

ANALISIS PENGURANGAN EMISI DALAM PERENCANAAN PENGEMBANGAN SISTEM KELISTRIKAN JAWA-BALI

Suparman, MT¹⁾

Abstrak

Guna memenuhi kebutuhan tenaga listrik di masa mendatang perlu dilakukan suatu perencanaan yang baik. Pengusahaan listrik selain atas dasar harga yang termurah juga harus memperhatikan dampak lingkungan yang ditimbulkan dari pembangkit. Telah dilakukan analisis pengurangan emisi pada perencanaan pengembangan sistem kelistrikan Jawa-Bali menggunakan dua buah program yang diintegrasikan yaitu program WASP dan IMPACTS. Langkah pertama adalah menentukan suatu konfigurasi sistem energi atas dasar pertimbangan teknik dan ekonomi dengan menggunakan program WASP. Kemudian ditentukan besarnya polutan udara seperti Partikel, SO₂, NO_x dan VHC dengan program IMPACTS. Hasil dari IMPACTS ini dijadikan dasar penyusunan strategi atau kasus pengembangan sistem kelistrikan sehingga akan didapat suatu konfigurasi yang optimal baik dari segi biaya maupun dari segi dampak lingkungan.

Abstract

In order to fulfill the demand of electric energy in the future, a good planning needs to be done. The generation of electricity is not only based on the lowest price, but it must also consider the environmental impact caused by the generation. Therefore, an analysis to find an optimization from the financing aspect as well as the environmental aspect needs to be conducted. The analysis of emission abatement on Jawa-Bali electricity system expansion planning is conducted by using two integrated programs: WASP and IMPACTS. The first step is to determine an energy system configuration based on the technical and the economic considerations by using the WASP program. Then, the amount of air pollution like part, SO₂, NO_x and VHC is determined by using the IMPACTS program. The result of the IMPACTS program is then used as the base in preparing the strategy for or the scenario of the electricity system development such that an optimum configuration is obtained from the financing aspect as well as the environment aspect.

¹⁾ Bidang Pengkajian Industri Nuklir - PPEN - BATAN

I. PENDAHULUAN

Perencanaan pengembangan sistem kelistrikan selain didasarkan pada prinsip biaya terendah (*least cost*), juga perlu mempertimbangkan aspek dampak lingkungan. Tapi untuk membuat perencanaan pengembangan sistem kelistrikan yang murah sekaligus mempunyai dampak lingkungan yang rendah tidaklah merupakan pekerjaan yang mudah. Antara faktor biaya dengan faktor dampak lingkungan pada umumnya bersifat saling berlawanan. Artinya, untuk memperkecil dampak lingkungan dibutuhkan suatu penambahan biaya. Jadi untuk membuat perencanaan pengembangan sistem kelistrikan yang mempunyai dampak lingkungan yang rendah diperlukan biaya yang tinggi. Untuk itu diperlukan optimasi antara biaya pengembangan sistem kelistrikan dengan dampak lingkungan.

Pembangkit listrik merupakan salah satu kegiatan energi yang sangat penting dalam penyediaan energi nasional. Sebagian besar pembangkit listrik di Indonesia dibangkitkan oleh sumber energi fosil seperti minyak, gas dan batubara; sedangkan sisanya dibangkitkan oleh sumber energi nonfosil seperti tenaga air dan panas bumi. Sumber energi fosil merupakan sumber utama emisi sehingga dengan peningkatan penggunaan energi fosil untuk pembangkit listrik akan menyebabkan pula peningkatan emisi di atmosfer. Jumlah emisi dari pembangkit listrik selain tergantung dari jumlah dan jenis energi yang digunakan, tergantung pula pada teknologi yang dipakai untuk pembangkit tersebut.

