

Teknologi Turbin Gas/Gasifier Biomasa Terintegrasi untuk Industri Gula¹

Agus Sugiyono

Peneliti, BPP Teknologi

Abstract

Application of integrated biomass gasifier/gas turbine in cane sugar industry hold the promise of using biomass energy in an effective and efficient manner. Using these technologies in Indonesia, in 2015 cane sugar industry possible to produce electricity about 36,7 TWh/y and potential for greenhouse gas emissions reduction with estimated reduction about 13,15 million ton C/y.

1. Pendahuluan

Saat ini biomasa merupakan bahan bakar yang cukup berarti untuk negara-negara berkembang. Pada tahun 1996, total konsumsi biomasa sebagai bahan bakar di dunia diperkirakan mencapai 48.000 PJ setiap tahun, sedangkan di negara-negara maju pada saat itu, rata-rata konsumsi biomasa mencapai sekitar 7.000 PJ setiap tahun. Di negara-negara berkembang, biomasa sebageian besar masih dikategorikan sebagai energi nonkomersial. Pemanfaatan terbesar dari biomasa di negara-negara berkembang tersebut adalah sebagai bahan bakar untuk keperluan memasak pada sektor rumah tangga dengan tungku sederhana, sehingga pemanfaatannya dapat dikatakan kurang efisien.

Untuk meningkatkan pemanfaatan dan peranan biomasa sebagai sumber energi di dunia modern ini, pemanfaatan biomasa baik di sektor rumah tangga maupun sektor industri harus ditunjang dengan menerapkan teknik-teknik baru yang berefisiensi tinggi dan berwawasan lingkungan. Salah satu caranya yaitu mengkonversi biomasa menjadi bentuk energi listrik, gas atau cair sehingga dapat digunakan baik sebagai bahan baku maupun sebagai bahan bakar dalam proses selanjutnya.

Teknologi penggunaan biomasa untuk pembangkit listrik saat ini didominasi oleh negara maju seperti : Denmark, Finlandia dan Swedia. Penggunaannya dititikberatkan di industri berskala menengah untuk *cogeneration* yang menghasilkan listrik dan uap untuk proses, tetapi ada kecenderungan untuk mengembangkan di industri berskala besar. Pengembangan lebih lanjut yaitu mengubah pembakaran biomasa secara langsung ke proses gasifikasi sehingga menghasilkan gas yang dapat dimanfaatkan seperti pemanfaatan gas bumi.

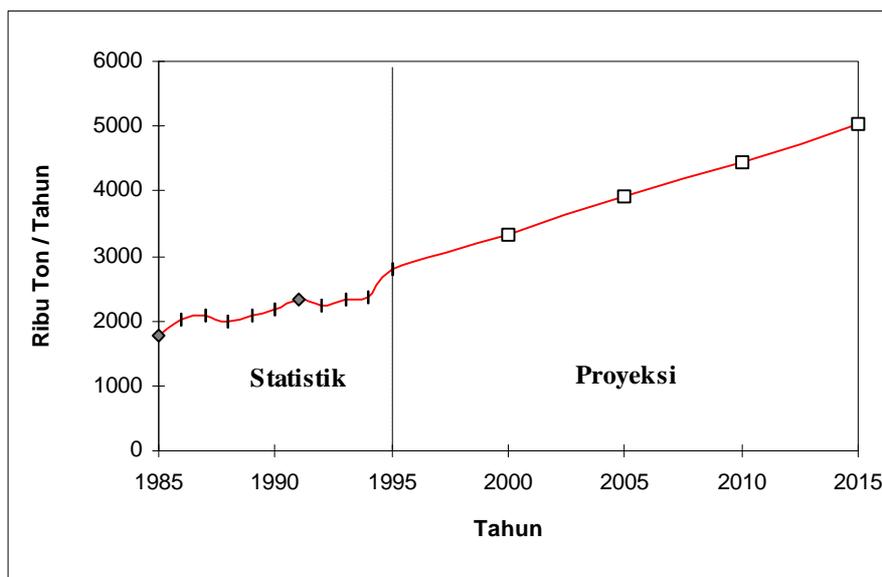
¹ DJLPE, Prosiding Energi Terbarukan dan Efisiensi Energi, hal. 28-41, Januari 1998, ISBN 979-95441-0-6

2. Prospek Industri Gula

Produksi tebu di dunia terus meningkat sejak awal tahun 1960 dengan pertumbuhan rata-rata sekitar 3 % pertahun. Saat ini produksi tebu telah mencapai 1 milyar ton. Sedangkan produktivitas perkebunan tebu rata-rata berkisar 58 ton/ha/tahun yang setara dengan produksi kayu bakar kering sebesar 38 ton/ha/tahun [1]. Dengan tingkat produksi seperti saat ini, sektor industri gula merupakan lahan yang potensial untuk memanfaatkan energi biomasa secara lebih ekonomis.

