

## **PENILAIAN DAUR HIDUP (*LIFE CYCLE ASSESSMENT*) GULA PADA PABRIK GULA TEBU**

### ***LIFE CYCLE ASSESSMENT OF SUGAR AT CANE SUGAR INDUSTRY***

Mohamad Yani<sup>1)</sup>, Ikawati Purwaningsih<sup>1)</sup> dan Mas Nandang Munandar<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor  
Kampus IPB Darmaga, Kotak Pos 220, Bogor 16680, Indonesia.  
Email: [moh.yani@ipb.ac.id](mailto:moh.yani@ipb.ac.id), [f226yani@gmail.com](mailto:f226yani@gmail.com)

<sup>2)</sup>PT PG Rajawali II Unit PG Subang, Jl. Pasir Bungur, Subang, Jawa Barat.

#### **ABSTRACT**

*National sugar industry holds an important role to meet the growing demand for sugar. Along with economic growth and technological progress, the activities of sugar production can cause an impact on the environment. Identification life cycle of sugar production process involves the use of raw materials and energy are needed to determine the efficiency of production and then analyzed for the environmental impact. Based on inventory data from sugar plant, the productivity of sugar cane as raw material was 787 tons of cane / hectare, but its realization was only 690 tons of cane / hectare or 87.67% of the target. The use of energy in the steam plant from bagasse combustion, the energy generated by bagasse of  $2.83 \times 10^{11}$  kcal, but the realization of  $1.94 \times 10^{11}$  kcal or 68.55% of the target. It indicates that the efficiency of steam decreased. Losses generated at sugar plant was 11,734.6 tons, this resulted in increased losses of waste and environmental impact. Liquid waste at sugar plant exceeds the quality standard that has been established, it is associated with efficiency in production processes that less optimal. Based on the inventory analysis showed that efficiency in the use of raw materials and energy are influenced by the life cycle starting from the gardens until sugar processing in the factory which will have implications on the environmental impact.*

*Keywords : life cycle assessment, sugar production process, energy efficiency, environmental impact*

#### **ABSTRAK**

*Industri gula nasional memegang peranan penting untuk dapat memenuhi tingkat permintaan gula yang terus meningkat. Seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan kemajuan teknologi, kegiatan produksi gula dapat menyebabkan dampak terhadap lingkungan. Identifikasi siklus hidup pada proses produksi gula meliputi penggunaan bahan baku, efisiensi penggunaan energi, dan analisis terhadap dampak lingkungan yang ditimbulkannya. Berdasarkan data inventori dari pabrik gula tahun 2011, produktivitas tebu adalah 787 ton tebu/ha, namun realisasinya hanya 690 ton tebu/ha atau 87,67% dari target. Penggunaan energi di pabrik berasal dari uap hasil pembakaran ampas tebu, energi yang dihasilkan ampas tebu sebesar  $2,83 \times 10^{11}$  Kkal, namun realisasinya sebesar  $1,94 \times 10^{11}$  Kkal atau 68,55 % dari target. Losses senilai 11.734,6 ton mengakibatkan terjadinya peningkatan limbah dan dampak lingkungan. Kualitas limbah cair pabrik gula ini melebihi baku mutu yang telah ditetapkan, hal ini terkait dengan efisiensi dalam proses produksi yang kurang optimal. Berdasarkan analisis inventori menunjukkan efisiensi dalam penggunaan bahan baku dan energi dipengaruhi oleh siklus hidup gula mulai dari kebun sampai proses produksi gula di pabrik yang akan berimplikasi terhadap dampak lingkungan yang ditimbulkan.*

*Kata kunci : penilaian daur hidup, proses produksi gula, efisiensi energi, dampak lingkungan*

#### **PENDAHULUAN**

Sebagai negara agraris, Indonesia mengupayakan untuk memajukan sektor pertanian. Salah satu komoditi yang dikembangkan adalah tebu. Komoditi tebu merupakan salah satu tanaman penghasil gula yang di dalamnya terkandung sukrosa. Industri gula nasional memegang peranan penting untuk dapat memenuhi tingkat permintaan gula yang terus meningkat dengan kualitas yang baik untuk dapat bersaing dengan gula impor yang saat ini membanjiri pasaran di Indonesia.

Permasalahan yang sedang dihadapi pabrik gula di Indonesia adalah tidak terpenuhinya produksi gula sesuai dengan kapasitas produksinya yang disebabkan karena terjadinya inefisiensi, baik di luar maupun di dalam pabrik. Oleh karena itu, pemerintah menuntut industri gula untuk mengembangkan dan meningkatkan kinerja dari industri gula tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan menerapkan manajemen perusahaan yang baik yang kemudian akan berdampak terhadap peningkatan penggunaan bahan baku, energi, serta sumber daya lain.

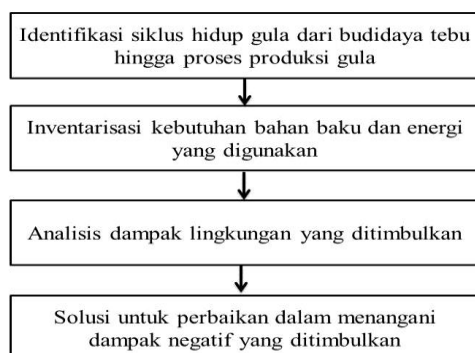
Seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan kemajuan teknologi, kegiatan produksi gula dapat menyebabkan dampak terhadap lingkungan. Untuk mengurangi dampak lingkungan yang mungkin timbul pada proses produksi gula, perlu dilakukan analisa daur hidup gula agar lebih efisien. Alat pengelolaan lingkungan yang dapat menghitung beban lingkungan dan dampak potensialnya di dalam seluruh daur hidup produk, proses atau kegiatannya adalah metode *Life Cycle Assessment* (LCA) (Azapagic 1999).

Metode LCA dapat digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan yang terjadi pada seluruh siklus hidup gula, hal ini akan berdampak positif karena dapat mengetahui sumber-sumber pencemaran pada industri gula sehingga kinerja pabrik dapat optimal dan efisien.