Sektor pembangkit merupakan sektor yang yang relatif paling mudah dikontrol dalam penggunaan sumber dan teknologi energinya. Hal tersebut mempermudah usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi dari sektor pembangkit listrik, baik dalam strategi penyediaan sumber energinya maupun dalam pemilihan teknologinya. Usaha pengurangan emisi dari pembangkit listrik adalah salah satu bentuk kepedulian sektor pembangkit listrik terhadap pengendalian lingkungan. Usaha pengurangan emisi dari sektor pembangkit listrik akan berdampak pada strategi penyediaan energi dan penggunaan teknologi energi pada pembangkit listrik

Usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk mencapai target pengurangan emisi adalah melalui penganeekaragaman penggunaan sumber energi dengan lebih memanfaatkan sumber energi nonfosil yang emisinya relatif kecil, dan penerapan teknologi pembangkit listrik yang berefisiensi tinggi.

Dari uraian di atas perlu kiranya suatu strategi pengurangan emisi baik dengan penerapan peralatan proteksi lingkungan maupun pemilihan teknologi pembangkit yang bersih lingkungan. Hal ini akan sangat berguna untuk memberikan gambaran mengenai strategi penyediaan energi dan penggunaan teknologi energi untuk pembangkit listrik yang berwawasan lingkungan dimasa yang akan datang. Gambaran tersebut diharapkan dapat membantu dalam mengantisipasi peningkatan emisi dari pembangkit listrik sehingga dapat dilakukan penanganannya yang memadai secara teknis maupun ekonomis.

II. METODOLOGI

II.1 Perangkat Lunak

Analisis pengurangan emisi pada pengembangan pembangkit sistem kelistrikan Jawa-Bali dilakukan dengan menggunakan program *ENergy and Power Evaluation Program (ENPEP)*, suatu program perencanaan energi, ekonomi dan lingkungan terpadu yang dibuat oleh ANL (*Argonne National Laboratory*) untuk Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA). ENPEP terdiri dari sembilan modul dimana setiap modul secara otomatis berhubungan satu sama lain disamping setiap modul bisa dijalankan sendiri-sendiri (*stand-alone*).^[1]

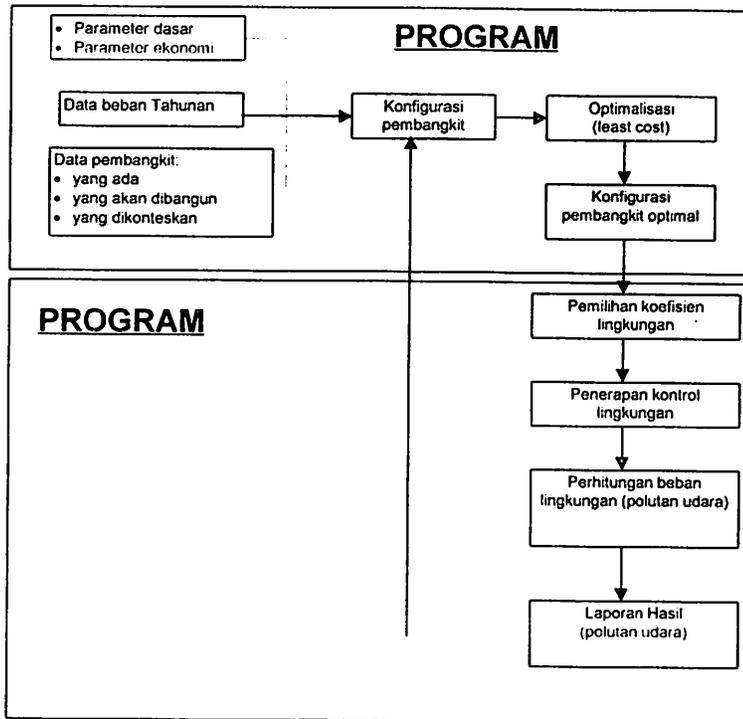
Dua modul utama yang digunakan adalah modul **ELECTRIC** dan modul **IMPACTS**. **ELECTRIC** merupakan program **WASP** yang diformatkan menurut menu ENPEP pada Personal Computer (PC). Sedangkan **IMPACTS** adalah suatu program perencanaan lingkungan yang dibuat oleh ANL. **IMPACTS** digunakan untuk menghitung beban lingkungan dari hasil konfigurasi perencanaan pengembangan pembangkit.

