

# PROYEKSI PEMANFAATAN GAS ALAM UNTUK PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

Oleh: Ir. Agus Sugiyono<sup>\*)</sup>

## I. PENDAHULUAN

Cadangan gas alam di Indonesia sangat besar. Berdasarkan data tahun 1988 terdapat cadangan terbukti sebesar 68,87 trilyun kaki kubik yang terdiri atas cadangan *non-associated gas* sebesar 60 trilyun kaki kubik dan cadangan *associated gas* sebesar 8,87 trilyun kaki kubik. Cadangan tersebut tersebar di seluruh wilayah Indonesia dan yang besar berada di Pulau Natuna, Kalimantan Timur, dan Aceh.

Dalam rangka mengurangi pemakaian minyak dalam negeri, perlu diusahakan pemanfaatan gas alam yang efektif untuk keperluan sumber energi di berbagai sektor dan juga sebagai bahan baku. Pada akhir PELITA III pemanfaatan gas alam meningkat dari 43,3 juta SBM menjadi 58,6 juta SBM pada tahun keempat PELITA IV atau naik sebesar 35,3 %. Kenaikan pemanfaatan ini terutama karena telah dibangun beberapa kilang LNG dan LPG dan juga pemanfaatan untuk pabrik pupuk dan semen serta untuk pembangkit tenaga listrik.

Penggunaan gas alam sebagai pembangkit tenaga listrik sudah mulai dikembangkan. Hal ini sejalan dengan permintaan kebutuhan tenaga listrik yang terus meningkat. Pada REPELITA V ini diperkirakan kebutuhan tenaga listrik mencapai 44.143 GWh.

## II. PROYEKSI KEBUTUHAN DAN PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK

### 2.1 KEBUTUHAN TENAGA LISTRIK

Proyeksi kebutuhan tenaga listrik ditunjukkan pada Tabel 1. Pada PELITA VI dibutuhkan tenaga listrik sebesar 61,87 TWh dan pada PELITA VII naik sebesar 42,9 %, pada PELITA VIII naik sebesar 38,2 % dan pada PELITA IX naik sebesar 39,5 %. Pemanfaatan tenaga listrik sebagian besar digunakan untuk sektor industri dan pertanian kemudian sektor rumah tangga dan untuk keperluan komersial dan yang paling sedikit digunakan untuk pemerintahan dan publik. Kebutuhan tenaga listrik ini tidak termasuk pemakaian sendiri dan rugi-rugi.

Tabel 1.  
Proyeksi Kebutuhan Tenaga Listrik

| No. | SEKTOR                  | Kebutuhan Tiap Pelita (TWh/tahun) |       |        |        |
|-----|-------------------------|-----------------------------------|-------|--------|--------|
|     |                         | VI                                | VII   | VIII   | IX     |
| 1   | Rumah Tangga            | 13,94                             | 20,60 | 29,45  | 41,14  |
| 2   | Pemerintahan dan Publik | 4,05                              | 5,52  | 7,20   | 9,08   |
| 3   | Komersial               | 3,88                              | 5,76  | 8,57   | 12,80  |
| 4   | Industri dan Pertanian  | 40,00                             | 56,54 | 76,94  | 107,35 |
|     | Total                   | 61,87                             | 88,42 | 112,16 | 170,37 |

\* Sumber: Pustaka 2

### 2.2 PEMBANGKITAN TENAGA LISTRIK

Untuk mencukupi kebutuhan tenaga listrik diperlukan pembangkit tenaga listrik. Proyeksi pembangkitan tenaga listrik berdasarkan bahan bakar ditunjukkan pada Tabel 2.

Gas alam mempunyai peranan yang cukup besar sebagai pembangkit tenaga listrik. Pada PELITA VII pembangkit tenaga listrik dengan bahan bakar gas alam akan naik sebesar 102,34 % dari PELITA sebelumnya dan pada PELITA VIII naik sebesar 10,64 %. Sedangkan pada PELITA IX pembangkit tenaga listrik dengan gas alam akan turun sebesar 25,13 % karena berkurangnya cadangan gas alam.

