

LISTRIK SEBAGAI KO-PRODUK POTENSIAL PABRIK GULA

Yahya Kurniawan dan H. Santoso

*Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia, Jalan Pahlawan No. 25, Pasuruan 67126
Telp. (0343) 421086, 421087, Faks. (0343) 421178, E-mail: info@sugarresearch.org; santosohendro@gmail.com*

Diajukan: 16 Februari 2009; Diterima: 10 Maret 2009

ABSTRAK

Krisis energi global berdampak pada peningkatan harga listrik dan keterbatasan pasokan listrik sehingga pengembangan bioenergi sebagai sumber energi berkelanjutan berpotensi untuk diwujudkan. Tebu merupakan sumber energi potensial untuk menghasilkan listrik. Di beberapa negara, industri gula menghasilkan surplus listrik sehingga dapat dijual ke perusahaan listrik setempat. Dengan menggunakan teknologi *condensing/extraction turbines* (TCE), pabrik gula (PG) berpotensi menghasilkan listrik 150 kWh/t tebu, bahkan dengan teknologi *biomass integrated gasification to gas turbines* (BIG-GT) mampu memproduksi 300 kWh/t tebu. Produksi listrik dengan teknologi TCE berpotensi untuk diterapkan pada sebagian PG di Indonesia. Potensi produksi listrik yang bisa digali dalam jangka pendek atau menengah diperkirakan sebesar 379.310 MWH dari surplus ampas tebu dan 1.029.630 MWH dari daun tebu kering, sehingga total potensi produksi listrik dari tebu sebesar 1.408.940 MWH.

Kata kunci: Tebu, pabrik gula, energi listrik, *biomass integrated gasification to gas turbines*, *condensing/extraction turbines*

ABSTRACT

Electricity as a potential co-product of sugar factory

Global energy crisis not only impact the increase in electricity price but also influence the shortage of electricity supply, so that the development of bioenergy as a potential renewable energy resource needs to be accomplished. Sugar cane is the potential energy resource to produce electricity. Some sugar producing countries have already sold electricity surplus to local company. Electricity production was about 150 kWh/ton of cane by using technology of *condensing/extraction turbines* (TCE). Moreover, new technology by using *biomass integrated gasification to gas turbines* (BIG-GT) was able to produce 300 kWh/ton of cane. Production of electricity by using TCE technology is potential to be applied in some sugar factories in Indonesia. The potential of electricity production in the near future is estimated around 379,310 MWH from surplus of bagasse and around 1,029,630 MWH from trash, so that the total potency of electricity production from sugar cane is about 1,408,940 MWH.

Keywords: Sugar cane, sugar factory, electricity, *biomass integrated gasification to gas turbines*, *condensing/extraction turbines*

Tebu dikenal sebagai tanaman multi-produk. Lebih dari 150 macam ko-produk tebu telah ditemukan dan lebih dari 50 jenis di antaranya telah diproduksi secara komersial (Rao 1997). Salah satu ko-produk tebu yang telah dikembangkan secara komersial adalah energi listrik. Perkembangan teknologi yang pesat ikut mendorong produksi energi listrik dari tebu menjadi makin efisien, baik konversi ampas menjadi uap maupun konversi uap menjadi energi listrik. Dengan menggunakan teknologi konvensional, untuk memproduksi 1 kWh energi listrik diperlukan 10 kg ampas, tetapi dengan tekno-

logi modern hanya dibutuhkan 2 kg ampas (Lamonica *et al.* 2005). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa produksi energi listrik dari ampas tebu makin kompetitif.

Harga minyak bumi yang sulit diprediksi dalam satu dekade terakhir telah mendorong pengembangan bioenergi sebagai sumber energi alternatif, di luar sumber energi fosil yang kian langka. Tanaman tebu merupakan alternatif sumber energi yang potensial karena tebu menghasilkan biomassa berupa ampas tebu (*bagasse*) dan daun tebu kering (*daduk*). Tebu juga tergolong sebagai tanaman yang paling efektif dalam

mengubah energi matahari menjadi energi kimia dalam bentuk biomassa. Tanaman tebu mampu memproduksi biomassa tidak kurang dari 100 t/ha dalam waktu kurang dari 1 tahun. Dengan demikian, biomassa tebu merupakan sumber energi terbarukan yang potensial sebagai sumber energi listrik karena tersedia dalam jumlah yang cukup besar di pabrik gula (PG).