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di PT PG Rajawali II Unit PG Subang. Tahap penelitian yang dilakukan terdiri dari studi pustaka, observasi lapang, wawancara, dan pengolahan data. Jenis data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder berupa data kuantitatif dan kualitatif. Tahap-tahap dalam melakukan analisis dampak lingkungan dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) terdiri atas 4 fase utama yaitu definisi tujuan dan ruang lingkup (*goal and scope definition*), menginventarisasi input dan output (*life cycle inventory*), perkiraan dampak lingkungan dari semua input dan output (*life cycle assessment*), dan interpretasi hasil yang disebut *improvement analysis* (Mattson dan Sonesson 2003).

Pada penelitian ini dilakukan observasi lapang di pabrik gula, penelusuran pustaka mengenai hal-hal yang terkait dengan kajian yang dilakukan dan melakukan wawancara secara mendalam dengan pakar. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan penelitian

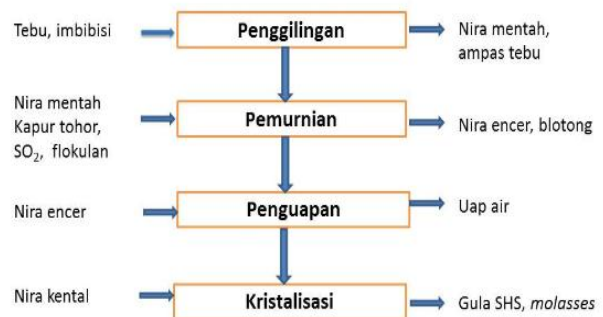
### Definisi tujuan dan ruang lingkup

Definisi tujuan dan ruang lingkup merupakan proses pertama dalam LCA yang berfungsi untuk menentukan ruang lingkup dan batasan sistem yang akan dikaji. Ruang lingkup (Gambar 2) dalam penelitian ini dibatasi mulai dari proses penggilingan tebu di

stasiun gilingan hingga menjadi gula di stasiun kristalisasi.

### Analisis inventori

Analisis inventori merupakan bagian dari LCA yang berisi satu set data dan perhitungan aliran bahan dan energi yang mengkuantifikasikan input dan output dari daur hidup gula. Dalam penelitian ini, data yang digunakan berasal dari data sekunder berupa data kebutuhan energi, bahan baku, dan limbah yang dihasilkan.



Gambar 2. Ruang lingkup penelitian

### Analisis dampak

Analisis dampak dilakukan untuk mengetahui kemungkinan dampak lingkungan yang timbul akibat penggunaan bahan dan energi yang tidak optimal dan efisien, serta limbah yang dihasilkan. Dampak lingkungan yang timbul dapat berupa dampak tidak langsung dan dampak langsung. Dampak tidak langsung ini umumnya berhubungan dengan masalah sosial masyarakat, dan dampak langsung yang dapat timbul diantaranya pencemaran udara, pencemaran air, dan pencemaran tanah.

### Interpretasi hasil

Pada tahap ini dilakukan interpretasi hasil, evaluasi, dan analisis terhadap usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk perbaikan. Evaluasi yang dilakukan diharapkan dapat memberi solusi yang tepat untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Identifikasi Siklus Hidup Gula

Siklus hidup gula dimulai dari proses penggilingan tebu hingga menjadi produk gula. Dalam penelitian ini dilakukan analisis terhadap penggunaan bahan baku dan energi dengan membandingkan antara target RKAP (Rencana Kegiatan dan Anggaran Perusahaan) dengan realisasi pada musim giling tahun 2011 di PG Subang.

Kegiatan budidaya tanaman tebu dimulai dari proses pembibitan hingga penebangan dan pengangkut tebu ke pabrik sebelum digiling. Komponen yang terlibat dalam proses budidaya tanaman tebu diantaranya bibit, pupuk, bahan tambahan, pestisida, air, dan bahan bakar. Penggunaan bahan pada proses

budidaya tebu sangat berpengaruh terhadap rendemen dan produktivitas tebu yang dihasilkan. Pada prinsipnya untuk meningkatkan rendemen dan produktivitas tebu dapat dilaksanakan melalui penentuan varietas, penyediaan bibit sehat dan murni, optimalisasi waktu tanam, pengaturan kebutuhan air, pemupukan berimbang, pengendalian hama, penentuan awal giling yang tepat, penentuan kebun tebu yang ditebang dengan menggunakan analisa kemasakan, penebangan tebu secara bersih dan pengangkutan tebu secara cepat.

Tabel 1. Data perbandingan RKAP dan realisasi pada tahun 2011 bagian tanaman

Uraian	Satuan	RKAP	Realisasi	Persentase
Luas Areal	ha	5.401	5.016	92,88
Jumlah tebu	ku	4.248.400	3.460.183	81,45
Produktivitas tebu	tebu/ha	787	690	87,67
Produk SHS	ku	292.753	231.947	79,23
Rendemen	%	6,87	6,69	97,38

Sumber : Data PG Subang (2011)

Perbandingan antara data RKAP dengan realisasi musim giling tahun 2011 bagian tanaman dapat dilihat pada Tabel 1. Perbandingan tersebut menunjukkan adanya penurunan produktivitas tebu yang mengakibatkan penurunan persentase rendemen yang dihasilkan. Luas areal lahan yang rencananya akan ditebang seluas 5.401 ha, pada realisasinya hanya seluas 5.016 ha atau sekitar 92,88 % dari target perencanaan. Selain itu rendemen juga mengalami penurunan dari perencanaan awal, yaitu dari 6,87 % menjadi 6,69 %, atau sekitar 97,38 % dari target. Hal ini selain dipengaruhi proses budidaya tebu yang kurang optimal juga dipengaruhi oleh proses produksi gula di pabrik. Proses dalam pembuatan gula dilakukan melalui beberapa proses, yaitu proses persiapan, proses ekstraksi nira, proses pemurnian, proses penguapan, proses kristalisasi, proses pendinginan, proses pemisahan gula, dan proses penyelesaian.