Di Indonesia industri gula dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu : industri gula pasir, industri gula merah dan industri gula siwalan. Industri gula pasir dan gula merah menggunakan bahan baku tebu, sedangkan industri gula siwalan menggunakan bahan baku legen. Untuk pembahasan selanjutnya, akan dibahas industri gula yang menggunakan bahan baku tebu.

Konsumsi bahan baku yang terbesar adalah industri gula pasir. Indonesia mempunyai 68 buah perusahaan yang terdiri atas 52 buah perusahaan BUMN dan 16 buah perusahaan swasta. Produksi gula di Indonesia saat ini mencapai 3,8 juta ton dan diperkirakan akan terus meningkat menjadi 5 juta ton pada tahun 2015 (Gambar 1), dengan pertumbuhan sekitar 3,5 % pertahun dan pada tahun 2015 akan sedikit menurun menjadi 2,5 % pertahun. Hal ini sangat berkaitan dengan semakin meningkatnya produksi pemanis yang menggunakan bahan baku selain tebu.



Gambar 1. Statistik dan Prospek Produksi Gula di Indonesia [2][3][4]

3. Teknologi Turbin Gas/Gasifier Biomasa

Salah satu teknologi baru untuk memanfaatkan biomasa sebagai energi (bioenergi) secara modern yang dapat beroperasi secara komersial dalam waktu dekat ini adalah teknologi turbin gas/gasifier biomasa (BIG/GT : *Biomass Integrated Gasifier/Gas Turbine*). Penggunaan turbin gas dengan berbagai konfigurasi merupakan teknologi terdepan yang banyak dipilih untuk pembangkit listrik karena biaya investasi yang relatif rendah dan mempunyai efisiensi yang tinggi. Hal ini juga didukung dengan banyaknya riset turbin gas baik untuk keperluan militer maupun untuk kepentingan industri penerbangan yang terus dilakukan secara intensif. Dua konfigurasi aeroderivatif turbin gas yaitu STIG (*Steam-Injected Gas Turbine*) dan ISTIG (*Intercooled Steam-Injected Gas Turbine*).

Teknologi BIG/GT dapat dikembangkan dengan memodifikasi teknologi turbin gas/gasifier batubara (CIG/GT : *Coal Integrated Gasifier/Gas Turbine*). Disamping itu biomasa lebih mudah untuk digasifikasi dari pada batubara. Teknologi BIG/GT diperkirakan lebih cepat dapat dikomersialkan dibandingkan dengan CIG/GT karena biomasa mempunyai kandungan belerang yang lebih rendah, sehingga biaya untuk pengurangan emisi SO_x lebih rendah.

Table 1. Unjuk Kerja Sistem Cogeneration Biomasa [1]

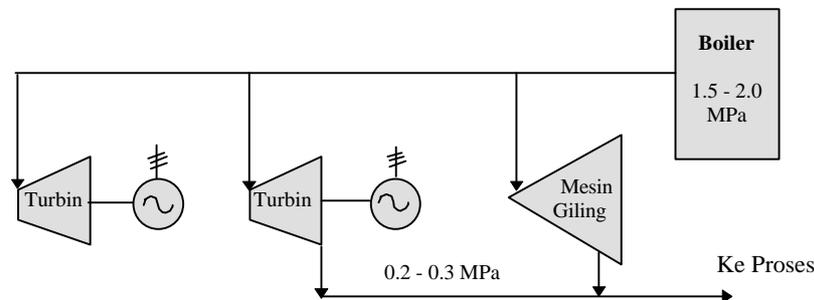
	Cogeneration						Hanya untuk Pembangkit Listrik			
	Listrik		Uap		Bahan Bakar	Produksi Gula	Listrik		Bahan Bakar	Produksi Gula
	(MW)	Efisiensi (%)	(ton/jam)	Efisiensi (%)	(ton/jam)	(ton/jam)	(MW)	Efisiensi (%)	(ton/jam)	(ton/jam)
CEST										
Generik	17,5	13,0	65,6	35,9	50,8	169,0	27,0	20,3	50,2	167,0
Generik	6,1	11,4	26,4	36,4	20,2	67,0	10,0	17,8	21,2	71,0
Generik	1,8	10,1	9,0	37,2	6,7	22,0	3,0	15,7	7,2	24,0
BIG/STIG										
LM-5000	38,8	31,3	47,7	30,0	27,6	157,0	53,0	35,6	33,0	188,0
LM-1600	15,0	29,8	21,8	33,8	11,2	65,0	20,0	33,0	13,2	75,0
GE-38	4,0	29,1	5,7	32,4	3,1	17,0	5,4	33,1	3,6	21,0
BIG-ISTIG										
LM-8000	97,0	37,9	76,2	25,4	57,7	328,0	111,2	42,9	57,3	325,0