WASP dipergunakan untuk membuat perencanaan pengembangan pembangkit yang optimal berdasarkan kaidah *least-cost*^[2] Optimasi dilakukan dalam bentuk nilai-kini minimum dari total biaya. **WASP** menggunakan estimasi probabilistik dari ongkos produksi, jumlah *Energy Not Served (ENS)* dan keandalan bersama-sama dengan suatu metode program dinamik optimasi untuk perbandingan biaya dari pilihan-pilihan pembangkit yang dikembangkan. Setiap rangkaian kebolehjadian dari unit tenaga yang ditambahkan ke dalam sistem kelistrikan guna memenuhi kebutuhan dievaluasi dengan fungsi biaya (*objective function*) yang terdiri dari biaya investasi, nilai sisa dari investasi (*salvage value*), biaya bahan bakar, biaya penyimpanan bahan bakar, biaya O&M dan biaya dari *ENS*. Sedangkan modul **IMPACTS** dipergunakan untuk menghitung dampak lingkungan, yaitu besarnya polutan dari setiap pembangkit setiap tahun selama periode studi.

Sedangkan langkah-langkah yang dilakukan untuk menganalisis pengembangan sistem kelistrikan terdiri dari langkah-langkah berikut:

1. Menjalankan **WASP** untuk menentukan perencanaan pengembangan sistem dengan kaidah *least-cost*.
2. Hasil dari **WASP** yaitu jadwal pembangunan pembangkit beserta data pembangkit seperti kapasitas unit, *heat rate* dan konsumsi bahan bakar ditransfer ke program **IMPACTS**. **IMPACTS** akan menghitung emisi yaitu: Partikel, SO_2 , NO_x dan *Volatile Hydro Carbon (VHC)* untuk setiap kasus dari setiap pembangkit.

Secara diagram langkah-langkah pengerjaan digambarkan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Langkah-langkah Pengerjaan

III. STRATEGI PENGURANGAN EMISI

III.1 Teknologi pembangkit yang bersih lingkungan

III.1.1 Teknologi batubara bersih

Salah satu kendala yang mengurangi daya saing PLTU Batubara adalah polusi yang ditimbulkan. Upaya yang dilakukan untuk mengurangi polusi dengan memakai batubara berkualitas tinggi tidak lagi merupakan pilihan yang tepat karena cadangannya terbatas. Untuk itu perlu dipertimbangkan penerapan teknologi batubara bersih pada pembangunan PLTU baru.

Pembakaran batubara menyebabkan terlepasnya gas-gas sisa pembakaran berupa polutan seperti gas SO_2 , NO_x , CO , CO_2 dan abu ke atmosfer dan kawasan sekitar pembakaran. Gas-gas maupun partikel-partikel yang halus terlepas ke udara dapat merubah konsentrasi kandungan udara, sehingga timbul dampak-dampak yang akan mengganggu kelangsungan, keseimbangan dan kelestarian kehidupan. Dampak-dampak negatif inilah yang memacu para pemakai batubara untuk mengembangkan teknologi batubara bersih yang dikenal dengan nama *Clean Coal Technology (CCT)* di dunia saat ini.^[3]

Tabel 1. Beberapa jenis teknologi batubara bersih dan kemampuannya

Jenis Teknologi	Jenis Emisi yang bisa dikurangi				
	SO ₂	NO _x	CO ₂	Partikel	Racun Udara
<i>Coal Cleaning</i>	√			√	
<i>Dry Flue Gas Desulfurization</i>	√				
<i>Wet Flue Gas Desulfurization</i>	√				
<i>Pressurized Fluidized Bed Combustion (PFBC)</i>	√	√	√		√
<i>Integrated Gasification Com-bined-cycle (IGCC)</i>	√	√	√		

Sumber: World Bank - Clean Coal Technology", EM Power Homepage, <http://www.virtuaiglobe.com/html/fpd/em/power/EA/mitigatn/aqsowet/htm>