Industri gula dikenal sebagai industri yang memasok energinya sendiri (*self sufficiency energy*) karena energi yang diperlukan untuk mengolah tebu menjadi gula berasal dari biomassa tebu. Bahkan banyak industri gula di dunia memiliki

surplus energi dan mampu memproduksi energi listrik sehingga menghasilkan nilai tambah ekonomis yang cukup menarik (Hassuani 2001; Morris dan Waldheim 2001; Verbanck *et al.* 2001). Sebagian PG di Indonesia memiliki potensi untuk menghasilkan surplus listrik apabila dilakukan penataan kembali terhadap produksi dan konsumsi energi PG secara efisien sehingga mampu mencapai tingkat efisiensi energi yang memadai (Susmiadi *et al.* 2008a; 2008b). Dengan konsumsi energi yang efisien, PG berpeluang menjual listrik ke PLN. Di samping itu, beberapa keuntungan lain dapat diperoleh, seperti menghindari suplesi energi, menghemat biaya energi, membuka peluang untuk optimasi penggunaan peralatan, dan meningkatkan daya saing perusahaan.

Dalam tulisan ini diuraikan potensi listrik sebagai ko-produk tebu, prospeknya, dan upaya yang diperlukan untuk menggali potensi industri gula Indonesia.

DINAMIKA PENGEMBANGAN ENERGI LISTRIK

Kebijakan Energi Nasional

Krisis energi dunia yang berakibat pada melonjaknya harga bahan bakar minyak (BBM) hingga 200% pada pertengahan tahun 2005 berdampak pada biaya hidup yang semakin mahal. Masalah kemiskinan, degradasi lingkungan, dan ancaman krisis energi merupakan tugas utama yang perlu segera diselesaikan. Ancaman krisis energi hanya dapat dihadapi dengan memperkuat ketahanan energi nasional.

Salah satu bentuk pendekatan yang komprehensif untuk memperkuat ketahanan energi adalah melakukan diversifikasi energi. Pemerintah terus berupaya mengurangi ketergantungan pada BBM. Proporsi minyak bumi yang mencapai 54,40% pada tahun 2003 ditargetkan menurun menjadi kurang dari 20% dari total kebutuhan energi nasional pada tahun 2025.

Seperti tertuang dalam Peraturan Presiden No. 5 tahun 2006, pemerintah mencanangkan untuk memproduksi bahan bakar yang berasal dari berbagai sumber. Menurunnya proporsi minyak bumi dikompensasi dengan meningkatkan penggunaan batu bara dari 14,10% pada tahun 2003 menjadi 33% pada tahun 2025. Demikian pula dengan penggunaan

sumber energi lain, termasuk biomassa, ditargetkan meningkat dari 0,20% pada tahun 2003 menjadi 7% pada tahun 2025. Pengembangan biomassa sebagai energi terbarukan mengacu pada kebijakan energi nasional dan kebijakan energi hijau, sementara pemanfaatan biomassa untuk pembangkitan tenaga listrik mengacu pada Pasal 4 Undang-undang No. 20 tahun 2002 tentang ketenagalistrikan. Pedoman perusahaan pembangkit tenaga listrik tertuang dalam Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 02 Tahun 2002.

Pengembangan listrik ditinjau dari kebijakan pemerintah sebenarnya telah searah dengan kebijakan energi nasional (Tabel 1). Hal ini juga akan mendukung PLN sebagai perusahaan yang menjual listrik ke masyarakat. Peluangnya juga masih besar terutama di luar Jawa dan PLN pun masih kekurangan listrik. Kendala

pengembangan pada industri gula justru terletak pada ketersediaan ampas tebu yang relatif kecil sehingga peningkatan efisiensi energi PG perlu dilakukan apabila pengembangan nilai perolehan tebu ingin dicapai. Peluang penjualan listrik ini juga diminati banyak investor.

Sumber Energi Listrik

Ancaman krisis energi telah menjadi realita dengan melonjaknya harga minyak bumi pada tahun 2005. Biaya BBM untuk keperluan pembangkitan tenaga listrik mencapai Rp8,76 triliun untuk bahan bakar solar dan Rp4,08 triliun untuk bahan bakar residu pada tahun 2005. Proporsi biaya penggunaan BBM untuk pembangkitan tenaga listrik mencapai 60% dari total biaya bahan bakar untuk pembangkit listrik (Tabel 2). Upaya PLN untuk meng-

Tabel 1. Daftar kebijakan pengembangan pembangkit listrik tenaga biomassa di Indonesia.