Secara umum ada tiga teknologi *cogeneration* yang dapat digunakan di industri gula untuk memproduksi uap dan energi listrik, yaitu : *Condensing Extraction Steam Turbine*, *Biomass Integrated Gasifier/Steam-Injected Gas Turbine*, dan *Biomass Integrated Gasifier/Intercooled Steam-Injected Gas Turbine*.

3.1 CEST (*Condensing Extraction Steam Turbine*)

Industri gula yang mempunyai hasil sampingan alkohol pada umumnya menggunakan boiler konvensional berbahan bakar ampas tebu (*bagasse*) (Gambar 2). Boiler ini menghasilkan uap dengan tekanan 1,5 - 2,5 MPa dan cukup untuk keperluan penggilingan tebu dan proses industri serta membangkitkan listrik. Setiap ton tebu yang digiling menghasilkan uap antara 350 - 500 kg dan listrik antara 15 - 25 kWh.

Secara umum, industri ini kurang efisien dalam memanfaatkan energi, karena hanya menggunakan ampas tebu sesuai dengan keperluan produksinya. Kelebihan produksi ampas tebu akan ditimbun, sehingga dapat menimbulkan masalah bila sarana untuk penimbunannya tidak ada.

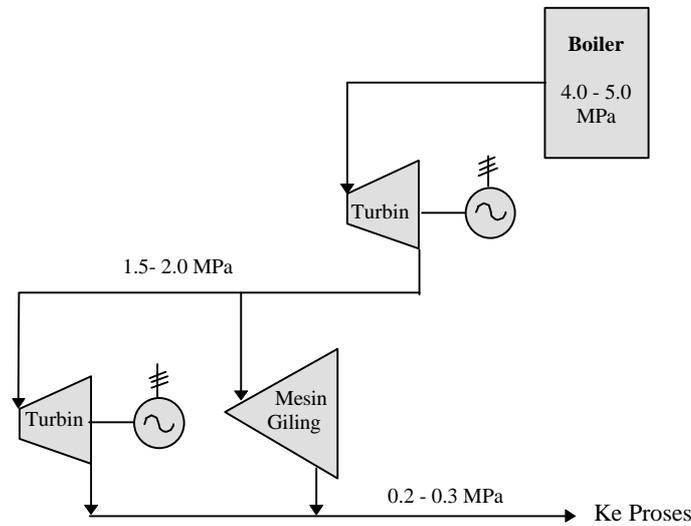


Gambar 2. Sistem Cogeneration di Industri Gula dengan Boiler Konvensional

Beberapa industri gula yang modern telah menggunakan teknologi CEST, tekanan uap yang dihasilkan boiler adalah sebesar 4,0 - 5,0 MPa. Dengan sistem ini, untuk setiap ton tebu yang digiling dapat menghasilkan uap sebesar 350 - 500 kg uap yang cukup untuk penggilingan tebu dan proses industri ditambah 70 - 120 kWh listrik atau dihasilkan kelebihan energi listrik sekitar 50 - 100 kWh. Kelebihan listrik ini dapat disalurkan ke jaringan interkoneksi listrik yang sudah ada. Selama musim giling bahan bakar yang dimanfaatkan untuk membangkitkan listrik berasal dari 50 % ampas tebu kering hasil penggilingan. Bila tidak musim giling bahan bakarnya berasal dari sisa ampas tebu, daun atau pucuk tebu yang kering (*barbojo*), kayu bakar atau menggunakan minyak diesel.

