

# INDIKATOR PEMBANGUNAN SEKTOR TENAGA LISTRIK YANG BERKELANJUTAN

Agus Sugiyono

## Abstract

Sustainable development has received attention since Earth Summit in 1992. In the summit UN Commission on Sustainable Development was established and every nation has responsibility implementing the Agenda 21. Chapter 40 of Agenda 21 calls for the development of indicators for sustainable development. The indicators in the core set are presented in a Driving Force, States and Responses framework. Each of the core sets should be suit with the specific criteria. To support implementation of Agenda 21, BPPT in cooperation with IAEA has initiative to make sustainable electricity development indicator. The indicator consists of 4 categories, i.e. social, economy, atmosphere, and waste.

## I. PENDAHULUAN

Konsep pembangunan yang berkelanjutan sudah lama diperkenalkan tetapi baru mendapat perhatian masyarakat secara luas setelah Rachel Carson menerbitkan buku pada tahun 1962 tentang hal tersebut. Buku ini merupakan titik balik dari pemahaman masyarakat terhadap peranan ekonomi, sosial dan lingkungan hidup bagi pembangunan masyarakat.

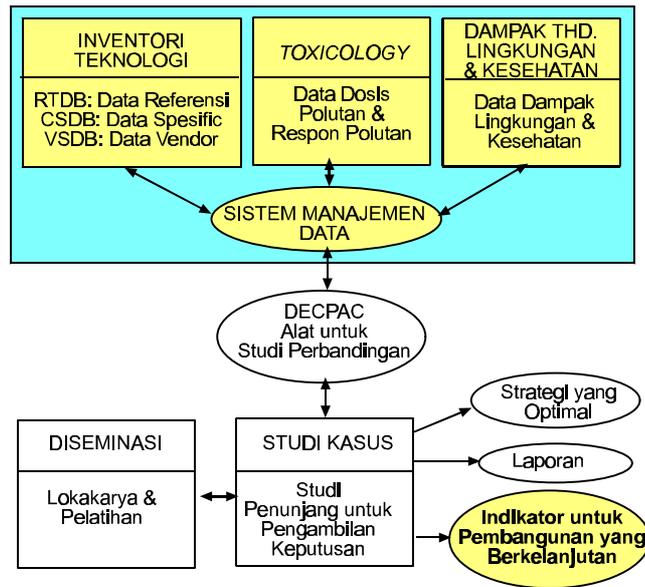
Lebih dari 30 tahun banyak pemikiran dan inovasi yang lebih memperjelas kaitan antara lingkungan hidup dan pembangunan. Banyak institusi, termasuk Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), memberi perhatian terhadap adanya perubahan global dan berusaha mempertahankan kesinambungan pembangunan. Puncak dari perhatian ini adalah diadakannya pertemuan tingkat tinggi antar negara yang disebut *Earth Summit* di Rio de Janeiro, Brasil pada tahun 1995. Pertemuan ini disponsori oleh PBB dan membahas lingkungan hidup dan pembangunan. Salah satu hasil pertemuan ini adalah pembentukan komisi PBB dalam bidang pembangunan yang berkelanjutan. Komisi ini telah menghasilkan beberapa kesepakatan yaitu mengimplementasi konsep pembangunan yang berkelanjutan dan tertuang dalam *Agenda 21*. Pembangunan yang berkelanjutan merupakan proses yang dipengaruhi oleh faktor ekonomi, keuangan, perdagangan, energi, pertanian, industri dan kebijakan lainnya. Pembangunan dapat disebut berkelanjutan bila memenuhi kriteria ekonomis, bermanfaat secara sosial dan menjaga kelestarian lingkungan hidup.

Dalam rangka ikut menyumbangkan pemikiran tentang pembangunan yang

berkelanjutan, International Atomic Energy Agency (IAEA) dan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) mengadakan kerja sama penelitian sejak tahun 1996. Penelitian ini diberi judul : *Case Study on Comparing Sustainable Energy Mixes for Electricity Generation in Indonesia*. Tujuan umum dari penelitian ini adalah untuk membuat strategi yang optimal dalam penyediaan energi listrik nasional jangka panjang. Dalam penelitian ini aspek teknis, aspek ekonomi dan dampak lingkungan dari strategi penyediaan energi listrik juga dipertimbangkan. Salah satu tugas pada penelitian ini adalah membuat indikator pembangunan sektor tenaga listrik yang berkelanjutan.