Tabel 2.  
Proyeksi Pembangkitan Tenaga Listrik

| No. | Bahan Bakar              | Pembangkitan Tiap Pelita (TWh/tahun) |        |        |        |
|-----|--------------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|
|     |                          | VI                                   | VII    | VIII   | IX     |
| 1   | Batubara                 | 11,90                                | 12,00  | 32,36  | 97,57  |
| 2   | Gas Alam                 | 25,22                                | 51,03  | 56,46  | 42,27  |
| 3   | Minyak Bumi              | 22,58                                | 18,06  | 20,20  | 21,59  |
| 4   | Geotermal dan Tenaga Air | 20,94                                | 28,03  | 54,46  | 42,27  |
|     | Total                    | 80,64                                | 109,87 | 150,74 | 210,15 |

\* Sumber: Pustaka 2

<sup>\*)</sup> Penulis adalah Staf Peneliti BPP Teknologi

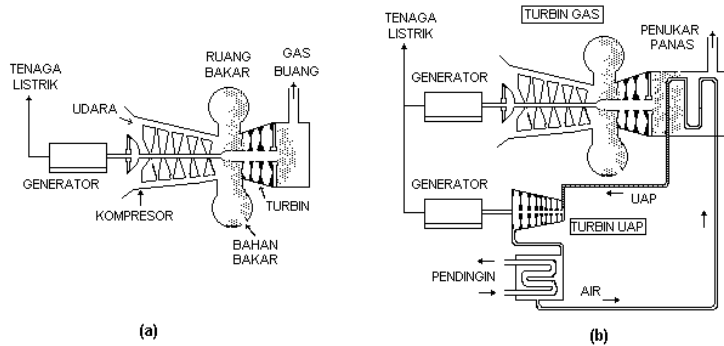
### III. PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DENGAN GAS ALAM

#### 3.1 TURBIN GAS DAN GAS COMBINED CYCLE

Bentuk sederhana pembangkit tenaga listrik dengan bahan bakar gas alam adalah turbin gas. Dalam bentuk sederhana ini, gas buangnya masih mempunyai temperatur yang relatif tinggi (sekitar 540 °C) dan masih dapat dibentuk satu siklus uap yang disebut *gas combined cycle*.

Turbin gas terdiri atas kompresor, ruang bakar, turbin dan generator. Kompresor memampatkan udara dari luar menjadi udara yang bertekanan tinggi sekitar 10 bar sampai 15 bar dan diumpungkan ke ruang bakar. Gas alam diinjeksikan melalui *nozzle* ke ruang bakar. Bersama-sama dengan udara bertekanan tinggi, gas alam dibakar di ruang bakar. Gas hasil pembakaran mempunyai temperatur sekitar 1000 °C dan dialirkan ke turbin yang akan menggerakkan rotor yang dihubungkan dengan generator listrik.

Gas turbin mempunyai efisiensi yang rendah. Dengan makin meingkatnya kebutuhan tenaga listrik, dibutuhkan juga pembangkit tenaga listrik yang mempunyai efisiensi yang tinggi untuk menghemat pemakaian bahan bakar. Pembangkit tenaga listrik dengan *gas combined cycle* merupakan pemecahannya dan dapat mencapai efisiensi termal sebesar 50 %.



Gambar 1. a. Skema Turbin Gas  
b. Skema *Gas Combined Cycle*  
(Sumber: Pustaka 6)

#### 3.2. PROYEKSI PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DENGAN GAS ALAM

Dalam proyeksi ini, Indonesia dibagi menjadi empat wilayah yaitu Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan pulau lain. Untuk Jawa pemanfaatan gas alam sebagai pembangkit tenaga listrik paling besar menggunakan *gas combined cycle*. Pada PELITA VI pangsa *gas combined cycle* terhadap keseluruhan pembangkit tenaga

listrik dengan gas alam sebesar 75,74 %, pada PELITA VII sebesar 83,71 %, pada PELITA VIII 84,17 % dan pada PELITA IX pangasanya menurun dari PELITA sebelumnya menjadi sebesar 69,14 %. Untuk Sumatera, Kalimantan, dan pulau lain hanya digunakan turbin gas.