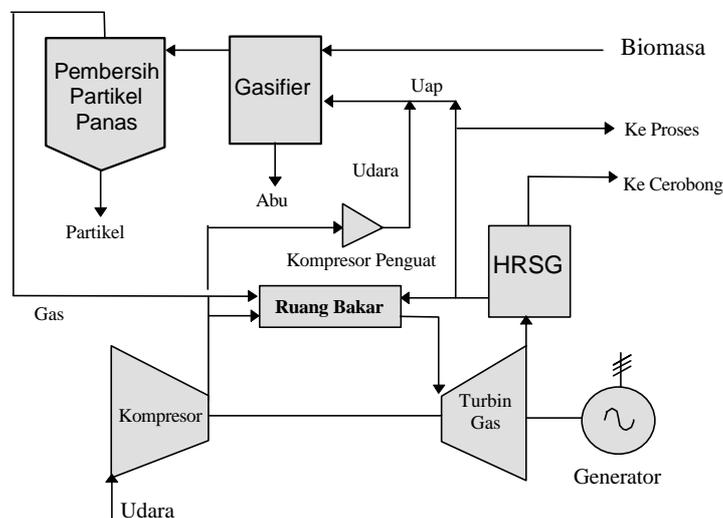
Meskipun penggunaan teknologi CEST dapat meningkatkan unjuk kerja dari industri gula, tetapi ditinjau dari kondisi uap yang dihasilkan serta pemanfaatannya untuk skala yang lebih besar, penggunaan siklus Rankine dalam sistem ini masih relatif kurang efisien. Teknologi CEST hanya menarik untuk diterapkan di skala sedang, sedangkan teknologi BIG/GT penerapannya lebih fleksibel dan akan dapat memperbaiki unjuk kerja baik secara

termodinamik dan ekonomi. Penggunaan teknologi BIG/GT, yang dapat berupa BIG/STIG atau BIG/ISTIG dan akan dibahas pada sub-bab berikut.



Gambar 3. Sistem Cogeneration di Industri Gula dengan Teknologi CEST [1]

3.2 BIG/STIG (*Biomass Integrated Gasifier/Steam-Injected Gas Turbine*)



Gambar 4. Sistem Cogeneration untuk Industri Gula dengan Teknologi BIG/STIG

Dalam BIG/STIG, biomasa digasifikasi dan diubah dalam bentuk gas yang mempunyai nilai kalor sekitar 15 - 20 % dari nilai kalor gas alam. Uap yang digunakan untuk proses gasifikasi, penggilingan tebu, dan proses produksi gula diperoleh dari HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*), yang memanfaatkan gas buang dari turbin gas. Uap yang tidak

dipakai dapat diumpangkan ke ruang bakar atau turbin untuk menaikkan daya *output* listrik dan meningkatkan efisiensi sistem.

Seperti pada sistem CEST, sistem BIG/STIG dapat menggunakan ampas tebu sebagai bahan bakar selama masa giling. Jika menggunakan gasifier *fixed bed* yang didesain dengan bahan bakar batubara, maka ampas tebu harus dipadatkan dalam bentuk briket dan pelet.

3.3 BIG/ISTIG (*Biomass Integrated Gasifier/Intercooled Steam-Injected Gas Turbine*)

Teknologi BIG/ISTIG serupa dengan BIG/STIG dengan memodifikasi sistem kompresor. Penambahan *intercooler* pada kompresor dapat menaikkan efisiensi turbin yang akhirnya meningkatkan unjuk kerja, sehingga *output* dari turbin akan meningkat secara pula. Peningkatan *output* turbin dapat berlipat ganda, karena kompresor yang dimodifikasi dengan penambahan *intercooler* akan bekerja lebih ringan dan temperature gas masukan dapat dinaikkan. Bahan bakar yang digunakan sama dengan sistem BIG/STIG yaitu menggunakan ampas tebu yang dipadatkan.

Teknologi BIG/STIG dan BIG/ISTIG saat ini masih dalam pengembangan dan belum beroperasi secara komersial. Riset dan pengembangan terus dilakukan dengan menggunakan dasar teknologi gasifikasi batubara terintegrasi. Teknologi BIG/STIG (Gambar 4) diperkirakan dapat komersial dalam 5 tahun mendatang dengan tahap awal menggunakan bahan bakar gas bumi.