## II. METODOLOGI

IAEA sejak tahun 1994 mengembangkan perangkat lunak yang diberi nama DECADES (*Databases and methodologies for comparative assessment of different energy sources for electricity generation*). Perangkat lunak DECADES dibuat menggunakan format Paradox dan dapat digunakan untuk membuat strategi penyediaan energi listrik yang optimal. Metodologi yang digunakan menerapkan teknik terbaru dalam pembuatan program sehingga diharapkan dapat lebih baik dalam menganalisis kebijaksanaan, mengkaji dampak lingkungan dan dampak bagi kesehatan dari penggunaan energi listrik serta dapat digunakan untuk memampikan indikator pembangunan sektor tenaga listrik yang berkelanjutan. Kerangka dari metodologi penelitian dapat digambarkan pada Gambar 1.



GAMBAR 1. METODOLOGI PENELITIAN

Pada Gambar 1 terlihat bahwa komponen utama penelitian meliputi : pengumpulan basis data dan menjalankan model untuk optimasi serta pembuatan laporan. Basis data terdiri atas :

- **Basis Data Teknologi** : berisi data teknik dan ekonomi untuk pembangkit listrik serta parameter emisi yang ditimbulkan dan dibagi lagi menjadi basis data dasar teknologi (RTDB - *Reference Technology Data Base*), basis data spesifik untuk tiap negara (CSDB - *Country Specific Data Base*) dan basis data spesifik untuk vendor (VSDB - *Vendor Specific Data Base*).

- **RTDB**

RTDB berisi data teknis, ekonomi dan parameter emisi untuk setiap rantai energi (*energy chain*) yang menggunakan bahan bakar fosil, nuklir, dan sumber energi baru untuk pembangkit listrik.

- **CSDB**

CSDB memuat data teknologi pembangkit listrik untuk setiap negara yang berpartisipasi dalam pengembangan perangkat lunak ini. Format datanya sama dengan RTDB.

- **VSDB**

VSDB merupakan pengembangan struktur data sebelumnya sehingga mampu sebagai basis data peralatan dan fasilitas yang saat ini sudah beroperasi secara komersial. Basis data ini memuat juga data harga, faktor kesehatan dan karakteristik lingkungan hidup.

- **Basis Data Toxicologi** (TOXDB – *Toxicology Data Base*) : berisi informasi tentang efek serta koefisien yang berhubungan dengan emisi yang ditimbulkan dari penggunaan energi. Partikel racun yang mempunyai dampak terhadap kesehatan dan lingkungan juga termasuk dalam basis data ini. Basis data yang dibuat oleh UNEP (*United Nation Environment Program*) dan WHO (*World Health Organization*) digunakan sebagai dasar untuk penyusunan basis data ini.
- **Basis Data Dampak Lingkungan** (HEIES – *Health and Environmental Impact of Energy System*) : berisi informasi tentang kesehatan dan dampak lingkungan dari bermacam-macam pembangkit listrik serta siklus bahan bakar yang digunakannya. Data dikelompokkan berdasarkan resiko yang ditimbulkan dan beberapa data tentang kecelakaan dalam pengoperasian pembangkit listrik dimasukkan dalam basis data ini.