Regulasi	Cakupan
Instruksi Presiden No. 1/2006, 25 Januari 2006	Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (<i>Biofuel</i>) sebagai Bahan Bakar Lain
Peraturan Presiden No. 5/2006, 25 Januari 2006	Kebijakan Energi Nasional
Peraturan Presiden No. 5/2006	Penyediaan dan Pemanfaatan Ketenagalistrikan
Peraturan Menteri ESDM No 02/2006	Pengusahaan Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Energi Terbarukan Skala Menengah
Peraturan Menteri ESDM No. 001/2006	Prosedur Pembelian Tenaga Listrik dan/ atau Sewa Menyewa Jaringan dalam Usaha Penyediaan Tenaga Listrik untuk Kepentingan Umum
Peraturan Menteri ESDM No. 004/2007	Perubahan atas Peraturan Menteri ESDM No. 001/2006
Keputusan Menteri ESDM No. 1122 K/30/MEM/2002	Pembangkit Tenaga Listrik Skala Kecil Tersebar

Tabel 2. Nilai pemakaian bahan bakar untuk keperluan pembangkitan.

Jenis bahan bakar	Jumlah (ribu)	Harga (Rp miliar)	Persentase biaya
Solar (kl)	5.028	8.781	41,05
Minyak diesel (IDO) (kl)	32	54	0,25
Residu (kl)	2.558	4.080	19,07
Batu bara (t)	15.260	3.522	16,46
GM alam (MMSCF)	184	3.972	18,57
Kap panas bumi (MWH)	3.114	983	4,60
Total	–	21.392	100

Sumber: Badan Pusat Statistik (2006b).

gunakan sumber energi gas alam belum berhasil karena pasokan gas alam belum mencukupi.

Upaya untuk menurunkan kebergantungan pada BBM telah dilakukan PLN dengan merencanakan penggunaan bahan bakar lain, terutama batu bara. Penandatanganan nota kesepakatan dengan Cina pada tahun 2006 berkaitan dengan pembangunan pembangkit listrik berbahan bakar batu bara. Selain itu, ada rencana pemerintah untuk menggunakan tenaga nuklir pada pembangkit listrik di Jawa Tengah.

Pembangkit listrik PLN pada saat ini terdiri atas enam jenis, yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang memasok listrik 9,40%, Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) 43,80%, Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) 4,50%, Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) 31,40%, Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) 3,30%, dan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) 8,10% (Badan Pusat Statistik 2006a). Perkembangan kapasitas pembangkit listrik PLN selama tahun 2000–2004 belum banyak mengalami perubahan (Tabel 3).

Pengembangan kapasitas pembangkit listrik diupayakan dengan meningkatkan peran swasta. Dalam era pembangunan jangka panjang, diharapkan peran swasta makin meningkat sehingga memiliki peran yang seimbang atau bahkan lebih besar dari PLN.

Prospek Energi Listrik

Konsumsi listrik di Indonesia

Prospek usaha listrik cukup baik, mengingat tingkat konsumsi listrik per kapita per tahun di Indonesia tergolong rendah. Berdasarkan catatan *The World Fast*

Book, konsumsi listrik di Indonesia tercatat 473 kWh/kapita/tahun, di bawah Filipina, Thailand, dan Malaysia. Apalagi bila dibandingkan dengan negara maju seperti Amerika Serikat dan Jepang yang konsumsi listriknya berturut-turut mencapai 12.187 kWh dan 7.424 kWh/kapita/tahun (Tabel 4).

Hingga saat ini, belum semua masyarakat Indonesia bisa menikmati listrik. Jumlah pelanggan listrik PLN pada tahun 2004 tercatat 33,36 juta, dengan pertumbuhan 3,93%/tahun sejak tahun 2000. Jumlah pelanggan PLN meningkat hampir dua kali lipat selama 10 tahun, yaitu mencapai 16,92 juta pelanggan pada tahun 1994. Dari jumlah tersebut, pelanggan rumah tangga hanya 31,10 juta. Sisanya adalah pelanggan bisnis yang mencapai 1,38 juta, pelanggan industri 48 ribu, dan kelompok pelanggan lainnya 841 ribu pada tahun 2004 (Badan Pusat Statistik 2006a).

Jumlah listrik yang terjual kepada pelanggan pada tahun 2000 sebesar 79,20 juta MWH, sedangkan jumlah listrik terjual pada tahun 2004 tercatat 99,80 juta MWH. Dengan demikian terjadi peningkatan 5,95% setiap tahun, sementara listrik yang diproduksi PLN pada tahun 2000 sebesar 83,68 juta MWH dan tahun 2004 sebesar

Tabel 4. Konsumsi listrik di beberapa negara.