Saat ini efisiensi dari FGD mencapai 70 sampai 98 persen pembuangan SO₂ dengan batubara yang rendah sulfur. Efisiensi pembangkit IGCC dapat mencapai lebih dari 45%. Sedangkan kemampuan mengurangi SO₂ adalah lebih dari 99% dan untuk NO_x dibawah 50 ppm.^[5]

III.1.2 Teknologi PLTN

Pada prinsipnya PLTU dan PLTN mempunyai banyak kesamaan sistem. Yang membedakan adalah sumber panas yang dipakai. Untuk PLTU, pembakaran fosil menghasilkan panas yang akan merubah fluida kerja (air) menjadi uap, dan uap dialirkan untuk memutar turbin-generator. Jadi panasnya berasal dari luar dan dihasilkan dari suatu pembakaran. Sedang pada PLTN, panas yang diperoleh adalah hasil reaksi pembelahan inti atom (fisi) secara berantai dan terkendali, terkungkung di dalam kelongsong yang kedap udara dan air walaupun pada temperatur operasi yang cukup tinggi.

Hasil-hasil pembakaran batubara, minyak bumi atau gas pada PLTU, terlepas dan pada umumnya dibuang ke udara-lingkungan, sedangkan pada PLTN, seluruh hasil pembakaran dan sisa-sisa pembakaran terkungkung di dalam bahan bakar itu sendiri dan tidak ada akses keluar.

III.2 Kasus

Ada beberapa strategi yang diambil sebagai upaya untuk mengurangi emisi pada sistem pembangkit kelistrikan Jawa-Bali. Strategi yang dilakukan adalah penerapan teknologi pembangkit yang bersih lingkungan, yaitu penerapan peralatan kontrol lingkungan seperti FGD dan pemilihan pembangkit yang bersih lingkungan.

Kasus yang ditempuh adalah:

1. Kasus dasar
2. Kasus dengan penerapan FGD
3. Kasus introduksi IGCC
4. Kasus introduksi PLTN
5. Kasus introduksi IGCC + PLTN

Kasus dasar merupakan kondisi dimana pembangkit yang sudah ada ataupun yang akan dibangun tidak menggunakan peralatan proteksi lingkungan maupun teknologi pembangkit yang bersih lingkungan.

III.3 Data Masukan

III.3.1 Tahun dasar dan periode studi

Tahun dasar studi adalah tahun 1995. Hal ini didasarkan pada pertimbangan belum stabilnya ukuran kurs rupiah dan sulitnya mencari data harga untuk tahun sekarang atau 2 tahun kebelakang. Sedangkan periode studi adalah dari tahun dasar 1995 sampai tahun 2015.

III.3.2 Parameter ekonomi

Beberapa parameter ekonomi pokok yang digunakan dalam penelitian ini antara lain yaitu:

1. *Discount rate* = 10 %
2. Eskalasi = 0 %
3. Mata uang = Dollar US tahun 1995

III.3.3 Data teknis dan ekonomi pembangkit alternatif

Data teknis dan ekonomi pembangkit alternatif diambil dari suatu Studi Evaluasi Neraca Energi Pembangunan Pusat Listrik Tenaga Nuklir oleh konsultan PT. Rekayasa Industri.^[4] Hanya disini jenis pembangkit alternatif berbeda. Pada penelitian ini pembangkit-pembangkit alternatif adalah: PLTN 1000 MW, PLTU Batubara 600 MW, *Combined Cycle* dengan bahan bakar gas 500 MW, Turbin gas dengan bahan bakar minyak 130 MW, Geotermal 55 MW dan IGCC sebesar 400 MW. Data teknis dan ekonomi dari pembangkit alternatif selengkapnya tertera pada Tabel 2 dan.3. Sedangkan data pembangkit yang sudah ada dan yang akan dibangun serta data beban tahunan diambil dari data PLN.^[5]

Table 2. Data teknis pembangkit alternatif

Jenis Pemb.	Kapasitas (MW)		FOR (%)	Schl.maint. (hari)
	Minimum	Maksimum		
PLTN	900	1000	6.5	60
PLTU	360	600	5	56
Comb. Cycle	250	500	5	49
Turb. Oil	20	130	5	28
Geothermal	33	55	5	56
IGCC	240	400	10	45