4. Analisis Ekonomi

Setiap industri harus mempertahankan kesinambungan untuk jangka panjang, begitu juga industri gula. Gula merupakan komoditas yang harganya berfluktuasi sesuai dengan pasar dunia, sehingga untuk memperoleh pendapatan yang stabil dalam jangka panjang, industri gula perlu melakukan diversifikasi produk. Diversifikasi dalam industri gula yang sudah banyak digunakan di negara maju dan berkembang adalah :

1. memproduksi alkohol sebagai produk sampingan
2. membangkitkan listrik dengan sistem *cogeneration*.

Seperti telah dijelaskan, meskipun kebutuhan gula di dunia terus meningkat tetapi untuk jangka panjang tingkat pertumbuhannya akan menurun, sehingga diversifikasi dengan memproduksi alkohol dari fermentasi tetes tebu merupakan alternatif untuk dapat mempertahankan kelangsungan pabrik. Hal tersebut sudah banyak dilakukan di beberapa negara berkembang yang telah memproduksi alkohol dari tetes tebu atau dengan menggunakan teknologi lain yang dapat memproduksi alkohol langsung dari fermentasi tebu.

Teknologi ini sudah digunakan di Brasil. Pabrik gula dengan teknologi ini menunjukkan peningkatan produksi, yaitu dari 3,4 milyar liter/tahun pada tahun 1979/80 menjadi 11,5 milyar liter/tahun pada tahun 1987/88. Pada tahun 1987/88, 4,5 % dari total kebutuhan energi di Brasil dipenuhi dari alkohol. Namun di Indonesia saat ini, harga alkohol yang dihasilkan dari tebu ini belum dapat bersaing dengan harga bahan bakar minyak (BBM).

Di negara maju, industri gula yang memproduksi listrik dengan sistem *cogeneration* sudah umum digunakan. Kelebihan listrik yang dihasilkan dapat dijual ke perusahaan listrik yang sudah ada. Penjualan listrik merupakan hal yang penting untuk kestabilan pendapatan bagi perusahaan, karena pendapatan dari hasil penjualan listrik sering seimbang dengan pendapatan dari penjualan gula.

Table 2. Biaya Sistem Cogeneration Biomasa [1]

	Kapasitas Terpasang	Biaya Investasi	Biaya Perawatan		Biaya Tenaga Kerja
			Tetap	Tidak Tetap	
	(MW)	(\$/kW)	(1000 \$/tahun)	(\$/kWh)	(1000 \$/tahun)
CEST					
Generik	27,0	1556	664,0	0,003	129,6
Generik	10,0	2096	246,0	0,003	97,2
Generik	3,0	3008	73,8	0,003	97,2
BIG/STIG					
LM-5000	53,0	990	1304,0	0,001	297,0
LM-1600	20,0	1230	492,0	0,001	108,0
GE-38	5,4	1650	133,0	0,001	97,2
BIG-ISTIG					
LM-8000	111,2	770	2736,0	0,001	405,0

^{*)} Dalam US \$ 1986

Saat ini peraturan di Indonesia sudah memungkinkan bagi industri gula untuk menjual kelebihan listriknya ke PLN. Selaian itu pemerintah juga mendorong partisipasi swasta dalam usaha penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan umum. Hal ini tertuang dalam Keppes No. 37 tahun 1992 tentang usaha penyediaan listrik oleh swasta dan Permen No. 04P/10/MPE/1995. Pola yang digunakan dalam penyediaan tenaga listrik oleh swasta adalah dengan pola membangun, memiliki dan mengoperasikan (BOO : *Build-Own-Operate*). Sedangkan tarif tenaga listrik ditetapkan secara berkala berdasarkan perubahan harga bahan bakar, harga pembelian listrik dari swasta, tingkat inflasi dan nilai tukar mata uang asing sesuai dengan Keppres No. 67 tahun 1994 tentang penyempurnaan mekanisme penetapan harga jual tenaga listrik. Sejalan dengan peraturan ini maka teknologi BIG/GT merupakan teknologi yang dapat diimplementasikan oleh industri gula untuk berpartisipasi dalam penyediaan listrik di Indonesia.