Negara	Konsumsi listrik (kWh/kapita/tahun)
Amerika Serikat	12.187
Jepang	7.424
Cina	2.140
Singapura	7.268
Malaysia	2.887
Thailand	1.731
Filipina	537
Indonesia	473

Sumber: Anonymous (2007).

95,05 juta MWH dengan pertumbuhan 3,23%/tahun. Selain itu, jumlah listrik yang dibeli PLN juga mengalami peningkatan dari 9,14 juta MWH pada tahun 2000 menjadi 24,05 juta MWH pada tahun 2004, dengan pertumbuhan rata-rata 27,38%/tahun.

Dampak krisis energi

Krisis energi dunia berakibat melonjaknya harga BBM lebih dari 200% sejak pertengahan 2005 hingga 2007, dengan harga sudah di atas US\$90/barrel. Fenomena krisis energi ini juga melanda PLN sebagai perusahaan listrik negara karena proporsi biaya BBM untuk pembangkitan tenaga listrik mencapai 60% dari total biaya bahan bakar, sementara upaya PLN untuk menggunakan gas alam sebagai sumber energi juga belum sepenuhnya berhasil (Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi 2007). Perkembangan kapasitas pembangkit listrik hanya sekitar 0,79%/tahun (Badan Pusat Statistik 2006a).

Dari enam jenis pembangkit listrik PLN, yaitu PLTA, PLTU, PLTG, PLTGU, PLTP, dan PLTD, penggunaan energi BBM masih diperlukan untuk PLTU walaupun sebagian telah menggunakan batu bara. Biaya bahan bakar untuk pembangkit listrik masih didominasi oleh biaya energi BBM seperti solar,IDO, dan residu yang mencapai 60% dari biaya total bahan bakar. Dengan kondisi tersebut, PLN terkendala dengan kenaikan harga BBM.

Distribusi listrik

Distribusi listrik PLN meningkat dari 79,17 juta MWH pada tahun 2000 menjadi 112,19 juta MWH pada tahun 2006, dengan pertumbuhan rata-rata 5,99%/tahun. Sementara pembelian listrik oleh PLN dari pembangkit swasta non-PLN terus meningkat dari sekitar 9,10 juta MWH pada tahun 2000 menjadi 39,70 juta MWH pada tahun 2006, dengan laju pertumbuhan rata-rata 28,45%/tahun. Proporsi produksi listrik dari pembangkit non-PLN terhadap produksi listrik total sebesar 29,40% (Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi 2007).

Distribusi listrik PLN selama tahun 2000–2004 menunjukkan perkembangan yang positif dengan laju pertumbuhan 5,99% (Badan Pusat Statistik 2006a). Gambaran tersebut memperlihatkan pros-

Tabel 3. Kapasitas terpasang pembangkit listrik PLN (MW).

Kapasitas terpasang	1999	2000	2001	2002	2003
PLTA	3.016	3.010	3.105	3.154	3.164
PLTU	6.771	6.770	6.900	6.900	6.900
PLTG	1.517	1.207	1.224	1.226	1.226
PLTGU	6.282	6.863	6.863	6.863	6.863
PLTP	360	360	380	380	380
PLTD	2.650	2.640	2.580	2.590	2.671

Sumber: Badan Pusat Statistik (2006a).

pek pemasaran listrik di Indonesia cukup baik, dan dengan mahalannya harga BBM maka produksi listrik dengan sumber energi terbarukan akan menjadi kompetitif. Demikian pula produksi listrik dengan sumber energi ampas tebu akan menjadi kompetitif.

POTENSI ENERGI LISTRIK INDUSTRI GULA

Sumber Energi Biomassa Tebu

Ampas tebu

Biomassa tebu yang biasa digunakan sebagai sumber energi bagi PG adalah ampas tebu (Kurniawan 1999; Kurniawan *et al.* 2007). Nilai kalori ampas tebu dalam bentuk *net calorific value* sekitar 7.600 kJ/kg pada kadar air 50% (Paturau 1989). Nilai kalori tersebut lebih rendah daripada nilai kalori kayu sebesar 11.715 kJ/kg pada kadar air 30%. Walaupun demikian, ampas tebu merupakan sumber energi yang potensial karena tersedia di PG dalam jumlah besar dan bersifat terbarukan. Hanya dalam waktu 12 bulan, setiap hektar lahan dapat menghasilkan tidak kurang dari 30 ton ampas tebu. Sementara dalam waktu yang sama, produksi kayu kurang dari separuhnya dan itu pun harus menunggu 8–10 tahun untuk menebangnya.