Tabel 3.  
Proyeksi Pemakaian Gas Alam untuk Pembangkit Tenaga Listrik

| Wilayah \ PELITA          | Pemakaian Tiap Pelita (BSCF/tahun) |        |        |        |
|---------------------------|------------------------------------|--------|--------|--------|
|                           | VI                                 | VII    | VIII   | IX     |
| Jawa: Turbin Gas          | 6,36                               | 7,60   | 9,07   | 10,83  |
| <i>Gas Combined Cycle</i> | 161,55                             | 345,86 | 383,86 | 256,73 |
| Sumatera:                 |                                    |        |        |        |
| Turbin Gas                | 29,52                              | 38,86  | 35,70  | 67,69  |
| Kalimantan:               |                                    |        |        |        |
| Turbin Gas                | 13,45                              | 17,69  | 23,27  | 30,57  |
| Pulau Lain:               |                                    |        |        |        |
| Turbin Gas                | 2,40                               | 3,17   | 4,16   | 5,47   |

\* Sumber: Pustaka 2

### IV. ANALISIS

#### 4.1 BIAYA PEMBANGKIT TENAGA LISTRIK DAN EFISIENSI

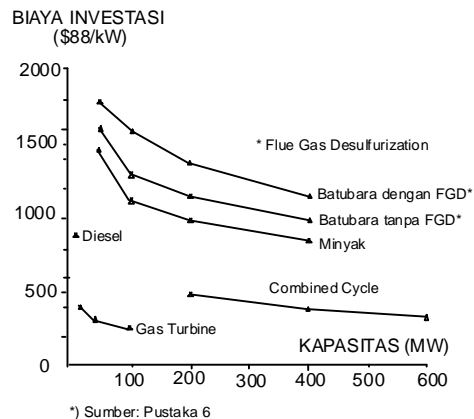
Pembangkit tenaga listrik dengan gas alam mempunyai biaya investasi yang paling kecil bila dibandingkan dengan pembangkit listrik dengan menggunakan bahan bakar minyak, diesel, maupun batubara. *Gas combined cycle* mempunyai biaya investasi yang lebih besar bila dibandingkan dengan turbin gas tetapi *gas combined cycle* mempunyai keunggulan yaitu efisiensinya tinggi. Turbin gas lebih banyak digunakan bila kapasitas pembangkitan masih rendah seperti kondisi di Sumatera., Kalimantan, dan pulau lain.

#### 4.2 DAMPAK LINGKUNGAN

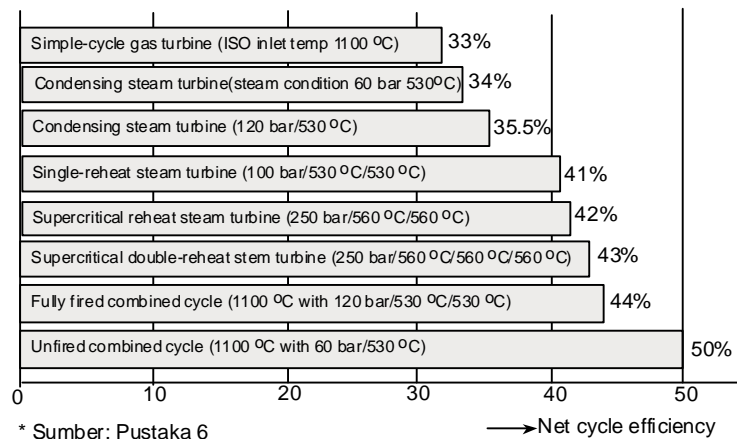
Dampak lingkungan pembangkit tenaga listrik dengan gas alam lebih kecil bila dibandingkan dengan pembangkit tenaga listrik dengan bahan bakar fosil yang lain. Hal ini dapat dimengerti karena gas alam mempunyai sifat yang bersih dalam proses pembakaran. Meskipun demikian, gas buang dari proses pembakaran masih mengandung bahan NOx.

Panas yang diemisikan ke udara merupakan dampak lingkungan yang lain disamping emisi gas buang. Untuk *gas combined cycle* panas yang diemisikan ke udara dapat dikurangi dengan adanya turbin uap.

Dampak lainnya yaitu kebisingan yang ditimbulkan selama pembangkit tenaga listrik tersebut beroperasi. Untuk mengatasi kebisingan yang ditimbulkan, dalam desain sistem pembangkit tenaga listrik baik dengan turbin gas maupun dengan *gas combined cycle* digunakan pelindung akustik dan juga dipilih material tertentu untuk mengurangi kebisingan.