### Inventarisasi Bahan Baku dan Energi

Proses produksi gula dari tebu pada hakekatnya adalah memisahkan gula melalui proses ekstraksi, pemurnian, penguapan, kristalisasi, dan pemutaran, dimana yang dipisahkan adalah air, kotoran, dan zat bukan gula. Pada tahap pertama, dilakukan proses ekstraksi di stasiun gilingan. Proses ekstraksi bertujuan untuk mengambil nira sebanyak-banyaknya yang berasal dari tebu maupun ampas dengan ditambahkan air imbibisi. Semua zat yang larut dalam air tebu akan terperah keluar dan yang tersisa adalah ampas (Moerdokusumo 1993). Pada proses ekstraksi menghasilkan nira mentah dan ampas, ampas selanjutnya dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler.

Nira mentah hasil proses ekstraksi kemudian dilakukan proses pemurnian dengan metode sulfitasi alkalis. Pemurnian ini dilakukan dengan pemberian larutan kapur hingga pH nira 10,5 kemudian ditambahkan gas  $SO_2$  hingga pH nira menjadi 7,0-7,3

(Halim 1973). Pada proses sulfitasi alkalis menggunakan gas sulfat ( $SO_2$ ) atau gas belerang dengan menghembuskan gas tersebut ke cairan nira dengan menggunakan pompa sirkulasi sehingga dalam tangki akan mengalami *overflow*. Gas belerang yang ditambahkan dibuat dengan cara membakar belerang dalam suatu tabung dengan suhu mencapai  $200^\circ C$ . Setelah dilakukan proses sulfitasi alkalis, nira mentah dilakukan pengendapan dan penyaringan untuk memisahkan nira dari kotorannya sehingga dihasilkan nira encer dan blotong.

Pada proses pemurnian, selain menggunakan metode sulfitasi alkalis, juga dapat digunakan metode karbonatasi. Dalam metode karbonatasi digunakan larutan kapur secara berlebihan dan penambahan  $CO_2$ . Keunggulan proses karbonatasi dibandingkan dengan sulfitasi yaitu dengan penggunaan larutan kapur yang berlebihan pada umumnya memungkinkan pengeluaran zat bukan gula lebih banyak, sehingga dapat menghasilkan nira encer berkualitas tinggi. Dengan pertimbangan ini, dapat dijadikan alternatif pabrik gula untuk meningkatkan kualitas gula yang dihasilkan.

Nira encer kemudian dialirkan ke evaporator untuk menguapkan air yang terkandung dalam nira jernih agar dapat menghasilkan nira dengan kepekatan mencapai 60-65 brix. Uap panas yang digunakan untuk pemanasan menggunakan uap bekas (*exhaust steam*) dari stasiun gilingan. Proses penguapan menghasilkan nira kental dan uap panas. Uap panas akan dialirkan ke kondensat, sedangkan nira kental dilanjutkan proses kristalisasi di stasiun masakan.

Proses kristalisasi berlangsung sampai kadar gula atau sukrosa dalam larutan nira menjadi rendah. Proses kristalisasi dimulai dengan membuat semua pan masakan menjadi vakum (hampa) sekitar 60 cmHg dengan begitu proses kristalisasi dapat dilakukan dengan suhu yang tidak terlalu tinggi yaitu sekitar  $60^\circ C$ , sehingga tidak akan merusak gula yang dihasilkan. Pan masakan dijalankan dengan tenaga uap bekas pakai (*exhaust steam*) dari stasiun gilingan dengan suhu uap sekitar  $100-120^\circ C$ . Uap panas dan uap larutan sukrosa yang terbentuk dicairkan dalam kondensator dan menjadi air jatuhan. Proses kristalisasi akan menghasilkan kristal gula dan *molasses*.

Gula yang keluar dari pan masakan pada proses kristalisasi masih dalam keadaan jenuh dan pada suhu yang relatif tinggi yaitu sekitar  $70^\circ C$ . Dari pan masakan, gula kemudian dialirkan ke dalam palung pendingin untuk proses pendinginan. Proses pendinginan dapat mencapai suhu  $50^\circ C$  Palung pendingin selain berfungsi untuk mendinginkan gula juga dapat digunakan untuk menampung masakan sebelum diproses lebih lanjut. Pada proses pendinginan masakan akhir, kristal yang terbentuk terus-menerus diaduk agar proses kristalisasi menjadi lebih sempurna dan mencegah kristal menggumpal kembali.

Setelah dilakukan proses pendinginan, dilanjutkan proses pemisahan gula yang berfungsi untuk memisahkan antara larutan dengan kristal gula yang dilakukan dengan proses penyaringan yang

menggunakan kekuatan putar. Mudah tidaknya pemisahan kristal dipengaruhi oleh kondisi kristal yang dihasilkan pada tahap kristalisasi, viskositas hasil masakan, kekuatan putaran, tebal tipisnya lapisan gula dalam alat, dan penyiraman. Proses pemisahan ini dilakukan dengan menggunakan *sentrifuge*. Pada *sentrifuge* selain dimasukkan larutan gula juga dimasukkan air siraman sekitar 0,5 % dari larutan gula dengan suhu sekitar 80°C, air siraman yang ditambahkan adalah air dingin. Hasil dari *sentrifuge* akan menghasilkan gula SHS (*Super High Sugar*) yang langsung dialirkan ke stasiun penyelesaian dengan menggunakan talang getar (*grasshopper*).

Proses penyelesaian meliputi pengeringan, penyaringan, pengemasan dan penyimpanan. Tujuan dari proses penyelesaian adalah untuk menyelesaikan hasil dari stasiun puteran sehingga menghasilkan gula produksi yang siap untuk dipasarkan. Selain itu stasiun penyelesaian juga berfungsi untuk mengeringkan dan menurunkan suhu gula sampai 50°C. Tujuan dari pengeringan adalah untuk menghilangkan air yang masih menempel di sekitar kristal gula. Kecepatan pengeringan akan tergantung pada lapisan atau ketebalan gula di dalam *sugar dryer*, ukuran kristal gula, kecepatan udara, dan luas permukaan pengering. Setelah proses pengeringan, gula kemudian disaring untuk memisahkan gula yang sudah menjadi produk dengan gula yang belum memenuhi persyaratan sebagai gula produk menggunakan *vibrating screen*.