Sumber: Jasa Konsultasi Re-evaluasi Studi Evaluasi Neraca Energi Pembangunan Pusat Listrik Tenaga Nuklir", oleh PT. Rekayasa Industri, Laporan akhir Maret 1998

Table 3. Data ekonomi pembangkit alternatif

Jenis Pembangkit	Biaya Bahan Bakar cents/10 ⁶ kcal		Biaya modal (\$/kW)		O&M \$/KWM	O&M \$/MWH
	Domestik	Foreign	Domestik	Foreign	fixed	Variable
PLTN	0	230	285	1616	3.83	1.26
PLTU	593	0	380	888	1.97	2.29
Comb. Cycle	1200	0	411,5	960	1.17	0.94
Turb. Oil	2400	0	495,4	330,2	0.33	4.
Geotermal	583	0	130	1169	2.5	2.3
IGCC	593	0	348	1392	2.02	1.87

Sumber: "Jasa Konsultasi Re-evaluasi Studi Evaluasi Neraca Energi Pembangunan Pusat Listrik Tenaga Nuklir", oleh PT. Rekayasa Industri, Laporan akhir Maret 1998

Keterangan:

KWM = kilowatt month

MWH = megawatt hours

III.3.2 Karakteristik bahan bakar dan emisi spesifik pembangkit

Jumlah emisi yang dihasilkan dari pembangkit listrik tergantung dari jumlah dan jenis energi yang digunakan serta pada teknologi yang dipakai untuk pembangkit. Emisi SO₂ dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil seperti batubara dan minyak. Pada saat ini bahan bakar yang digunakan pada pembangkit listrik di sistem kelistrikan Jawa-Bali sebagian menggunakan bahan bakar fosil.

Data karakteristik bahan bakar meliputi kandungan energi dan kimia dari bahan bakar. Untuk bahan bakar batubara yang digunakan dapat dikelompokkan pada batubara jenis Sumatera dan Kalimantan. Sedangkan untuk bahan bakar minyak data diambil harga rata-ratanya dari berbagai jenis minyak yang digunakan pada pembangkit di Indonesia. Untuk Gas Alam (Gas Bumi) sebagai contoh diambil dari gas yang ada di daerah Cilamaya^[6].

Sedangkan emisi spesifik pembangkit dikelompokkan sesuai dengan karakteristik bahan bakar. Untuk pembangkit berbahan bakar batubara dikelompokkan seperti pada pengelompokan batubara yaitu pembangkit berbahan bakar batubara jenis Sumatera dan Kalimantan dan juga daya atau kapasitas yang terpasang. Data ini diambil dari hasil studi MARKAL^[7]. Data lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 4. Data kandungan energi dan kimia bahan bakar

Kandungan	Batubara		Minyak	Gas alam
	Sumatera	Kalimantan		
Volatile matter	30,3	37,5	-	-
Fixed carbon	38,3	55,0	-	-
Moisture	23,6	23	0,7	273 (ppm vol)
Ash	7,8	1,5	0,03	-
Carbon	54,2	55,0	86,05	-
Hydrogen	3,9	4,0	12	-
Nitrogen	0,9	1,1	0,5 + Oxygen	-
Oxygen	9,2	1,5	-	-
Sulfur	0,4	0,2	1,38	-
Carbon dioxide	-	-	-	1,90
Hydrogen Sulfide	-	-	-	1,9 (ppm vol)
Heating value	5242	5400	144400	933,12
	(kcal/kg)	(kcal/kg)	(Btu/Gallon)	(btu/Scf)

