarukan | Potensi Cadangan Energi [GW] | Terpasang [GW] | Persentase terhadap Potensi [%] |
|-----|-------------------------|------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| 1. | Energi Air | 75 | 5,286 | 7,07 |
| 2. | Energi Surya | 207,8 (GWp) | 0,085 (GWp) | 0,04 |
| 3. | Panas Bumi | 17,2 | 1,64 | 5,6 |
| 4. | Energi Angin | 60,6 | $1,1 \times 10^{-3}$ | 0,002 |
| 5. | Energi Biomassa | 32,6 | 1,78 | 5,5 |
| 6. | Energi Laut | 17,9 | 0 | 0 |
| | Total | 411,1 | 8,8 | 2 |

Sumber: Dit.Jen. EBT dan Konservasi Energi – Kem. ESDM.

Indonesia relatif terlambat, dibandingkan dengan negara-negara lain, di dalam penggunaan energi baru dan terbarukan untuk menghasilkan energi listrik. Meskipun berpengalaman mengoperasikan reaktor nuklir (kapasitas <50 MW) lebih dari 50 tahun sebagai penghasil radioisotop, pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) dengan kapasitas daya ≥ 1.000 MW tergolong baru bagi Indonesia. PLTN sebagai pembangkit listrik umumnya berkapasitas daya sangat besar karena pertimbangan efisiensinya. Namun, mengingat sangat banyak ditemui kecelakaan serta risiko kebocoran radioaktif yang besar di beberapa negara, pengalaman positif maupun negatif dalam penggunaan energi nuklir untuk menghasilkan energi listrik sebaiknya tidak dilakukan [8].

Makalah ini membahas tentang sejumlah kebijakan yang perlu menjadi perhatian dalam menyusun peta jalan dari penelitian dan pengembangan energi baru dan terbarukan. Di samping itu, masalah risiko yang dialami oleh sejumlah negara dalam penggunaan energi baru perlu menjadi perhatian dalam kebijakannya.

IV. KEBIJAKAN DALAM PENYUSUNAN PETA JALAN

Dalam menyusun peta jalan bagi penelitian dan pengembangan energi baru dan terbarukan, kita tidak perlu mengulangi kegagalan yang pernah dialami oleh negara-negara lain yang pernah mengalaminya. Pemilihan sumber-sumber energi terbarukan hendaknya didasarkan kepada potensi energi yang terdapat di Indonesia dalam jumlah yang tak terbatas. Potensi energi baru dan terbarukan dapat kita peroleh dari:

- Laut yang luasnya 65% dari luas wilayah Indonesia, kaya dengan potensi gelombang, arus, serta perbedaan suhu antara dasar dan permukaannya.
- Pantai sepanjang 81.000 km dengan potensi energi gelombangnya 20 kW/meter panjang pantai, maupun untuk pengembangan budidaya *microalgae* sebagai bahan baku pembuatan biodiesel [6,7].
- Puluhan gunung berapi yang masih aktif, memberikan peluang berupa energi panas bumi.
- Potensi sungai-sungai besar sebagai PLTA, maupun jeram-jeram sebagai PLTMH.
- Kawasan perbukitan di pesisir pantai dengan potensinya anginnya yang cukup baik bagi pembangkit listrik tenaga angin (PLTBayu) [3].
- Perkebunan kelapa sawit seluas 10.465.020 hektar yang meninggalkan limbah cair dari pengolahannya (POME), yang seharusnya masih dapat diolah menjadi biogas [5].
- Lokasinya di ekuator menyebabkan Indonesia kaya akan sinar/energi matahari, baik energinya yang secara langsung (termal dan foton), maupun turunan energinya.
- Sampah organik di kota-kota yang belum dimanfaatkan potensinya sebagai sumber energi biogas maupun sebagai pupuk organik.
- Pulau-pulau kecil berpenduduk atau desa-desa yang terisolir secara geografis, sebaiknya menggunakan pembangkit listrik tenaga angin atau *photovoltaic (PV) cells*[4].

Di samping kebijakan tersebut di atas, kebijakan dalam menekan laju peningkatan emisi CO₂ juga harus dilakukan secara

berkelanjutan, terutama bagi industri, pembangkit listrik berbahan bakar fosil, serta kendaraan bermotor. Tabel 4 memperlihatkan besarnya emisi CO₂ dari berbagai teknologi pembangkitan listrik.