Gula halus akan lolos dari saringan halus tetapi gula produk dan gula kasar akan tertahan. Pada saringan kasar, gula produk akan lolos sedangkan gula kasar akan tertinggal. Setelah melewati saringan halus dan saringan kasar, gula produk akan disaring kembali dengan menggunakan saringan yang terbuat dari logam bermagnet, sehingga kotoran halus yang tidak tersaring pada penyaringan sebelumnya akan tertarik oleh magnet terutama kotoran yang berupa logam. Gula produk kemudian langsung dibawa dengan menggunakan *bucket elevator* dan *sugar belt conveyor* ke tempat penyimpanan gula (*sugar bin*) untuk ditimbang, dikemas, dan disimpan dalam gudang gula. Di pabrik gula, gula produk dikemas dengan dua macam kemasan yaitu ukuran 50 kg dan 1 kg.

Tabel 2. Data aliran bahan pada proses produksi di PG Subang tahun 2011

Data	Satuan	Input	Output
Tebu	ton	343.646,88	
Air imbibisi	ton	85.362,30	
Kapur tohor	ton	464,08	
Flokulan	ton	1.816	
Ampas tebu	ton		109.303,6
Blotong	ton		11.164,5
Air diuapkan	ton		236.623,44
<i>Molasses</i>	ton		16.887
Gula SHS	ton		22.835,14
Total	ton	431.289,26	396.813,68
<i>Losses</i>	ton		11.734,6

Sumber: Data pabrik gula (2011)

Gula yang telah dikemas kemudian disimpan di gudang gula untuk kemudian dipasarkan. Pada daur hidup gula tidak dilakukan *reuse*, *recycle*, maupun *recovery* terhadap produk gula yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena setelah gula dikonsumsi, tidak ada proses pengolahan selanjutnya.

Secara umum data aliran bahan yang terjadi pada proses produksi gula dapat dilihat pada Tabel 2. Banyaknya *losses* yang dihasilkan yaitu 11.734,6 ton, hal ini menunjukkan terjadinya inefisiensi dalam proses produksi gula yang dipengaruhi oleh kinerja mesin, penambahan bahan tambahan, efisiensi alat, sanitasi yang kurang baik, ketaatan terhadap prosedur yang telah ditetapkan, serta pengaruh operator maupun tenaga kerja yang kurang optimal.

Penggunaan energi pada proses produksi gula berasal dari bahan bakar, listrik, dan uap. Data penggunaan bahan bakar pada proses produksi gula dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penggunaan bahan bakar pada proses produksi gula di pabrik gula tahun 2011

Data	Satuan	RKAP	Realisasi	Persentase
Ampas	Ton	140.000	101.273	72,34
IDO	Liter	400.000	174.258	43,56
Gula SHS	Ton	34.994	22.990,5	65,7
Tebu	Ton	424.845	343.646,88	80,89
Solar	Liter	100.000	84.820	84,82
Energi ampas tebu	Kkal	2,83x10 <sup>11</sup>	1,94x 10 <sup>11</sup>	68,55
Energi IDO	Kkal	3,71x 10 <sup>9</sup>	1,62 x 10 <sup>9</sup>	43,67
Energi solar	Kkal	9,06x 10 <sup>8</sup>	7,68 x 10 <sup>8</sup>	84,77

Sumber : Data PG Subang (2011)

Bahan bakar yang digunakan diantaranya ampas tebu dan IDO untuk bahan bakar pada boiler serta solar untuk mesin di pabrik. Kendala yang dihadapi diantaranya terjadinya berhenti giling yang mengakibatkan pasokan ampas untuk bahan bakar boiler menjadi berkurang sehingga diperlukan suplesi bahan bakar tambahan yaitu IDO (*Industrial Diesel Oil*) yang biayanya lebih besar sehingga biaya produksi meningkat.

Berdasarkan RKAP musim giling tahun 2011, pemakaian ampas tebu untuk bahan bakar boiler (Tabel 3) memiliki nilai energi sebesar 2,83 x 10<sup>11</sup> Kkal sedangkan realisasinya yaitu sebesar 1,94 x 10<sup>11</sup> Kkal atau 68,55% dari target. Penggunaan IDO pada musim giling tahun 2011 dianggarkan sebanyak 400.000 liter, namun pada realisasinya tidak mencapai anggaran IDO yang telah ditentukan. Hal ini mengakibatkan meningkatnya efisiensi penggunaan energi dari IDO, yaitu dari 3,71 x 10<sup>9</sup> Kkal menjadi 1,62 x 10<sup>9</sup> Kkal atau 43,67 % dari target. Penggunaan bahan bakar pada produksi gula dipengaruhi oleh proses yang terjadi di stasiun gilingan, antara lain ampas tebu yang dihasilkan, penambahan air imbibisi serta tingkat pemerahan nira.