Berdasarkan pengalaman yang diperoleh di industri gula di Brasil, dihasilkan perhitungan desain kebutuhan listrik dan uap untuk ketiga jenis *cogeneration* di industri gula seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Jika sistem CEST, BIG/STIG dan BIG/ISTIG dioperasikan terus dalam satu tahun dengan masa giling selama 160 hari, untuk setiap ton tebu masing-masing sistem dapat memproduksi listrik sebesar 298 kWh, 672 kWh dan 733 kWh.

Tabel 3. Kebutuhan Listrik dan Uap untuk Industri Gula [1]

	Conventional	Steam Conserving I	Steam Conserving II
-Moderate Pressure Steam (2.1 MPa, 300 °C)			
Total steam used	466 kg/tc	258 kg/tc	223 kg/tc
Cane mills	226 kg/tc	226 kg/tc	223 kg/tc
Back-pressure steam turbines	175 kg/tc	32 kg/tc	-
Throttled to low pressure	65 kg/tc	-	-
Total exhaust steam available	466 kg/tc	258 kg/tc	223 kg/tc
-Low Pressure Steam (mill and turbine exhaust @ 0.25 Mpa, 127 °C, saturated)			
Total steam use	454 kg/tc	258 kg/tc	223 kg/tc
Evaporator	61 kg/tc	97 kg/tc	97 kg/tc
Direct to juice heaters	130 kg/tc	-	-
Distillation	256 kg/tc	155 kg/tc	120 kg/tc
De-aerator	8 kg/tc	6 kg/tc	6 kg/tc
Electricity Demand (pump, fans)	12.5 kWh/tc	12.5 kWh/tc	12.5 kWh/tc
-Electricity Production			
Factory steam turbines	12.5 kWh/tc	2.3 kWh/tc	-
with CEST cogeneration system	92 kWh/tc	123 kWh/tc	129 kWh/tc
with BIG/STIG cogeneration system	-	252 kWh/tc	256 kWh/tc
with BIG/ISTIG cogeneration system	-	-	298 kWh/tc
Maximum electricity for export	92 kWh/tc (CEST)	242 kWh/tc (BIG/STIG)	286 kWh/tc (BIG/ISTIG)

*) tc = ton of cane

Berdasarkan data statistik, dari bahan baku tebu akan dapat dihasilkan gula sekitar 10 % berat dan ampas tebu sekitar 32 %. Dengan asumsi ini dan proyeksi produksi gula yang dijabarkan pada Gambar 1, besarnya produksi tebu di Indonesia pada tahun 2015 dapat diperkirakan yaitu sebesar 50 juta ton setiap tahun. Dengan memanfaatkan *cogeneration* BIG/ISTIG di industri gula dapat dihasilkan listrik sebesar 36,7 TWh pada tahun 2015 (733 kWh/(ton-tebu) * 50 juta ton-tebu). Produksi listrik ini setara dengan setengah kebutuhan listrik pada saat ini.

5. Potensi Pengurangan Emisi CO₂

Pada tahun 1992 diadakan konferensi internasional tentang perubahan iklim di Rio de Janeiro. Konferensi yang diselenggarakan oleh PBB ini melahirkan deklarasi bersama yang disebut Konvensi Rio. Indonesia merupakan salah satu dari 150 negara yang menandatangani Konvensi Rio setuju untuk secara rutin melaporkan emisi CO₂ di wilayah Indonesia. CO₂ merupakan salah satu gas yang menyumbang terjadinya efek rumah kaca yang dapat menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim. Gas-gas lainnya yang juga turut andil

terjadinya efek rumah kaca yaitu *methane*, CFC (*Chloroflourocarbon*) dan nitrogen oksida. Meskipun saat ini emisi CO₂ di Indonesia masih relatif kecil bila dibandingkan dengan total emisi CO₂ di dunia, Indonesia saat ini sudah tanggap terhadap isu ini dan aktif melakukan inisiatif untuk mengurangnya.