Gambar 2.  
Biaya Investasi Beberapa Pembangkit Tenaga Listrik



Gambar 3.  
Efisiensi Termal Pembangkit Tenaga Listrik dengan Gas Alam

### 4.3 JARINGAN PIPA

Jawa merupakan pemakai gas alam terbesar untuk pembangkit tenaga listrik. Dengan pemakaian yang terus meningkat, gas alam yang tersedia di Jawa tidak mungkin mencukupi sehingga perlu adanya jaringan pipa untuk menyalurkan gas alam dari luar Jawa.

Jaringan pipa yang diperlukan yaitu jaringan dari Kalimantan Timur ke Jawa Timur, jaringan antara Jawa Timur, Jawa Tengah, dan Jawa Barat serta untuk jangka panjang jaringan antara Natuna, Sumatera, dan Jawa. Jaringan pipa ini disamping untuk memenuhi kebutuhan gas alam bagi pembangkit tenaga listrik juga digunakan untuk keperluan industri serta sebagai gas kota.

### V. PENUTUP

Bentuk pemanfaatan gas alam untuk pembangkit tenaga listrik dapat berupa turbin gas maupun *gas combined cycle*. Di Jawa gas alam untuk pembangkit tenaga listrik disamping menggunakan turbin gas juga menggunakan *gas combined cycle*. Sedangkan Sumatera, Kalimantan, dan pulau lain yang permintaan tenaga listriknya masih kecil hanya digunakan turbin gas.

Dengan meningkatnya permintaan tenaga listrik di Jawa, meningkat pula kebutuhan gas alam yang diperlukan. Sehingga perlu persiapan infrastruktur yang mendukung seperti jaringan pipa gas alam dan tempat penyimpanannya mengingat sumber utama gas alam terletak di luar Jawa.

### VI. DAFTAR PUSTAKA

1. *Kebijaksanaan Umum Bidang Energi*, BAKOREN, April 1989.
2. *Energy Strategies, Energy R+D Strategies, Technology Assessment for Indonesia: Optimal Result*, BPP Teknologi-KFA, Mei 1988.
3. *Energy Strategies, Energy R+D Strategies, Technology Assessment for Indonesia: The Indonesia Gas Sector*, BPP Teknologi-KFA, Januari 1988.
4. *Energy Strategies, Energy R+D Strategies, Technology Assessment for Indonesia: The Indonesia Electricity Sector*, BPP Teknologi-KFA, Mei 1988.
5. *Energy Strategies, Energy R+D Strategies, Technology Assessment for Indonesia: Market Report Listing*, BPP Teknologi-KFA, Mei 1988.
6. *Gas Transmission and Utilization for East Java: Electric Power Generation*, BPP Teknologi – Lemigas – Migas – Pertamina – PLE – PLN – Siemens UB – KWU, Agustus 1988.