Kebutuhan energi listrik di pabrik gula tidak tergantung dari PLN karena pabrik gula mampu memenuhi kebutuhan listrik sendiri dari dua buah turbin

alternator yang proses kerjanya menggunakan turbin uap. Pemakaian energi listrik sangat erat kaitannya dengan kinerja pabrik gula atau rendemen. Semakin rendah pemakaian energi listrik, maka semakin tinggi pula kinerja pabrik gula. Data penggunaan listrik di pabrik gula dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Penggunaan listrik pada proses produksi gula di PG Subang tahun 2011

Data	Satuan	RKAP	Realisasi
Daya	kWh/ton	15	18,94
	tebu giling		
Tebu	ton	424.845	343.646,88
Konsumsi energi listrik	kWh	6.372.675	6.508.040

Sumber : Data pabrik gula (2011)

Energi listrik yang dihasilkan berdasarkan RKAP 2011 sebesar  $5,48 \times 10^{12}$  Kkal, sedangkan realisasinya sebesar  $5,6 \times 10^{12}$  Kkal atau 97,86 % dari target. Penggunaan listrik di tiap stasiun berbeda tergantung dari spesifikasi mesin, jumlah mesin, efisiensi mesin, dan lama waktu operasi mesin. Penghematan penggunaan listrik dapat dilakukan dengan optimalisasi penggunaan peralatan, yaitu dengan mengaktifkan alat pada kapasitas optimalnya dan menon-aktifkan alat ketika alat sedang tidak digunakan. Selain itu, optimalisasi ketika *maintenance* dengan melakukan perawatan, perbaikan, modifikasi atau pergantian mesin dan peralatan.

Uap merupakan sumber tenaga utama di pabrik gula, dimana uap yang dihasilkan akan menggerakkan turbin yang terdapat pada tiap stasiun untuk menjalankan proses produksi, baik berupa uap baru maupun uap bekas. Uap baru yang dihasilkan (*life steam*) didistribusikan ke *power house*, stasiun gilingan, dan stasiun boiler. *Life steam* yang digunakan kemudian menghasilkan uap bekas (*exhaust steam*) yang digunakan untuk pabrikasi yaitu ke *juice heater*, evaporator, dan pan masakan. Uap hasil pemakaian di pabrikasi kemudian dimasukkan ke dalam kondensat menjadi air kondensat yang kemudian dikembalikan ke stasiun boiler sebagai air pengisi boiler. Konsumsi uap pada musim giling tahun 2011 di pabrik gula dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Penggunaan uap pada proses produksi di PG Subang tahun 2011

Data	Satuan	RKAP	Realisasi
Produksi uap	ton	191.180	202.547,8
Tebu yang digiling	ton	424.845	343.646,88
Waktu giling	hari	143	134
Efisiensi uap	%	45	58,94

Sumber : Data pabrik gula (2011)

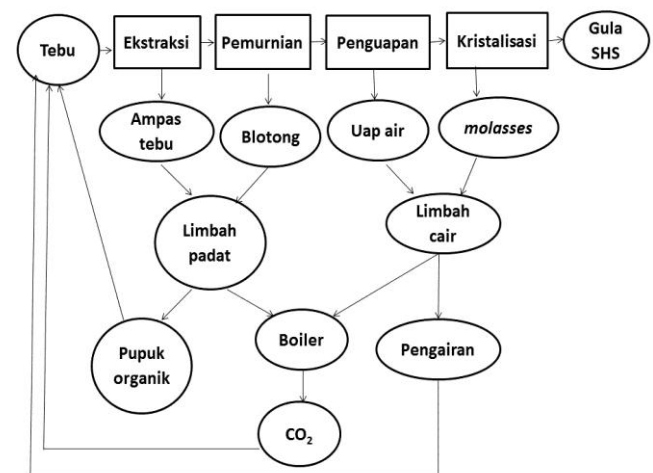
Efisiensi uap berdasarkan tebu yang digiling pada RKAP 2011 adalah 45 %, sedangkan realisasinya adalah 58,94% atau 76,35 % dari target (Tabel 5). Perbedaan nilai efisiensi uap dipengaruhi oleh adanya perbedaan

jumlah tebu tergiling, lama giling, dan kadar air yang terkandung dalam ampas tebu. Semakin banyak jumlah tebu giling, maka mesin produksi semakin besar mengkonsumsi uap karena proses produksi akan membutuhkan waktu yang lebih lama dan tenaga yang besar. Efisiensi penggunaan uap dapat mempengaruhi mutu serta jumlah produk gula SHS yang dihasilkan. Peningkatan efisiensi penggunaan uap dapat dilakukan dengan cara peningkatan kinerja boiler, yaitu dengan pembenahan atau penggantian saluran yang bocor pada sistem uap, penggunaan kontrol otomatis untuk memastikan uap hanya digunakan ketika dibutuhkan.

### Analisis Dampak

LCA digunakan untuk memperkirakan dan menilai dampak lingkungan yang dikaitkan dengan daur hidup suatu produk, seperti perubahan iklim, penipisan lapisan ozon, penciptaan troposfir ozon, eutrofikasi, asidifikasi, keracunan pada manusia dan ekosistem, penipisan sumberdaya, penggunaan air, penggunaan lahan, kebisingan, dan lainnya (Rebitzer *et al.* 2004).

Analisis dampak dilakukan untuk mengetahui kemungkinan dampak lingkungan yang terjadi pada setiap tahapan dalam siklus hidup gula. Dari hasil analisis inventori terhadap penggunaan bahan baku dan energi mulai dari proses budidaya tebu hingga proses produksi gula, diketahui terjadinya inefisiensi, hal ini menunjukkan adanya komponen bahan maupun energi yang hilang atau keluar ke lingkungan semakin banyak, sehingga perlu dianalisa terhadap dampak lingkungannya. Limbah yang dihasilkan pabrik gula merupakan limbah yang didominasi oleh bahan-bahan organik, walaupun tidak menutup kemungkinan menghasilkan limbah anorganik. Jenis limbah yang dihasilkan pada produksi gula ini berupa limbah cair, limbah padat, limbah udara, dan limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). Siklus hidup di pabrik gula beserta dampak dan pemanfaatannya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Siklus hidup gula

Siklus hidup gula dapat dimulai dari ekstraksi tebu hingga menjadi produk gula SHS. Dalam Gambar 3

menunjukkan bahwa tiap proses pengolahan tebu menghasilkan limbah maupun produk samping, dimana limbah yang dihasilkan dapat dimanfaatkan kembali dan terjadi proses *reuse* maupun *recycle* sehingga limbah yang dihasilkan dapat dimanfaatkan bagi tanaman tebu. Pemanfaatan tersebut diantaranya, limbah cair hasil pengolahan IPAL akan dialirkan ke lebung yang akan dimanfaatkan untuk pengairan tanaman tebu, emisi dari boiler yang menghasilkan CO<sub>2</sub> akan diserap kembali oleh tanaman tebu, serta pemanfaatan blotong sebagai pupuk organik untuk tanaman tebu.