Jumlah ampas yang tersedia di PG bergantung pada banyaknya tebu yang digiling dan kadar sabut dari varietas tebu. Jumlah ampas yang tersedia di PG bervariasi antara 25–34% dari bobot tebu yang digiling. Jadi, bila jumlah ampas tebu rata-rata 30% dari bobot tebu dan kapasitas giling sebuah PG sebesar 5.000 ton tebu per hari (TTH) maka jumlah ampas yang tersedia sekitar 1.500 t/hari. Biasanya ampas tersebut digunakan sebagai sumber energi untuk mengolah tebu menjadi gula. Pada PG yang pengolahan energinya efisien, potensi surplus ampas bisa mencapai 10% dari bobot tebu atau sekitar 500 ton ampas per hari untuk PG berkapasitas 5.000 TTH. Untuk musim giling selama 180 hari maka sebuah PG dengan kapasitas 5.000 TTH berpotensi menghasilkan surplus ampas 90.000 ton dalam satu musim giling atau setara dengan 34.483 MWH (Kurniawan *et al.* 2006). Dengan produksi tebu nasional sekitar 33 juta t/tahun, dan 30% dari jumlah tersebut dapat diolah secara efisien dengan surplus

ampas 10% dari tebu yang digiling, maka potensi surplus ampas yang diperoleh sebesar 990.000 ton atau setara dengan 379.310 MWH per musim giling.

Daun tebu kering

Daun tebu kering atau daduk adalah sumber energi biomassa lainnya dari tebu yang memiliki nilai kalori 14.656 kJ/kg. Jumlah daduk yang dihasilkan sebesar 14% dari bobot tebu yang dipanen (Subiantoro 2006). Jika produksi tebu Indonesia sekitar 33 juta t/tahun maka potensi daun tebu kering mencapai 4,62 juta ton. Bila 30% dari jumlah tersebut berpotensi digunakan untuk produksi listrik maka potensinya sebesar 1,39 juta ton daduk atau setara dengan 1.029.630 MWH.

Dari dua jenis biomassa tebu tersebut dapat diketahui potensi sumber energi biomassa tebu yang mencapai 1.408.940 MWH. Dalam jangka panjang, potensi tersebut akan meningkat lebih dari dua kali atau sebesar 2,80 juta MWH seiring dengan revitalisasi PG dan perkembangan produksi tebu.

Perkembangan Teknologi

Industri gula memiliki potensi listrik dan telah diimplementasikan di banyak negara produsen gula tebu (Rao 1987; Paturau 1989; Hansjoachim dan Waganoff 1999). Dewasa ini dikenal tiga jenis teknologi kogenerasi, yaitu: 1) *backpressure turbines* (TB), 2) *condensing/extraction turbines* (TCE), dan 3) *biomass integrated gasification to gas turbines* (BIG-GT).

Backpressure turbines merupakan teknologi konvensional dan pada umumnya masih digunakan pada PG di Indonesia. Teknologi ini menggunakan uap bertekanan rendah-menengah (< 20 bar) dengan konversi 12–19 kg uap/kWh.

Condensing/extraction turbines merupakan teknologi yang digunakan secara komersial untuk memproduksi listrik tenaga uap, termasuk produksi listrik pada industri gula di luar negeri. Namun, sampai saat ini belum ada PG di Indonesia yang menggunakan teknologi ini, tetapi telah digunakan oleh produsen listrik swasta. Teknologi TCE menggunakan uap bertekanan tinggi (45–60 bar) dengan konversi 4–6 kg uap/kWh. Pengalaman di Brasil menunjukkan bahwa industri gula mampu memproduksi 150 kWh/t tebu dengan menggunakan teknologi TCE. Dengan demikian, sebuah PG berkapasitas 5.000 TTH berpotensi menghasilkan listrik 135.000 MWH selama 180 hari giling atau senilai Rp62,10 miliar. Kapasitas pembangkit diperkirakan 15,40 MWH dengan waktu operasi 365 hari setahun.

Biomass integrated gasification to gas turbines merupakan teknologi terbaru yang diuji coba di Brasil dan Australia (Linero *et al.* 2001; Morris dan Waldheim 2001; Lora *et al.* 2007). Teknologi ini menggunakan metode gasifikasi yang terintegrasi dengan turbin gas. Teknologi BIG-GT mampu menghasilkan listrik dua kali lebih besar dibandingkan teknologi TCE, yaitu 300 kWh/t tebu (Tabel 5).