Tabel 4. Emisi CO₂ berlangsung lama dari berbagai teknologi pembangkit listrik.

| Jenis Pembangkit Listrik | *Emisi CO ₂ [ton/GWh] | **Kapasitas Daya [MW] | **Emisi CO ₂ per tahun [ton CO ₂] |
|---------------------------|----------------------------------|-----------------------|--|
| Batubara | 964 | 15.103,50 | 1,28x10 ¹¹ |
| Minyak bumi | 726 | 5.889,88 | 3,75x10 ¹⁰ |
| Gas | 484 | 4276.01 | 1,52x10 ¹⁰ |
| Nuklir | 8 | | |
| Angin | 7 | 0.43 | 26.367,60 |
| Photovoltaic | 5 | 8.96 | 392.448,00 |
| PLTA | 4 | 3.511,49 | 123.042.610,00 |
| Solar thermal | 3 | | |
| Kayu secara berkelanjutan | -160 | | |

Sumber: * *European Union*. ** Hasil perhitungan berdasarkan data pembangkit di Indonesia, Statistik Ketenagalistrikan 2015, D.J. Ketenagalistrikan Kem. ESDM.

PLTU berbahan bakar batubara merupakan teknologi yang paling besar kapasitas produksi listriknya di Indonesia, ternyata paling besar emisi karbonnya. Dari Tabel 4 diperlihatkan bahwa emisi gas CO₂ didominasi oleh batubara, minyak bumi, gas, dan energi air. Emisi karbon dari PLTA per MWh sebenarnya tergolong kecil, namun menjadi besar karena daya totalnya 3.511,49 MW. Kalau kita jumlahkan keempat pembangkit terbesar tersebut, maka polusi CO₂ di atmosfer Indonesia mencapai 80,8x10² Gigaton/tahun. Angka yang sangat besar tersebut belum termasuk emisi CO₂ yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor di Indonesia. Luas hutan yang seharusnya menyerap CO₂ di atmosfer wilayah kita tidak dapat menyerap seluruhnya karena penggundulan hutan terjadi dimana-mana.

Sejauh ini tidak ada PLTU di Indonesia yang memasang perangkat *Carbon Capture and Storage (CCS)* dalam unit pembangkitannya. Unit-unit pembangkit yang ada hanya dilengkapi dengan *fly ashes filters* untuk menyaring agar asap jelaga tidak terbang ke udara. Untuk itu perlu kebijakan agar seluruh PLTU di Indonesia, khususnya yang menggunakan batubara, wajib dilengkapi dengan CCS. Kewajiban ini seharusnya dilakukan karena Indonesia ikut dalam penandatanganan kesepakatan *Kyoto Protokol* untuk menurunkan konsentrasi gas-gas rumah kaca (termasuk CO₂) di atmosfer,

V. PEMBANGKITAN LISTRIK DARI ENERGI TERBARUKAN

Energi matahari yang langsung dimanfaatkan menjadi energi listrik memiliki kelemahan karena tidak dapat berlangsung secara konstan. Kondisi yang cuaca yang tertutup awan, walaupun sesaat, akan mengurangi kapasitas sel surya dalam menyerap energi foton yang berasal dari matahari. Kondisi tersebut membuat sistem panel surya hanya efektif menyerap energi matahari sekitar 4-6 jam setiap harinya. Hal yang sama juga terjadi pada energi listrik yang diperoleh melalui konversi energi angin. Kecepatan angin sering berubah, sehingga listrik yang diproduksinya pun tidak konstan. Kekurangan tersebut dapat diatasi dengan melengkapi sistem PLTS maupun PLTB dengan baterai yang berfungsi sebagai penyimpan energi.

Sifatnya yang fluktuatif dan terputus-putus dalam menyerap energi matahari menyebabkan sistem tersebut tidak dapat diandalkan sebagai pemasok daya bagi beban dasar. Biasanya, tidak lebih dari 20% energi yang terputus kontinuitasnya itu dapat dihubungkan ke jaringan tanpa mengganggu pengoperasian jaringan. Sifatnya yang fluktuatif itu yang membuat beberapa jenis energi terbarukan tidak dapat dimanfaatkan kecuali terhubung di jaringan yang parallel dengan pembangkit-pembangkit listrik konvensional. Juga harus ditunjukkan bahwa di samping *back-up* suplai, ada cara yang sama efektifnya untuk mencocokkan suplai dan permintaan, yaitu bahwa *maneuver* permintaan merupakan fungsi dari suplai yang fluktuatif. Sementara opsi ini tampak sulit untuk skala kecil dan pada basis manajemen jaringan tradisional, namun opsi tersebut akan

menjadi fitur utama dari sistem jaringan listrik cerdas (*smart grids*) [9], bila diterapkan di Indonesia kelak.