Pada proses produksi, *losses* yang dihasilkan menunjukkan limbah pabrik gula semakin meningkat, baik berupa limbah padat, cair, udara, maupun B3. Limbah padat yang dihasilkan di pabrik gula berupa ampas tebu, blotong, abu ketel, dan sisa pucuk daun. Limbah padat tersebut seharusnya tidak memiliki dampak negatif terhadap lingkungan karena dimanfaatkan secara langsung baik untuk bahan bakar boiler maupun untuk pupuk organik.

Hampir seluruh ampas yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler karena pabrik gula menggunakan ampas sebagai bahan bakar boiler, namun karena ampas yang tersedia di gudang ampas sangat banyak sampai melebihi kapasitas penyimpanan gudang ampas sehingga banyak ampas yang diletakkan di luar gudang penyimpanan. Kelebihan ampas tersebut diletakkan di ruangan terbuka, hal ini mengakibatkan banyak serbuk ampas yang beterbangan di sekitar gudang ampas yang dapat mengganggu penglihatan dan kesehatan orang yang berada di sekitar gudang ampas tersebut. Partikel serbuk ampas tersebut dapat menimbulkan berbagai macam penyakit saluran pernafasan apabila tidak ditangani dengan benar.

Selain itu, terjadinya *losses* pada stasiun gilingan dapat disebabkan karena adanya kandungan gula (pol) yang ikut terbawa dalam ampas. Adanya kandungan gula pada ampas dapat menimbulkan karamel pada dinding-dinding pipa pada stasiun boiler sehingga *heat transfer* menjadi turun dan pembakaran di boiler menjadi terhambat, sehingga diperlukan energi panas yang lebih besar.

Kualitas ampas sebagai bahan bakar boiler dipengaruhi oleh nilai kalorinya, semakin tinggi kualitas ampas berarti semakin tinggi nilai kalorinya. Kualitas ampas dipengaruhi pula oleh kadar air ampas, dengan meningkatkan efisiensi gilingan, diharapkan kadar air ampas keluar gilingan akhir lebih kecil dari 50 % dan kadar gula (pol) 2,5% (Saechu2009). Menurut Hugot (1986), tiap kilogram ampas dengan kadar air 50 % dan pol 2,5% memiliki nilai bakar rendah ampas (*net calorific value /NCV*) 1.825 Kkal. Nilai kalor ampas di pabrik gula adalah 1.777 Kkal, hal ini menunjukkan nilai bakar ampas yang rendah karena kadar air dan kandungan gula pada ampas yang masih tinggi.

Untuk optimasi kualitas ampas dapat ditempuh dengan menurunkan kadar air ampas melalui penerapan teknologi pengeringan, yaitu dengan memanfaatkan energi panas dari gas buang cerobong boiler yang masih memiliki suhu hingga diatas 225°C. Dengan penurunan

kadar air ampas dari 50 % menjadi 40 % maka nilai bakar per kg ampas akan dapat meningkat hingga 2.305 Kkal, atau nilai bakar per kg ampas relatif akan meningkat hingga 6 %. Pada akhirnya, bahan bakar boiler di pabrik gula akan dapat meningkatkan produksi uap hingga 10%. Penerapan teknologi pengeringan ampas tersebut telah banyak diandalkan oleh banyak pabrik gula di luar negeri (Maranhao 1980; Abilio and Faul 1987).

Untuk optimasi pemanfaatan energi ampas di pabrik gula juga tidak terlepas dari faktor kehilangan panas akibat radiasi, kondensasi, kebocoran pada pipa distribusi uap dan bejana proses karena, isolasi, pengerakan, dan korosi yang kurang sempurna. Kerugian panas akibat dari hal-hal tersebut dapat mencapai 5% dan pada kondisi terburuk dapat mencapai hingga 12% dari produksi uap. Melalui penanganan yang optimal kehilangan tersebut dapat ditekan hingga kondisi normal 1%, keadaan tersebut antara lain dapat ditandai oleh dinginnya udara dalam pabrik sehingga para operator dapat bekerja dengan nyaman dan tidak gerah (Saechu 2009).

Limbah pabrik gula yang paling mendapatkan perhatian adalah limbah cair, karena limbah cair inilah yang paling banyak menimbulkan dampak lingkungan. Pada umumnya proses giling pabrik gula di Indonesia berlangsung pada saat musim kemarau saat debit air sungai rendah. Pembuangan air limbah ke sungai akan memberikan beban pencemaran yang cukup tinggi terhadap sungai maupun lahan pertanian, sehingga sebelum pelepasan limbah, harus didahului oleh pertimbangan dan penelitian dengan seksama. Penanganan limbah cair ini dimaksudkan untuk meminimalisasi beban limbah cair yang keluar dari pabrik sebelum masuk unit pengolahan limbah cair.