Di antara ketiga teknologi tersebut maka teknologi TCE paling potensial untuk digunakan secara komersial. Walaupun teknologi BIG-GT paling besar potensinya, teknologi tersebut masih baru dan dalam masa uji coba.

Tabel 5. Potensi beberapa jenis teknologi kogenerasi.

Jenis teknologi	Tekanan uap (kg/cm ²)	Konversi uap (kg/kWh)	Potensi produksi listrik (kWh/t tebu)
<i>Backpressure turbines</i> (TB)			
<i>Single stage</i>	<10	17–19	28
<i>Multi stage</i>	<30	11–14	60
<i>Condensing/extraction turbines</i> (TCE)	45–60	4–6	150
<i>Biomass integrated gasification to gas turbines</i> (BIG-GT)	–	–	300

Sumber: Lamonica *et al.* (2005); Lau *et al.* (2007).

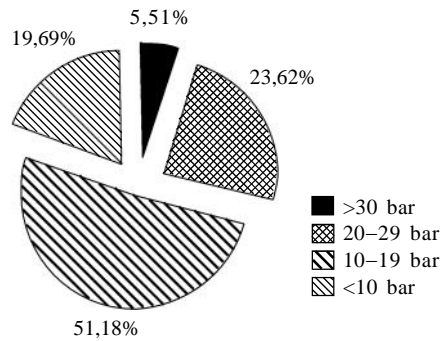
UPAYA MENGGALI POTENSI

Meningkatkan Efisiensi Energi PG

Beberapa waktu yang lalu pada saat energi murah, tingkat efisiensi energi PG tidak terlalu mendapat perhatian karena biaya energi relatif tidak membebani biaya produksi. Namun, seiring dengan peningkatan biaya energi yang signifikan pada era krisis energi beberapa tahun terakhir, dirasa perlu untuk meningkatkan efisiensi energi pada PG. Walaupun harga minyak global akhir-akhir ini cenderung menurun, sumber energi fosil yang semakin menipis menyebabkan penggunaan sumber energi terbarukan terus dikembangkan di berbagai negara.

Di Indonesia, kondisi PG yang masih boros energi sudah saatnya mendapatkan perhatian dalam upaya meningkatkan efisiensi energi PG. Sebagian PG berkapasitas besar, yaitu lebih dari 5.000 TTH sudah mulai meningkatkan efisiensi energi sehingga tingkat konsumsi uap dapat diturunkan dari sekitar 60% tebu menjadi kurang dari 50% tebu (Kurniawan *et al.* 2008). Pada kondisi tersebut, suplesi energi berupa bahan bakar lain seperti residu, kayu, dan limbah gergaji tidak diperlukan lagi karena bahan bakar yang digunakan cukup hanya dari ampas tebu. Bahkan saat ini, beberapa PG berkapasitas besar mengalami surplus ampas tebu dan tidak memerlukan lagi energi listrik dari PLN.

Situasi tersebut merupakan stimulus bagi PG lain yang belum efisien dalam pengelolaan energi. Keberhasilan tersebut juga menunjukkan bahwa PG di Indonesia mampu mengaplikasikan teknologi yang ada dalam upaya peningkatan efisiensi energi. Walaupun demikian, dalam waktu dekat belum semua PG dapat meningkatkan efisiensi energinya dengan menurunkan konsumsi uap di bawah 50% tebu (Kurniawan *et al.* 2008). Hal ini disebabkan sarana yang tersedia masih menggunakan teknologi lama dengan mesin uap dan tekanan uap rendah atau kurang dari 10 kg/cm². Sekitar 19,69% dari *battery* ketel yang ada dalam PG lokal masih menggunakan tekanan uap di bawah 10 kg/cm² (Gambar 1). Pada tekanan uap yang rendah, efisiensi ketel relatif rendah yaitu di bawah 70%. PG juga masih menggunakan mesin uap yang boros energi. Penggantian sarana peralatan tersebut secara



Gambar 1. Pengelompokan ketel pabrik gula berdasarkan tekanan uap.

bersamaan akan memerlukan investasi yang besar. Berdasarkan kenyataan tersebut maka peningkatan efisiensi energi akan lebih mudah dioptimalkan pada PG yang telah menggunakan tekanan uap menengah-tinggi, terutama dalam jangka pendek.