Energi terbarukan yang berupa gelombang dan arus laut memiliki kelebihan dalam kontinuitas proses konversinya, karena persentase *intermittent* dan fluktuasi outputnya lebih kecil, bila dibandingkan dengan energi angin dan energi matahari (foton). Bagi Indonesia dengan lautnya yang sangat luas dan siang malam bergelombang, sebaiknya segera dikembangkan pembangkit listrik gelombang laut sebagai pemasok bagi beban dasar. Selat Larantuka merupakan model yang sangat tepat untuk membangun pembangkit listrik energi arus atau pasang surut. *Tidal technology* dapat diterapkan karena arus di selat ini mengalami 3x ganti arah dalam sehari. Perubahan arah arus tersebut akan membuat *Tidal Power Generator* mampu beroperasi 24 jam secara nonstop bila di bangun di selat tersebut. Kapasitas pembangkitan dapat mencapai 150 MW, yang sekaligus menghantar pulau Flores sebagai *Iconic Island* dengan 100% energi terbarukan, sebagaimana pulau Sumba yang sebelumnya telah dicanangkan oleh *Hivos*.

PLTA pun memiliki peluang yang besar untuk berperan dalam memasok beban dasar. Di samping itu, potensi energi panas bumi perlu dikembangkan karena 40% potensi panas bumi di dunia terdapat di Indonesia.

VI. KESIMPULAN

Penyusunan peta jalan bagi penelitian dan pengembangan energi baru dan terbarukan memerlukan kecermatan dalam pertimbangannya. Keterlambatan Indonesia dalam memenuhi kebutuhan energi nasional yang simultan dengan pemanfaatan energi-energi baru dan terbarukan perlu mempertimbangkan kegagalan maupun risiko bencana yang diakibatkan oleh bencana alam atau kesalahan manusia.

pemanfaatan energi terbarukan hendaknya menitikberatkan pada potensi energi secara lokal maupun nasional, demi mengurangi ketergantungan pada energi impor. Pemilihan teknologi yang akan diterapkan di pulau-pulau kecil berpenduduk perlu

mempertimbangkan kemampuan masyarakat lokal untuk mengoperasikan dan merawatnya.

DAFTAR REFERENSI:

- [1] Paul Breeze, *Power Generation Technologies*, Elsevier-Newnes, 2005, ISBN 0-7506-6313-8
- [2] R.A. Dunlap, *Sustainable Energy*, SI Edition, Cengage Learning India Private Limited, 2015, Delhi, ISBN-13: 978-81-315-2049-9.
- [3] G.J. Aubrecht II, *Energy: Physical, Environmental, and Social Impact*, 3rd edition, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 2006.
- [4] Ritika Oswal, Pramod Jain, Eduard Muljadi, Atmonobudi Soebagio, "Stability Analysis of Island Grid with Wind Energy and Energy Storage to Support Large Scale Deployment of Renewable Energy in Indonesia", *1st International Conference on Large-Scale Grid Integration of Renewable Energy in India*, New Delhi - India, 6-8 September 2017.
- [5] Fandy Marpaung, Qamaruzzaman, Atmonobudi Soebagio, "POME to Biogas - Study of Potency of POME in Nangroe Aceh Darusallam (NAD) Province", presented in *International Conference on High Voltage Engineering and Power Systems (ICHVEPS) 2017*, Sanur - Bali, 2-5 October 2017.
- [6] Atmonobudi Soebagio, "Politik Energi: Penyediaan Energi Nasional secara Berkelanjutan dengan Memanfaatkan Energi Terbarukan", *Seminar FISIPOL UKI: Politik Energi: Menatap Masa Depan Migas Indonesia*, Cawang 19 Oktober 2015.
- [7] Chisty Y, "Biodiesel from Microalgae", *Biotechnology Advances* 25 (2007) pp. 294-306, Elsevier. <http://www.massey.ac.nz/~ychisti/Biodiesel.pdf>.
- [8] Atmonobudi Soebagio, "Tanpa PLTN, Kebutuhan Energi Listrik Dapat Dipenuhi dengan Memanfaatkan Potensi Energi Terbarukan di Indonesia", *Seminar: Mengungkap Ketertutupan Rencana Pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir di Indonesia*, 13 Agustus 2015, Kampus UKI Diponegoro.
- [9] P.F. Schewe, *The Grid: a Journey Through the Heart of Our Electrified World*, Joseph Henry Press, Washington DC, 2007.
- [10] N. Armaroli, V. Balzani, *Energy for a Sustainable World: From the Oil Age to a Sun-Powered Future*, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co., 2011, ISBN978-3-527-32540-5.



UKI Press
Jl. Mayjen Sutoyo
No. 2 Cawang 13630