Published Paper

1. Agus Sugiyono, *Renewable Energy Development Strategy in Indonesia: CDM Funding Alternative*, Proceeding of the 5th Inaga Annual Scientific Conference and Exhibition, p. 64-69, ISBN 979-8918-28-2, Yogyakarta, 7-10 March 2001.
2. Agus Sugiyono, *Indikator Pembangunan Sektor Tenaga Listrik yang Berkelanjutan*, dalam Aryono, N.A. dkk., Editor, *Pengelolaan dan Pemanfaatan Energi dalam Mendukung Pembangunan Nasional Berkelanjutan*, hal. 150-155, ISBN 979-95499-1-1, BPPT, Jakarta, 2000.
3. M. Sidik Boedoyo dan Agus Sugiyono, *Optimasi Suplai Energi dalam Memenuhi Kebutuhan Tenaga Listrik Jangka Panjang di Indonesia*, dalam Wahid, L.O.M.A. dan E. Siregar, Editor, *Pengaruh Krisis Ekonomi terhadap Strategi Penyediaan Energi Nasional Jangka Panjang*, hal. 19-23, ISBN 979-95999-0-3, BPPT, Jakarta, 2000.
4. Agus Sugiyono, *Prospek Penggunaan Teknologi Bersih untuk Pembangkit Listrik dengan Bahan Bakar Batubara di Indonesia*, Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol.1, No.1, hal. 90-95, ISSN 141-318X, BPPT, Jakarta, Januari 2000
5. Agus Sugiyono, *Pengembangan Industri Padat Energi di DAS Mamberamo sebagai Pusat Pertumbuhan Ekonomi di Kawasan Timur Indonesia*, Prosiding Teknologi, Ekonomi dan Otonomi Daerah, hal. 2-89 - 2-96, ISBN 979-9344-01-8, BPPT, Jakarta, 1999.
6. Agus Sugiyono, *Energy Supply Optimization with Considering the Economic Crisis in Indonesia*, Proceeding of the 8th Scientific Meeting, p. 65-68, ISSN 0918-7685, Indonesia Student Association in Japan, Osaka, September 1999.
7. Agus Sugiyono, *Permintaan dan Penyediaan Energi Berdasarkan Kondisi Perekonomian di Indonesia dengan Menggunakan Model Nonlinear Programming*, Majalah Ilmiah Analisis Sistem, No. 12, Tahun VI, ISSN 0854-9117, BPPT, Jakarta, 1999.
8. Agus Sugiyono, *Kendali Sistem Energi untuk Pertanian Rumah Kaca*, Prosiding Seminar Nasional Penerapan Teknologi Kendali dan Instrumentasi pada Pertanian, hal. S5-5.1 - S5-5.4, ISBN 979-8263-19-7, MASDALI - BPPT, Oktober 1998.
9. Agus Sugiyono, *Social, Economic, and Culture Aspects for Mamberamo RCA Development*, Mamberamo Now Quarterly Newsletter, Vol.2, No.3, ISSN 1410-5578, October 1998, MIC.
10. Agus Sugiyono, *Assessment of Environmental Impact in Upstream Mamberamo*, Mamberamo Now Quarterly Newsletter, Vol.2, No.2, ISSN 1410-5578, July 1998, MIC.
11. Agus Sugiyono, *Strategi Penggunaan Energi di Sektor Transportasi*, Majalah BPP Teknologi, No. LXXXV, hal 34-40, ISSN 0216-6569, Mei 1998, Penerbit BPPT.
12. Agus Sugiyono, *Overview of Nickel Industry in Indonesia*, Mamberamo Now Quarterly Newsletter, Vol.2, No.1, ISSN 1410-5578, April 1998, MIC.
13. Agus Sugiyono, *Teknologi Turbin Gas/Gasifier Biomasa Terintegrasi untuk Industri Gula*, Prosiding Energi Terbarukan dan Efisiensi Energi, DJLPE dan BPPT, hal. 28 - 41, ISBN 979-95441-0-6, Januari 1998.
14. Agus Sugiyono, *Hydroelectric Potentials in Mamberamo 1, Mamberamo 2, and Edi Valen*, Mamberamo Now Quarterly Newsletter, Vol.1, No.3, October 1997, MIC.
15. Agus Sugiyono, *Mamberamo Related Information on the WEB*, Mamberamo Now Quarterly Newsletter, Vol.1, No.2, July 1997, MIC.
16. Agus Sugiyono, *Teknologi Daur Kombinasi Gasifikasi Batubara Terpadu*, Prosiding Hasil-hasil Lokakarya Energi 1996, KNI WEC, Oktober 1996.
17. Agus Sugiyono, *Proses Hydrocarb untuk Biomas dan Bahan Bakar Fosil*, INNERTAP-Indonesia, DJLPE, September 1995.
18. Agus Sugiyono and Shunsuke Mori, *Energy-Economy Model to Evaluate the Future Energy Demand-Supply in Indonesia*, The Institute of Energy and Resource, Japan, Januari 1995. (+GAMS Source Program)
19. Agus Sugiyono and Shunsuke Mori, *Integrated Energy System to Improve Environmental Quality in Indonesia*, The Institute of Instrumentation and Control System, Japan, Oktober 1994.
20. Agus Sugiyono, *Prospek Pembangkit Listrik Daur Kombinasi Gas untuk Mendukung Diversifikasi Energi*, Komite Nasional Indonesia, World Energy Council, Juli 1991.

21. Setiadi Indra D.N. dan Agus Sugiyono, *Pola Pemakaian dan Distribusi Gas Bumi di Indonesia pada Periode Pembangunan Tahap Kedua*, Komite Nasional Indonesia, World Energy Council, Juni 1990.
22. Agus Sugiyono, *Proyeksi Pemanfaatan Gas Alam untuk Pembangkit Tenaga Listrik*, BPP Teknologi, Januari 1990.
23. Agus Sugiyono, *Model Komputer Pertumbuhan Ekonomi Makro dengan Menggunakan Bahasa Pascal*, Biro Hukum dan Humas, Deputi Bidang Administrasi, BPP Teknologi, Januari 1990.