Mewujudkan Surplus Energi

Surplus energi sudah mulai tampak pada beberapa PG berkapasitas besar. Walaupun pada saat ini belum semua PG mengalami surplus energi, peluang surplus energi lebih besar bagi PG yang telah memiliki sarana produksi uap yang memadai dengan tekanan uap sekitar 20 bar atau lebih (Kurniawan *et al.* 2008). Hal ini mengingat penghematan uap melalui pemakaian uap bekas secara total bisa dilakukan pada kondisi tekanan uap tersebut dan peralatan mesin uap sudah tidak ada. Bila sarana produksi uap telah memadai maka penataan skema energi akan lebih besar peluangnya untuk dilaksanakan.

Surplus energi dapat diwujudkan melalui dua tahap, yaitu melakukan evaluasi kondisi energi untuk mengetahui sumber keborosan energi dan melakukan penataan ulang skema energi PG sehingga keborosan energi dapat dihindari dan diperoleh tingkat efisiensi energi yang optimal. Dengan terwujudnya surplus energi pada sebagian besar PG maka kelebihan bahan bakar ampas banyak tersedia di PG, sehingga produksi listrik secara komersial bisa dilakukan pada sebagian PG yang berpotensi ditinjau dari surplus listrik yang bisa dijual dan peluang pembelian listrik oleh PLN.

Hasil kajian yang dilakukan pada tahun 2006 menunjukkan bahwa biaya produksi listrik pada sebuah PG mencapai Rp359/kWh, sementara biaya pokok penyediaan listrik PLN pada saat itu di lokasi yang sama sebesar Rp878/kWh (Rasjid *et al.* 2006). Fakta ini menunjukkan bahwa memproduksi listrik secara komersial dari ampas tebu berpeluang untuk dikembangkan.

KESIMPULAN

Pengembangan sumber daya listrik masih dibutuhkan mengingat belum semua rumah tangga bisa menikmati sumber energi listrik yang tersedia. Kelayakan usaha pemakaian listrik cukup baik karena konsumsi listrik per kapita per tahun di Indonesia masih tergolong rendah, yaitu 473 kWh/kapita/tahun.

Industri gula memiliki potensi surplus listrik apabila energi PG dikelola secara efisien. Sumber energi potensial dari tebu adalah ampas dan daduk. Potensi produksi listrik dari ampas dan daduk dapat mencapai 1.408.940 MWh yang bisa diwujudkan dalam jangka pendek, sedangkan dalam jangka panjang potensi produksi listrik dapat ditingkatkan hingga 2,80 juta MWh.

Dengan menggunakan teknologi *condensing/extraction turbines* (TCE), PG berpotensi menghasilkan listrik 150 kWh/t tebu, bahkan teknologi *biomass integrated gasification to gas turbines* (BIG-GT) mampu memproduksi 300 kWh/t tebu. Dengan demikian, penerapan teknologi TCE berpotensi meningkatkan produksi listrik dari ampas dan daduk tebu.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2007. List of countries by electricity consumption. http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_electricity_consumption. [22 February 2007].
- Badan Pusat Statistik. 2006a. Statistik Listrik PLN 2000–2004. Badan Pusat Statistik, Jakarta. <http://www.bps.go.id/sector/energy/index.html/>. [12 Desember 2006].
- Badan Pusat Statistik. 2006b. Neraca Energi Indonesia. Badan Pusat Statistik, Jakarta. <http://www.bps.go.id/sector/energy/index.html/>. [12 Desember 2006].
- Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi. 2007. Kebijakan Pemerintah di