Tabel 4. Potensi pengurangan emisi CO₂ di industri gula yang memproduksi gula dan alkohol

UNIT : kg Carbon/(ton of cane)	Conventional Power system	CEST	BIG/STIG	BIG/ISTIG	BIG/ISTIG with Shortened Milling Season
Sugar Factories					
<i>Gross CO₂ Reduction</i>					
1. If Extra Cogenerated Electricity Displaces Coal-Based Electricity	-	76.2	169.4	184.5	226.4
<i>CO₂ Penalties</i>					
1. Barbojo Recovery	-	1.4	1.6	1.4	1.9
2. Power Plant Construction	-	0.5	1.1	1.1	1.3
3. Power Plant O&M	-	1.3	3.0	3.0	3.6
4. Subtotal	-	3.2	5.7	5.5	6.8
<i>Net CO₂ Reduction</i>	-	73.0	163.7	179.0	219.6
Alcohol Distilleries					
<i>Gross CO₂ Reduction</i>					
1. If Extra Cogenerated Electricity Coal-Based Electricity	-	76.2	169.4	184.5	226.4
2. If Ethanol Displaces Oil	45.3	45.3	45.3	45.3	45.3
3. If CH ₄ Displaces Oil	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
4. Subtotal	52.6	128.8	222.0	237.1	279.0
<i>CO₂ Penalties</i>					
1. Cane Production, Harvesting, and Transport	6.1	7.5	7.7	7.5	8.0
2. Distillery Manufacture	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
3. Distillery O&M	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
4. Power Plant Construction	-	0.5	1.1	1.1	1.3
5. Power Plant O&M	-	1.3	3.0	3.0	3.6
6. Subtotal	9.6	12.8	15.3	15.1	16.4
<i>Net CO₂ Reduction</i>	43.0	116.1	206.7	222.0	262.6

¹⁾ Barbojo = The tops and leaves of the sugar cane plant

Dengan pertimbangan bahwa pada tahun 2015 turbin gas/gasifier biomasa terintegrasi sudah dapat beroperasi secara komersial dan sudah diterapkan di Indonesia maka untuk melihat potensi pengurangan emisi CO₂ di industri gula akan ditinjau pada tahun 2015. Pendekatan yang diambil untuk asumsi adalah energi listrik yang diproduksi oleh industri gula dapat menggantikan produksi listrik yang dibangkitkan dengan menggunakan bahan bakar batubara. Total emisi CO₂ dari penanaman tebu, transportasi waktu panen dan memprosesnya di industri gula diperkirakan akan dapat mengurangi emisi CO₂ sebesar 52,6 kg C untuk setiap ton tebu dengan teknologi konvensional. Koproduksi gula dan listrik akan mengurangi emisi CO₂ sebesar 73 - 220 kg C untuk setiap ton tebu dan untuk industri gula yang memproduksi gula, alkohol dan listrik diperkirakan akan dapat mengurangi emisi CO₂

sebesar 116 - 263 kg C untuk setiap ton tebu. Perincian potensi pengurangan emisi CO₂ ditunjukkan pada Tabel 4. Sehingga dengan teknologi turbin gas/gasifier biomasa terintegrasi dan dengan memproduksi alkohol, industri gula di Indonesia pada tahun 2015 berpotensi mengurangi emisi CO₂ setiap tahun sebesar 13,15 juta ton C.

6. Kesimpulan

- Teknologi turbin gas/gasifier biomasa terintegrasi memungkinkan untuk segera diterapkan sejalan dengan perkembangan teknologi turbin gas/gasifier yang berbahan bakar batubara.
- Pengembangan teknologi BIG/GT untuk industri gula merupakan strategi yang tepat dalam mengembangkan biomasa sebagai sumber energi, disamping secara simultan membantu mengurangi emisi CO₂ yang diakibatkan oleh pembakaran bahan bakar fosil.
- Penerapan teknologi BIG/GT untuk industri gula dapat turut menambah partisipasi pihak swasta dalam pengadaan energi listrik untuk umum.

Daftar Pustaka

- [1] J.M. Ogden, R.H. Williams, and M.E. Fulmer (1991). *Cogeneration Applications of Biomass Gasifier / Gas Turbine Technology in the Cane Sugar and Alcohol Industries*, Energy and Environmental in the 21-st Century Proceeding, The MIT Press.
- [2] Bagian Evaluasi dan Laporan Statistik (1996). *Statistik Indonesia 1995*, Biro Pusat Statistik, Jakarta.
- [3] BPS (1995). *Statistik Industri 1994*, Biro Pusat Statistik, Jakarta.
- [4] BPPT-KFA (1988). *MACRO : Macro-economic Computer Model, Final Program and Input/Output Listing*.
- [5] AEEMTRC (1996). *Biomass-Fuel of The Past and for The Future*, Effergy, Vol.2, No.1.