### III. KUMPULAN INDIKATOR

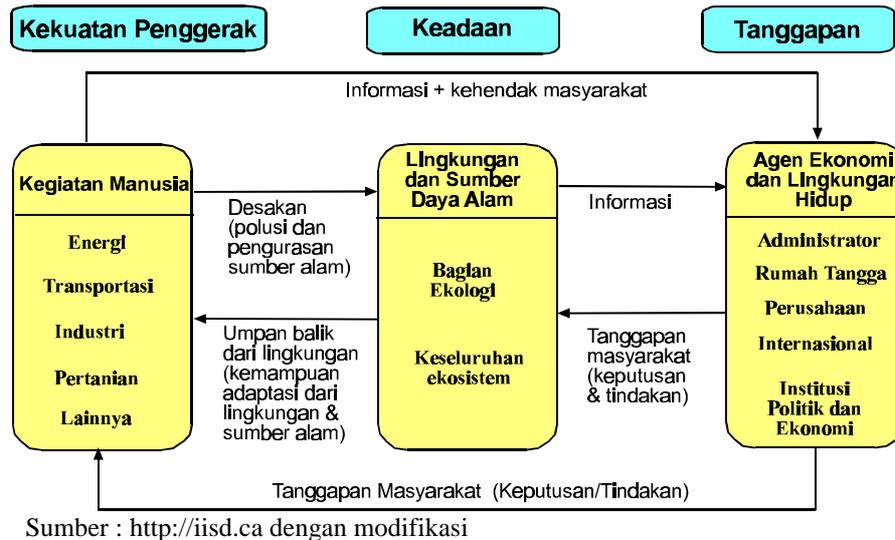
#### 3.1. Kekuatan Penggerak, Keadaan dan Tanggapan

Dalam *Agenda 21*, Bab 40 mengisyaratkan perlu dibuat suatu kumpulan indikator sebagai tolok ukur untuk menilai pembangunan yang berkelanjutan. Kumpulan indikator tersebut digunakan untuk skala nasional sebagai tindak lanjut dari pelaksanaan *Agenda 21*. Kumpulan indikator dapat dibagi menjadi 3 bagian yaitu Kekuatan Penggerak (*Driving Force*), Keadaan (*States*) dan Tanggapan (*Responses*) seperti terlihat

pada Gambar 2. Indikator kekuatan penggerak menunjukkan aktivitas, proses dan pola dalam masyarakat sebagai akibat dari pembangunan. Indikator keadaan menunjukkan kondisi pembangunan saat ini, sedangkan indikator tanggapan menunjukkan pilihan kebijakan dari pemerintah ataupun tanggapan dari masyarakat untuk mengubah kondisi pembangunan yang dirasakan saat ini.

- **Mudah Membuat Validasi**

Indikator harus berdasarkan fakta dalam masyarakat dan dapat diperoleh dengan teknik pengukuran atau metodologi yang sudah pasti. Sehingga indikator mudah untuk divalidasi baik oleh orang yang sudah ahli maupun bagi masyarakat umum.



Sumber : <http://iisd.ca> dengan modifikasi  
**GAMBAR 2. HUBUNGAN ANTARA INDIKATOR KEKUATAN PENGGERAK, KEADAAN DAN TANGGAPAN**

### 3.2. Kriteria untuk Indikator

Pembuatan indikator pembangunan sektor tenaga listrik yang berkelanjutan mempunyai beberapa kriteria supaya dapat diterima secara umum. Buku panduan dan beberapa pengalaman dari negara maju sudah banyak diterbitkan. Meskipun demikian kriteria yang sudah disusun belum dapat dikatakan lengkap karena menyangkut kebijakan dan perilaku masyarakat yang sangat kompleks. Berikut ini akan dibahas beberapa kriteria umum untuk pembuatan indikator tersebut.

- **Selaras dengan Kebijakan Nasional**

Indikator yang dibuat harus merefleksikan kebijakan nasional yang sedang dijalankan. Indikator harus mampu sebagai tolok ukur dari kebijakan yang dibuat dan dapat memberi masukan bagi pengambil keputusan seberapa jauh kebijakan tersebut telah terlaksana.

- **Sederhana**

Indikator sedapat mungkin dibuat secara sederhana sehingga dapat mudah dipahami bagi semua lapisan masyarakat.

- **Mudah Memperoleh Data Historis**

Data merupakan faktor yang utama untuk memberi nilai dari indikator yang dibuat. Data historis untuk mengisi indikator diharapkan mudah didapat dan lengkap sehingga kecenderungan dari indikator akan mudah diperkirakan.

- **Kualitas Data Memadai**

Data diharapkan mempunyai kualitas yang tinggi dan dapat diperoleh dengan biaya yang murah.