Sumber : "Hasil-hasil Lokakarya Energi 1996", KNIWEC

Tabel 5. Emisi spesifik dari berbagai jenis pembangkit

Jenis pembangkit	Emisi spesifik (t/TWh)			
	SO ₂	NO ₂	SPM ¹⁾	VHC ²⁾
PLTU Batubara 600 MW				
• Batubara Bukit Asam	4740	4560	731	36
• Batubara Kalimantan	4340	4560	666	36
PLTU Batubara 400 MW				
• Batubara Bukit Asam	4360	4390	670	32
• Batubara Kalimantan	3990	4190	612	32
PLTU Minyak				
• Bahan Bakar minyak, Ind. Crude	11700	2320	288	94
Pembangkit Listrik Gas				
• Gas Combined Cycle	0	1790	0	108
• Turbin Gas	0	2670	0	281
Turbin Gas dengan Diesel				
• Minyak Diesel, Ind. crude	2460	4560	104	245
Generator Diesel				
• Minyak diesel, Ind. Crude	2010	8640	324	468

¹⁾ Suspended particle Matter

²⁾ Volatile Hydrocarbon

Sumber : "Environmental Impacts of Energy Strategies for Indonesia", Final Summary Report May 1993, BPP Teknologi & Forschungszentrum Jülich GmbH (KFA).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Biaya pengembangan

Hasil program ELECTRIC memperlihatkan bahwa kasus introduksi IGCC merupakan kasus yang terendah dan malahan lebih rendah dari kasus dasar, yaitu lebih rendah sekitar 1,42% dari kasus dasar. Hal ini karena dengan introduksi IGCC maka IGCC akan mengambil sebagian besar peran pembangkit *combined cycle* karena dari segi ongkos pembangkitan IGCC lebih murah dari *combined cycle*. *Combined cycle* dalam kasus ini menggunakan bahan bakar gas yang biayanya lebih mahal dari biaya bahan bakar IGCC yang menggunakan batubara. Dari biaya bahan bakar gas adalah 1219 cent/10⁶ kcal sedangkan untuk biaya bahan bakar batubara harganya hampir separuhnya yaitu 593 cent/10⁶ kcal.

Tabel 6. Banyaknya polutan udara untuk masing-masing kasus

Kasus	Biaya Pengembangan (ribu \$)	PART (ribu ton)	SO ₂ (ribu ton)	NOx (ribu ton)	VHC (ribu ton)
Dasar	49.859.808	3.949,87	4.841,25	10.808,80	286,59
Penerapan FGD	50.589.904	3.584,20	4.549,66	9.434,55	274,79
Introduksi IGCC	49.152.776	3.930,53	4.826,53	10.560,99	274,38
Introduksui PLTN	50.052.968	3.921,00	4.815,67	10.572,99	277,61
Introduksi IGCC + PLTN	49.540.120	3.911,00	4.795,13	10.370,54	266,37

Urutan kedua adalah kasus dengan introduksi IGCC dan PLTN secara bersamaan. PLTN dan IGCC sesuai dengan urutan ongkos pembangkitannya adalah lebih murah dibandingkan dengan PLTU batubara maupun *combined cycle*. Maka secara bersama-sama PLTN dan IGCC akan mengambil alih peran *combined cycle* dan PLTU batubara. Tetapi karena investasi PLTN lebih tinggi dari IGCC maka kalau diintroduksi bersama-sama biaya pengembangannya akan lebih mahal sedikit daripada kasus introduksi IGCC sendiri.

Sedangkan kasus tanpa introduksi pembangkit yang bersih lingkungan, yaitu dengan penerapan FGD, akan lebih mahal sekitar 1,46% dari kasus dasar. Hal ini karena dengan pemasangan FGD akan meningkatkan baik biaya investasi maupun biaya operasi dan perawatan sebesar 10-12%.

Tabel 7. Prosentase pengurangan dari biaya pengembangan dan emisi

Kasus	Prosentase pengurangan				
	Biaya pengembangan	PART	SO ₂	NOx	VHC
Dasar	-	-	-	-	-
Penerapan FGD	1,46%	3.66	2.92	13.74	0.12
Introduksi IGCC	-1,42%	0.19	0.15	2.48	0.12
Introduksui PLTN	0,39%	0.29	0.26	2.36	0.09
Introduksi IGCC + PLTN	-0,64%	0.39	0.46	4.38	0.20

IV. Pengurangan emisi

Strategi yang dipakai untuk mengurangi emisi SO₂ selain dengan penerapan peralatan kontrol lingkungan, FGD, adalah dengan introduksi pembangkit-pembangkit yang bersih lingkungan. Pembangkit yang dipakai untuk diintroduksi adalah PLTN dan IGCC.