Limbah udara yang berada di lingkungan pabrik gula terdiri dari udara emisi yang berasal dari cerobong boiler serta udara yang berada di dalam pabrik seperti di sekitar lingkungan mesin-mesin yang ada di stasiun pabrik. Pada dasarnya emisi yang dihasilkan oleh pabrik gula ini tidak terlalu berbahaya karena menggunakan bahan bakar organik. Penanganan limbah gas ini dengan melakukan pengontrolan dan pengujian kualitas emisi udara setiap periode tertentu seperti pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil pengujian kualitas emisi udara di PG Subang tahun 2011

Parameter	Hasil analisa*	Baku mutu**
Partikulat	70 mg/m <sup>3</sup>	250 mg/m <sup>3</sup>
Sulfur dioksida	251 mg/m <sup>3</sup>	600 mg/m <sup>3</sup>
Nitrogen oksida	194 mg/m <sup>3</sup>	800 mg/m <sup>3</sup>
Opasitas	15 %	30 %

Sumber : \* Data pabrik gula (2011)

\*\* Permen LH NO. 7 Tahun 2007

Diantara limbah udara yang dominan antara lain nitrogen oksida dan sulfur dioksida. Hasil pemantauan menunjukkan tidak melebihi baku mutu, sehingga aman untuk di buang ke lingkungan, namun tetap harus selalu

diperhatikan dan dijaga agar jumlahnya tidak melebihi baku mutu karena nitrogen oksida dan sulfur dioksida memiliki dampak negatif terhadap lingkungan apabila jumlahnya terlalu banyak. Untuk hasil pembakaran pada alat kendaraan yang berada di sekitar pabrik, perlu dilakukan peningkatan program penghijauan di sekitar pabrik karena banyaknya kendaraan yang melintas di sekitar pabrik sehingga jika terus-menerus dibiarkan akan berdampak terhadap kesehatan manusia yang bekerja di sekitar lingkungan pabrik.

Sumber emisi di pabrik gula berasal dari penggunaan bahan bakar pada boiler, solar, LPG, pengolahan limbah padat, dan limbah cair. Emisi yang dihasilkan berkaitan terhadap efek gas rumah kaca yang dihasilkan dari emisi CO<sub>2</sub> di pabrik gula. Potensi emisi CO<sub>2</sub> berasal dari penggunaan bahan bakar pada boiler, dalam hal ini yaitu pemakaian ampas tebu dan IDO, emisi CH<sub>4</sub> berasal dari pengolahan limbah cair, dan NO<sub>2</sub> berasal dari pengolahan limbah blotong. Total emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan pabrik gula sebesar 105.196,70 tCO<sub>2</sub>-setara yang berasal dari emisi bahan bakar boiler sebesar 101.927,57 tCO<sub>2</sub>, emisi penggunaan solar 2.855,45 tCO<sub>2</sub>, emisi LPG 2,51 tCO<sub>2</sub>, dan emisi dari pengolahan limbah padat sebesar 403,62 tCO<sub>2</sub>- setara (Sihombing 2012).

Limbah B3 dalam jumlah relatif sedikit tetapi berpotensi untuk merusak lingkungan hidup dan sumber daya. Bila ditinjau secara kimiawi, bahan-bahan tersebut terdiri atas bahan kimia organik dan anorganik (Kristanto 2002). Limbah B3 ini merupakan hasil sisa penggunaan bahan-bahan yang ada pada mesin-mesin pabrikasi dan alat berat yang digunakan di pabrik gula. Limbah B3 yang terdapat di pabrik gula berupa oli bekas, aki bekas, lap majun, dan lampu TL. Pengelolaan limbah B3 yang telah dilakukan pabrik gula sebenarnya sudah cukup baik diantaranya pemanfaatan oli bekas untuk pelumasan gear mesin produksi, penyimpanan aki bekas yang kurang dari 90 hari yang kemudian diserahkan kepada pembeli (pihak ke III) dan berbagai transaksi maupun kejadian yang berhubungan dengan limbah B3 dilakukan pencatatan harian di *log book* limbah B3. Bentuk pertanggung jawaban pabrik gula terhadap limbah B3 yaitu dengan melakukan pelaporan secara rutin tiga bulan sekali ke KLH. Oleh karena itu limbah B3 yang dihasilkan pabrik gula tidak berdampak negatif terhadap lingkungan.

### Interpretasi Hasil

Pada umumnya, pabrik gula di Indonesia mengolah tebu hanya untuk menghasilkan gula pasir sebagai produk tunggal. Padahal tebu dapat digunakan untuk menghasilkan berbagai produk turunan, seperti pupuk, makanan ternak, *molasses*, dan *bagasse* (Mardianto *et al.* 2005).

Ampas tebu merupakan sumber energi yang terbarukan dan tersedia cukup besar. Untuk mencegah banyaknya ampas di gudang agar tidak beterbangan dapat dilakukan penanganan yaitu dengan menutup gudang ampas sehingga gudang ampas tidak dalam keadaan terbuka dan tidak ada serbuk ampas yang

beterbangan di sekitar pabrik yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Kegiatan pencegahan juga dapat dilakukan dengan pemakaian masker di sekitar pabrik untuk mencegah terhirupnya partikel. Selain itu, ampas tebu juga dapat dijadikan bubur pulp dan dipakai untuk pabrik kertas, untuk makanan ternak, bahan baku pembuatan pupuk, *particle board*, dan bioetanol (Misran 2005).

Suplesi bahan bakar termasuk pemakaian listrik PLN di beberapa pabrik gula yang tidak efisien dapat menyebabkan biaya produksi gula bertambah hingga mencapai 10 % dan bahkan lebih. Ciri-ciri dari pabrik gula yang kurang efisien tersebut dapat ditandai mempunyai produksi uap per kg ampas rendah mencapai sekitar 1,8 kg (normalnya > 2,2 kg) dan konsumsi uap per tebu tinggi mencapai hingga > 60 % (normalnya < 50 %). Potensi energi yang ada di pabrik gula dapat diwujudkan apabila dilakukan optimasi terhadap jumlah dan kualitas ampas di gilingan, produksi uap di stasiun ketel dan penggunaan uap dalam pabrik (Saechun 2009).

Permasalahan utama yang terjadi di pabrik gula adalah banyaknya jam berhenti giling, hal ini akan berdampak pada pemanfaatan energi kurang optimal, proses produksi menjadi terhenti sehingga produk gula yang dihasilkan menjadi semakin sedikit, selain itu limbah yang dihasilkan juga semakin banyak karena terjadi akumulasi nira kotor pada limbah cair.