- **Kemampuan untuk Penggabungan Informasi**

Indikator dapat mencakup suatu permasalahan yang spesifik ataupun yang lebih luas. Untuk indikator yang mencakup permasalahan spesifik harus dapat digabungkan sehingga merupakan kesatuan yang mempunyai arti lebih luas.

- **Sensitif terhadap Perubahan**

Indikator yang dibuat harus peka terhadap perubahan aktivitas masyarakat meskipun perubahan tersebut hanya kecil.

- **Andal**

Indikator yang dibuat harus mempunyai hasil yang sama jika dilakukan dua atau lebih pengukuran.

#### IV. INDIKATOR PEMBANGUNAN YANG BERKELANJUTAN

##### 4.1. Indikator untuk Indonesia

Setelah *Earth Summit* tahun 1992, Pemerintah Indonesia berkewajiban untuk membuat program dan memonitor pelaksanaan *Agenda 21*. Koordinator pelaksanaan *Agenda 21* untuk Indonesia adalah Menteri Negara Lingkungan Hidup bekerja sama dengan *United Nation Development Program* (UNDP). Pemerintah Indonesia dibantu lebih dari 22 konsultan telah selesai menyusun *Agenda 21* untuk Indonesia. Ada 4 hal pokok dalam *Agenda 21* tersebut yaitu :

- **Pelayanan umum**, yang membahas hal-hal pokok seperti : penanggulangan kemiskinan, pengendalian pertumbuhan penduduk, pengembangan kesehatan masyarakat, pengembangan perumahan dan perbaikan kualitas hidup secara umum.
- **Pengolahan limbah**, yang meliputi : perlindungan terhadap atmosfer, pengolahan limbah beracun dan berbahaya.
- **Manajemen lahan**, yang meliputi rencana pengembangan lahan, meningkatkan manajemen hutan, pengembangan desa dan pertanian, dan manajemen sumber air.
- **Manajemen sumber pertanian**, yang meliputi : konservasi keanekaragaman hayati, bioteknologi, dan manajemen sumber kelautan.

Formulasi *Agenda 21* untuk Indonesia disusun berdasarkan *Agenda 21* yang disusun oleh PBB dan disesuaikan dengan kondisi di Indonesia.

BPPT dalam kerjasama penelitian dengan IAEA seperti sudah disebutkan pada Pendahuluan, mempunyai inisiatif untuk menyusun indikator pembangunan sektor tenaga listrik yang berkelanjutan. Indikator tersebut ditampilkan pada Tabel 1. Indikator dikelompokkan menjadi empat yaitu: sosial, ekonomi, atmosfer, dan limbah. Masing-masing kelompok mempunyai *driving force*, *state* dan *respons*. Indikator ini perlu diuji dengan menggunakan data historis dan keluaran model untuk melihat apakah indikator ini dapat diimplementasikan atau tidak. Dalam makalah ini hanya dibahas indikator yang berkaitan dengan data historis.

Data historis sebagian besar berhubungan dengan pembangkitan tenaga listrik. Data penunjang yang berkaitan dengan ekonomi makro yang dibutuhkan di antaranya adalah yaitu Produk Domestik Bruto (PDB) dan populasi, seperti ditampilkan pada Tabel 2. PDB Indonesia dalam sepuluh tahun terakhir tumbuh sekitar 6,5 % per tahun, sedangkan populasi tumbuh sekitar 1,5 % per tahun.

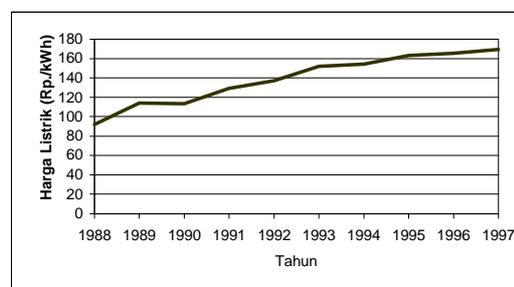
TABEL 2. PDB DAN POPULASI

	PDB	Populasi
	Konstan 95 Trilyun Rp.	Juta
1988	279.4	173.0
1989	301.8	176.2
1990	322.0	179.2
1991	344.5	182.2
1992	365.5	186.0
1993	401.8	189.1
1994	425.9	192.2
1995	454.5	195.2
1996	497.0	198.3
1997	514.6	201.4