#### Technical Note

1. Agus Sugiyono, *Pembuatan, Pemasangan dan Pengoperasian Tungku Perlakuan Panas untuk Pande Besi*, Laporan Teknis, Maret 2000.
2. Agus Sugiyono, *Studi Pendahuluan untuk Analisis Energi-Exergi Kota Jakarta*, Laporan Teknis, Maret 2000.
3. Agus Sugiyono, *Sistem Informasi Pengembangan PLTA Mamberamo di Internet*, Laporan Teknis, Desember 1999.
4. M Sidik Boedoyo, Endang Suarna, and Agus Sugiyono, *Case Studies on Comparing Sustainable Energy Mixes for Electricity Generation in Indonesia*, Presented at Co-ordination Research Project Meeting on Case Study to Assess and Compare Different Sources in Sustainable Energy and Electricity Supply Strategies, Zurich, Switzerland, 14-16 December 1999.
5. Agus Sugiyono dan M. Sidik Boedoyo, *Perubahan Pola Penggunaan Energi dan Perencanaan Penyediaan Energi*, submitted, KNI-WEC, 1999.
6. Agus Sugiyono, *Aspek-Aspek dalam Desain PLTA Mamberamo*, Laporan Teknik, Pebruari 1999.
7. Agus Sugiyono, *Prospek Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Skala Besar Mamberamo I, Mamberamo II, dan Edi Vallen di Irian Jaya*, Laporan Teknik, Pebruari 1999.
8. Agus Sugiyono, La Ode M.A. Wahid, Irawan Rahardjo, and Farid S. Kresna, *Electricity Planning in Indonesia using DECADES Tools*, Presented at IAEA Regional Training Course on Comparative Assessment of Nuclear Power & Other Energy Sources in Support of Sustainable Energy Developments, 8 June - 3 July 1998, Taejon, Korea.
9. Agus Sugiyono and Dadang Hilman, *Mitigation of GHGs from Energy and Forestry Sector in Indonesia*, Presented at Climate Change Mitigation in Asia and Financing Mechanism Conference, UNEP-GEF-World Bank, Goa, India, 4-6 May 1998.
10. Agus Sugiyono, *Perencanaan Energi Nasional dengan Model MARKAL*, Laporan Teknis, Desember 1997.
11. Abubakar Lubis and Agus Sugiyono, *DECADES Tool to Make Comparative Assessment of Electricity Generation in Indonesia*, Presented at Review of Experience in Using the Agency's Databases and Software Packages for Assessment of Nuclear and Other Energy Systems, Argonne National Laboratory, USA, 2-13 December 1996.
12. Abubakar Lubis and Agus Sugiyono, *Overview of Energy Planning in Indonesia*, Presented at Technical Committee Meeting to Assess and Compare the Potential Role of Nuclear Power and Other Options in Allevating Health and Environmental Impacts from Electricity Generation, IAEA, Vienna 14 - 16 October 1996.
13. Agus Sugiyono, *Buku Panduan Jaringan Komputer di Direktorat Teknologi Energi*, BPP Teknologi, Laporan Teknis, DTE BPPT, April 1996.
14. Agus Sugiyono and Agus Cahyono Adi, *Comparative Assessment of Electricity Supply Strategies in Indonesia*, Presented at Coordination Meeting on Case Studies to Assess and Compare the Potential Role of Nuclear Power and other Options in Reducing the Emissions and Residuals from Electricity Generation, 27 to 29 March 1996, Bucharest, Rumania.
15. Agus Sugiyono, *Model Energi Global*, Laporan Teknis, Direktorat Teknologi Energi, BPPT, Desember 1995.
16. Agus Sugiyono, *Strategi Penyediaan Energi yang Berkesinambungan*, Laporan Teknis, Direktorat Teknologi Energi, BPPT, Desember 1995.
17. Agus Sugiyono, *Metodologi Studi Markal*, Disampaikan pada Workshop on Environmental Analysis Using Energy and Power Evaluation Programme (ENPEP), BATAN, September 1995.