Penanganan dalam pabrik (*inhouse keeping*) terhadap penanganan limbah cair di pabrik gula sangat diperlukan untuk meminimalisasi beban limbah cair yang keluar dari pabrik sebelum masuk unit pengolahan limbah cair. Mencegah masuknya bahan sumber pencemaran dapat dilakukan dengan cara mencegah terjadinya bocoran-bocoran pada pipa-pipa, peti-peti nira dan pompa-pompa dengan pengawasan peralatan secara rutin, membuat simpanan atau *injector* pada masing-masing tempat lokasi pompa, mencegah masuknya minyak atau oli pada unit pengolahan limbah cair dengan membuat bak penangkap minyak, dan memasang tangki penampung bekas bahan kimia (soda) untuk pembersihan *juice heater* dan evaporator, pembuangan secara perlahan, serta membuat saluran-saluran air limbah secara permanen dan kedap air.

Pemanfaatanturunan dari *molasses* yang dihasilkan dari stasiun kristalisasi banyak dimanfaatkan oleh berbagai industri, diantaranya oleh *distilling industry*, *fermentation industries*, dan lain-lain. Di banyak negara, produsen gula telah melakukan diversifikasi produk gula guna menyiasati penurunan harga gula, menekan biaya produksi, memperluas pasar, serta mengurangi resiko kerugian pada pabrik gula (Mardianto *et al.*, 2005). Beberapa upaya untuk mereduksi dampak penurunan kualitas udara, antara lain dengan melakukan pengerasan jalan utama angkutan tebu di kebun ke pabrik, melakukan penyiraman secara berkala di daerah yang berdebu dalam lingkungan pabrik dan jalan desa terutama pada musim kemarau, melakukan penyiraman abu ketel sebelum dibuang ketempat pembuangan, menanam pohon-pohon pelindung di lingkungan pabrik,

perumahan karyawan, dan sekitar kolam limbah (secara bertahap), dan ampas disimpan di tempat khusus atau gudang ampas.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Metode LCA digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan pada siklus hidup gula dengan menganalisis penggunaan bahan baku dan energi. Berdasarkan data RKAP tahun 2011 dan realisasinya, terjadi penurunan produktivitas tebu, rendemen dan banyaknya *losses* yang dihasilkan. Hal ini dipengaruhi oleh kegiatan budidaya tebu di kebun serta proses produksi gula di pabrik yang kurang optimal. Masih banyaknya tebu yang tidak layak giling karena pengaruh hama, kualitas tebu yang kurang baik, pengaruh cuaca, budidaya yang kurang optimal, serta pengaruh tenaga kerja mempengaruhi produktivitas tanaman tebu.

Rendemen yang dihasilkan di pabrik gula pada tahun 2011 tidak sesuai target RKAP. Berdasarkan analisa inventori yang dilakukan, pada aliran bahan yang terjadi di tiap stasiun yang ada di pabrik masih banyak terjadinya *losses*, hal ini menunjukkan terjadinya inefisiensi dalam proses produksi gula. Dalam menghemat penggunaan energi di pabrik, perlu optimalisasi di stasiun gilingan sehingga tidak terjadi berhenti giling dan ampas yang dihasilkan digunakan sebagai bahan bakar boiler harus dapat mencukupi kebutuhan uap untuk proses produksi. *Losses* yang dihasilkan menunjukkan limbah pabrik gula semakin meningkat, baik berupa limbah padat, cair, udara, maupun B3. Perlu dilakukan perbaikan agar kuantitas dan kualitas limbah yang dihasilkan masih di bawah baku mutu agar tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan.

### Saran

Adanya peningkatan manajemen budidaya tebu untuk memperoleh produktivitas tebu yang maksimal. Selain itu, perlu dilakukan optimalisasi perbaikan mesin dan peralatan saat *maintenance* untuk meminimalisasi terjadinya kerusakan maupun kebocoran alat saat musim giling. Diperlukan peningkatan mengenai sanitasi di dalam dan luar pabrik yang baik agar terhindar dari mikroorganisme atau bakteri yang dapat mempengaruhi kinerja proses produksi.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Disampaikan terimakasih kepada PT Rajawali Nusantara Indonesia, khususnya PT PG Rajawali II Unit PG Subang yang telah membantu menyediakan fasilitas, data dan masukan untuk penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Abilio A, Faul F. 1987. Bagasse Drying. *Sugar Journal* 89 (1060) :68-71.

- Azapagic A. 1999. Life Cycle Assessment and Its Application to Process Selection, Design and Optimization. *Chemical Eng J* 73: 1-21.
- Halim K. 1973. Rapidoor Clarifier dalam Industri Gula. LPP Yogyakarta.
- Kristanto P. 2002. Ekologi Industri. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Maranhao LEC. 1980. Individual Bagasse Drying System. *Proc. of XVIIth ISSCT congress*, 3: 2000-2011.
- Mardianto S, Simatupang P, Hadi PU, Malian H, Susmiadi A. 2005. Peta jalan (Road Map) dan Kebijakan pengembangan Industri Gula Nasional. *Jurnal Penelitian Agro Ekonomi* 23 (1) : 19-73.
- Mattson B, Sonesson U. 2003. Environmentally- Friendly Food Processing. Woohhead Publishing Limited. Cambridge, England.
- Misran E. 2005. Industri Tebu Menuju Zero Waste Industry. *Jurnal Teknologi Proses* 4 (2): 6-10. ISSN 1412-7814.
- Moerdokusumo. 1993. Pengawasan Kualitas dan Teknologi Pembuatan Gula di Indonesia. Penerbit ITB. Bandung.
- Rebitzer G, Finnveden G, Hauschild MZ, Ekvall T, Guine'e J, Heijungs R, Hellweg S, Koehler A, Permington D, Suh S. 2009. Recent developments in Life Cycle Assessment: Review. *J Environmental Manag* 91: 1-21.
- Saechu M. 2009. Optimasi Pemanfaatan Energi Ampas Di Pabrik Gula. *Jurnal Teknik Kimia* 4 (1):1-7.
- Sihombing SR. 2012. Potensi Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Pada Industri Gula (Studi Kasus PT PG Rajawali II Unit PG Subang). Skripsi, Fateta, IPB.