Dengan menggunakan statistik PLN, dan data di atas, beberapa indikator sektor tenaga listrik yang berkelanjutan dibahas di bawah ini :

- **Harga Listrik**

Harga listrik merupakan salah satu *driving force* bagi perubahan indikator *state* dan *response*. Kenaikan harga listrik dapat menyebabkan pengurangan konsumsi energi listrik baik untuk sektor rumah tangga maupun sektor industri dan dapat membuat masyarakat lebih efisien dalam menggunakan energi listrik. Indikator untuk harga listrik ditampilkan pada Gambar 3.



GAMBAR 3. INDIKATOR UNTUK HARGA LISTRIK

TABEL 1. INDIKATOR PEMBANGUNAN SEKTOR TENAGA LISTRIK YANG BERKELANJUTAN

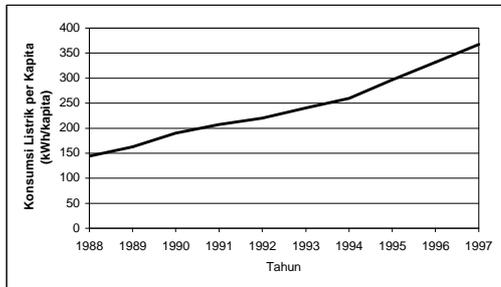
Kategori	Bab dari Agenda 21	Indikator		
		Kekuatan Penggerak	Keadaan	Tanggapan
Sosial	Bab 3: Memberantas Kemiskinan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harga Listrik (Rp./kWh)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Harga Listrik per PDB (Rp./kWh.Rp.)</li> <li>• Pangsa Penduduk yang Mendapat Aliran Listrik (%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rasio Desa yang Terlistriki (%)</li> </ul>
Ekonomi	Bab 2: Kerjasama Internasional	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kandungan Lokal dari Pembangunan Pembangkit Listrik (%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PDB dari Sektor Manufaktur (Rp.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pangsa PDB Sektor Industri terhadap PDB Total (%)</li> </ul>
	Bab 4: Perubahan Pola Konsumsi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konsumsi Listrik Tahunan per Kapita (kWh/kap.)</li> <li>• Konsumsi Listrik Tahunan per PDB (kWh/Rp.)</li> <li>• Pengurusan Sumber Daya Energi (J)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pangsa Bahan Bakar Fosil untuk Pembangkit Listrik (%)</li> <li>• Cadangan per Produksi (R/P) dari Minyak (year)</li> <li>• Cadangan per Produksi (R/P) dari Gas (year)</li> <li>• Cadangan per Produksi (R/P) dari Batubara (year)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pangsa Konsumsi Energi Terbarukan terhadap Total Konsumsi Energi (%)</li> </ul>
Atmosfir	Bab 9: Perlindungan terhadap Atmosfir	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisi CO<sub>2</sub> dari Pembangkit Listrik (t)</li> <li>• Emisi SO<sub>x</sub> dari Pembangkit Listrik (t)</li> <li>• Emisi NO<sub>x</sub> dari Pembangkit Listrik (t)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisi SO<sub>x</sub> per Total Pembangkitan Listrik (t/kWh)</li> <li>• Emisi NO<sub>x</sub> per Total Pembangkitan Listrik (t/kWh)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pembelian Peralatan untuk Mengurangi Polusi (USD)</li> <li>• Konsentrasi SO<sub>x</sub> Ambien (ppm)</li> <li>• Konsentrasi NO<sub>x</sub> Ambien (ppm)</li> </ul>
Limbah	Bab 20: Limbah Padat dan Limbah Cair	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limbah Cair dari Pembangkit Listrik (t)</li> <li>• Limbah Padat dari Pembangkit Listrik (t)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limbah Cair per Total Pembangkitan Listrik (t/kWh)</li> <li>• Limbah Padat per Total Pembangkitan Listrik (t/kWh)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tingkat Limbah yang di Daur Ulang (%)</li> </ul>

Sumber : BPPT (1999)