Untuk pengurangan emisi terbesar dicapai dengan penerapan peralatan kontrol lingkungan dengan 3,66%, 2,92%, 13,74% dan 0,12% masing-masing untuk part, SO₂, NO_x dan VHC. Sedangkan urutan kedua dicapai oleh kasus introduksi IGCC + PLTN dengan 0,39% untuk part, 0,46% untuk SO₂, 4,38% untuk NO_x dan 0,2% untuk VHC. Urutan ketiga adalah introduksi PLTN dan urutan ke empat adalah introduksi IGCC.

Terlihat bahwa prosentase pengurangan emisi tidak begitu besar. Hal ini karena dari pengembangan sistem kelistrikan, pembangkit-pembangkit alternatif baru akan masuk ke sistem jaringan setelah tahun 2009. Artinya dari tahun 1995 sampai tahun 2009 tidak ada penambahan pembangkit dari pembangkit alternatif (*variable alternatives*).

Pengurangan emisi terbesar dicapai oleh kasus penerapan kontrol lingkungan. Hal ini sudah dapat diprediksikan sebelumnya. Dengan adanya penerapan kontrol lingkungan akan banyak mengurangi emisi dari pembangkit. Namun dengan penerapan kontrol akan meningkatkan biaya pengembangan yang cukup tinggi.

V. KESIMPULAN

Pengurangan emisi terbesar dicapai dengan kasus penerapan kontrol lingkungan. Tetapi kasus ini biaya pengembangannya meningkat sebesar 1,46% dari kasus dasar. Biaya pengembangan termurah dicapai oleh kasus introduksi IGCC, yaitu berkurang 1,42%. Sedangkan pengurangan emisi yang dicapai kasus ini paling kecil.

Dari hasil terlihat bahwa prospek IGCC dimasa depan sangat menguntungkan jika mempertimbangkan aspek lingkungan, khususnya polutan udara, dalam perencanaan pengembangan kelistrikan. Kendalanya untuk saat ini adalah biaya investasinya yang cukup mahal dibandingkan dengan PLTU batubara atau pembangkit *combined cycle*.

Sedangkan untuk introduksi PLTN, biaya pengembangannya akan lebih ekonomis jika diintroduksi bersama-sama dengan IGCC. PLTN dan IGCC adalah pembangkit yang ongkos pembangkitannya relatif lebih murah dibandingkan pembangkit termal lainnya. Tetapi baik PLTN maupun IGCC mempunyai biaya investasi yang cukup tinggi. Maka kedua jenis pembangkit ini akan dapat lebih bersaing dengan pembangkit termal lainnya apabila biaya investasi dapat lebih kompetitif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] **Energy and Power Evaluation Program, ENPEP version 3.0, User's Guide, IAEA, (1996)**
- [2] **Wien Automatic System Planning Package (WASP), A Computer Code for Power Generating System Expansion Planning, IAEA, Vienna, (1980)**
- [3] **World Bank - Clean Coal Technology, EM Power Homepage,
<http://www.virtualglobe.com/html/fpd/em/power/EA/mitigatn/aqsowet/htm>**
- [4] **Jasa Konsultasi Re-evaluasi Studi Evaluasi Neraca Energi Pembangunan Pusat Listrik Tenaga Nuklir, Laporan akhir Maret 1998, PT. Rekayasa Industri,**
- [5] **Sistem Kelistrikan Jawa-Bali, Scenario RUPTL 1997, Input data modul RUKN 95, PLN, 11 Juli 1997**
- [6] **Hasil-hasil Lokakarya Energi 1996, KNIWEC**
- [7] **Environmental Impacts of Energy Strategies for Indonesia, Final Summary Report May 1993, BPP Teknologi & Forschungszentrum Jülich GmbH (KFA).**