- Bidang Energi (Biomassa). Direktorat Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi, Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi, Jakarta. hlm 28.
- Hansjoachim, W. and P.A. Waganoff. 1999. Technology transfer between beet and cane sugar industries. Possibilities for energy savings including co-generation. p. 280–294. *In* V. Singh and V. Kumar (Eds.). Proc. XXIII Int. Soc. Sugar Cane Technol. Congress, New Delhi, India, 22–26 February 1999.
- Hassuani, S.J. 2001. Sugarcane trash recovery for use in power generation. p. 192–196. *In* D.M. Hogarth (Ed.). Proc. XXIV Int. Soc. Sugar Cane Technol. Congress, Brisbane, Australia, 17–21 September 2001.
- Kurniawan, Y. 1999. Produk pendamping gula tebu. *Gula Indonesia* XXIV(3): 23–26.
- Kurniawan, Y., M. Saechu, Nahdodin, dan P.D.N. Mirzawan. 2006. Potensi energi PG di tengah krisis energi. hlm. 119–136. *Dalam* A. Suwandi, S. Hadi, dan B. Samiono (Ed.). Prosiding Seminar Ikatan Ahli Gula Indonesia (IKAGI), Yogyakarta, 1 Februari 2006.
- Kurniawan, Y., H. Santoso, S. Yuliatun, Triantarti, dan A. Toharisman. 2007. Kajian Umum Ko-Produk Tebu yang Berpotensi. Laporan Akhir Kegiatan Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia - Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur. hlm. 1–64.
- Kurniawan, Y., M. Saechu, dan B.E. Santoso. 2008. Optimalisasi energi di pabrik gula. Seminar Peran Teknologi dalam Mendukung Industri Gula yang Tangguh dan Berdaya Saing, Pasuruan 28 Agustus 2008. Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia, Pasuruan. hlm. 1–17.
- Lamonica, H.M., A. Fioroneli, F.A.B. Linero, and M.R. Lima verde Leal. 2005. Evaluation of surplus power cogeneration in Brazilian sugar/ethanol mills. p. 372–377. *In* D.M. Hogarth (Ed.). Proc. XXV Int. Soc. Sugar Cane Technol. Congress, Guatemala, 30 January–4 February 2005.
- Lau, A.F., K.F. Chang, and D. Guinness. 2007. Additional exportable energy from bagasse. Proc. XXVI Int. Soc. Sugar Cane Technol. Congress, Durban, South Africa 29 July–2 August 2007. <http://issct.intnet.mu/comcop2007.htm>. [15 December 2007].
- Linero, F.A.B., H.M. Lamonica, and M.R.L.V. Leal. 2001. The use of BIG/GT technology in sugar mills. p. 16–21. *In* D.M. Hogarth (Ed.). Proc. XXIV Int. Soc. Sugar Cane Technol. Brisbane, Australia, 17–21 September 2001.
- Lora, E.S., M. Zampieri, O.J. Venturini, and J.J. Santos. 2007. A sugar mill cogeneration plant repowering alternatives evaluation through the combination of thermo-dynamic and economic concepts. Proc. XXVI Int. Soc. Sugar Cane Technol. Congress, Durban, South Africa 29 July–2 August 2007. <http://issct.intnet.mu/comcop2007.htm>. [15 December 2007].
- Morris, M. and L. Waldheim. 2001. Biomass power generation: Sugar cane bagasse and trash. p. 272–274. *In* D.M. Hogarth (Ed.). Proc. XXIV Int. Soc. Sugar Cane Technol. Congress, Brisbane, Australia, 17–21 September 2001.
- Paturau, J.M. 1989. *By Products of the Cane Sugar Industry*. Elsevier Publ. Co., Amsterdam. p. 74–85.
- Rao, P.J.M. 1997. Industrial Utilization of Sugar Cane and Its Co-Products. PJ International Group Consultants, New Delhi. p. 558.
- Rasjid, A., Y. Kurniawan, M. Saechu, S. Bahri, Nahdodin, A. Toharisman, T. Darmawan, dan H. Santoso. 2006. Kajian Produksi Listrik PG Trangkil. Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia, Pasuruan. hlm. 5–7.
- Subiantoro. 2006. Daduk, dari sampah ke energi alternatif. hlm. 137–147. *Dalam* A. Suwandi, S. Hadi, dan B. Samiono (Ed.). Prosiding Seminar Ikatan Ahli Gula Indonesia (IKAGI), Yogyakarta, 1 Februari 2006.
- Susmiadi, A., Y. Kurniawan, M. Saechu, S. Bahri, B.E. Santoso, Nahdodin, A. Toharisman, A. Rasjid, dan H. Santoso. 2008a. Evaluasi Energi PG Pesantren Baru. Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia, Pasuruan. hlm. 4.
- Susmiadi, A., Y. Kurniawan, M. Saechu, S. Bahri, B.E. Santoso, Nahdodin, A. Toharisman, A. Rasjid, dan H. Santoso. 2008b. Evaluasi Energi PG Lestari. Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia, Pasuruan. hlm. 4.
- Verbanck, H., P.Mc Intyre, and J.R. Martinelli. 2001. Trends on cogeneration in the Brazillian sugar industry. p. 266–267. *In* D.M. Hogarth (Ed.). Proc. XXIV Int. Soc. Sugar Cane Technol. Congress, Brisbane, Australia, 17–21 September 2001.