Catatan : PDB = Produk Domestik Bruto

- **Kebutuhan Listrik per Kapita**

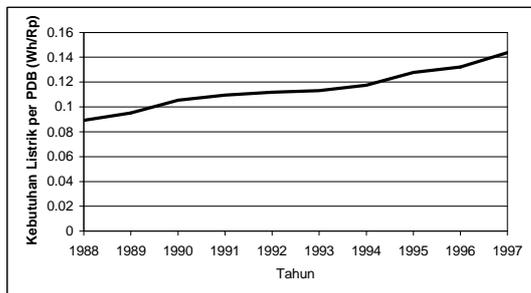
Kebutuhan listrik per kapita untuk Indonesia masih sangat kecil bila dibandingkan dengan kebutuhan listrik per kapita dari negara maju. Kebutuhan listrik per kapita di Indonesia selama tahun 1988 sampai tahun 1997 ditunjukkan pada Gambar 4.



GAMBAR 4. KEBUTUHAN LISTRIK PER KAPITA

- **Kebutuhan Listrik per PDB**

Kebutuhan listrik akan cenderung meningkat seiring dengan pertumbuhan pendapatan nasional. Indikator kebutuhan listrik per PDB seperti pada Gambar 5 menunjukkan indikasi tersebut.



GAMBAR 5. KEBUTUHAN LISTRIK PER PDB

- **Emisi SOx dari Pembangkit Listrik**

Indikator ini dapat diterapkan secara tidak langsung dengan menggunakan koefisien emisi SOx untuk masing-masing jenis pembangkit. Data yang tersedia dari PLN adalah pembangkitan energi listrik untuk setiap jenis pembangkit setiap tahun. Data ini dikalikan dengan koefisien emisi SOx akan didapat jumlah emisi SOx yang dihasilkan dalam 1 tahun. Untuk emisi yang lain dapat diterapkan dengan cara yang serupa.

#### 4.2. Perbaikan dan Pengembangan Indikator

Pada tahap awal pembuatan indikator ini tidak mungkin dapat memuaskan semua

pihak. Indikator yang telah dibuat perlu diuji dengan menggunakan data yang tersedia, dimonitor dan dievaluasi untuk periode waktu tertentu. Bila indikator tersebut masih banyak kekurangan maka harus disempurnakan sehingga dapat lebih mudah diterapkan. Tahapan penyempurnaan sehingga indikator menjadi mudah diterapkan memerlukan kreativitas, usaha dan waktu yang panjang,

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pemerintah Indonesia berkewajiban untuk melaksanakan *Agenda 21*. Dalam *Agenda 21*, Bab 40 mengisyaratkan perlu dibuat suatu kumpulan indikator sebagai tolok ukur untuk menilai pembangunan yang berkelanjutan. Untuk menunjang pelaksanaan *Agenda 21* tersebut, BPPT dalam kerjasama penelitian dengan IAEA mempunyai inisiatif menyusun indikator pembangunan yang berkelanjutan untuk sektor tenaga listrik. Indikator tersebut dikelompokkan menjadi empat bagian yaitu sosial, ekonomi, atmosfer dan limbah. Masing-masing kelompok merupakan pelaksanaan Bab-bab dalam *Agenda 21* dan masing-masing dibagi menjadi indikator *Driving Force*, *States* dan *Responses*. Indikator yang dibuat di sini masih dalam tahap awal yang perlu untuk diuji dengan data-data yang tersedia. Pada waktu mendatang diharapkan indikator tersebut dapat ditampilkan dalam bentuk tabel yang lebih interaktif, baik untuk data historis maupun untuk data perencanaan di sektor tenaga listrik.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Bossel, H. (1999) *Indicators for Sustainable Development: Theory, Method, Applications*, IISD.
2. IAEA (1997) *DECADES Tools: User's Manual for Version 1.0*, Vienna.
3. PT PLN (1995-1998). *PLN Statistic*.
4. BPPT (1999) *Electricity Planning under Economic Crisis in Indonesia*, Final Report on Case Studies on Comparing Sustainable Energy Mixes for Electricity Generation in Indonesia, Jakarta.