

Penerapan Life Cycle Assessment (LCA) Untuk Mengurangi Dampak Lingkungan Pada Proses Produksi Gula Kristal Putih Di Bondowoso

Aulia Brilliantina^{1*}, Adhima Adhamatika¹, Elok Kurnia Novita Sari², Rizza Wijaya²,
Dimas Triardianto², Adi Sucipto²

¹Program Studi Teknologi Industri Pangan, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember

²Program Studi Keteknikan Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Jember

Email Corespondent*: aulia_b@polije.ac.id

Abstrak

Indonesia merupakan negara agraris dengan iklim subtropis. Tanaman tebu bisa tumbuh dengan subur, bahkan Indonesia dikenal sebagai pionir tebu di dunia. Sebuah pabrik gula selalu menghasilkan limbah dalam operasionalnya setiap musim giling. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penanganan limbah yang dihasilkan industri pengolahan gula terhadap lingkungan sekitar dengan metode LCA (Life Cycle Assessment). LCA adalah pendekatan yang digunakan untuk menilai input, output dan potensi kerusakan lingkungan dari produk energi yang baik selama siklus hidupnya. Siklus hidup gula dimulai dari proses penggilingan tebu hingga menjadi produk gula. LCA dapat digunakan untuk menganalisis limbah produksi gula kristal putih. Pada proses produksi, losses yang dihasilkan menunjukkan limbah pabrik gula semakin meningkat, baik berupa limbah padat, cair, udara, maupun B3. Pemanfaatan kembali limbah padat dilakukan dengan menggunakan ampas dan blotong sebagai bahan baku kompos, ampas sebagai energi listrik, dan tetes tebu sebagai bahan baku industri etanol, alkohol, dan MSG. Penggunaan kembali gas buang CO₂ untuk pemurnian nira sebagai pengganti gas SO₂. Sedangkan limbah cair didaur ulang dalam proses pengolahan.

Kata Kunci: Gula, LCA, Limbah, Produksi Bersih

Abstrac

Indonesia is an agricultural country with a subtropical climate. Sugarcane plants can thrive, even Indonesia is known as a sugarcane pioneer in the world. A sugar mill always produces waste in its operations every milling season. The purpose of this study is to find out the handling of waste produced by the sugar processing industry to the surrounding environment using the LCA (Life Cycle Assessment) method. LCA is an approach used to assess the inputs, outputs and potential environmental damage of a good energy product during its life cycle. The life cycle of sugar starts from the process of grinding sugarcane to become a sugar product. LCA can be used to analyze the waste production of white crystal sugar. In the production process, the losses produced show that sugar factory waste is increasing, both in the form of solid, liquid, air, and B3 waste. Reuse of solid waste is carried out using pulp and blotong as raw materials for compost, pulp as electrical energy, and molasses as raw materials for the ethanol, alcohol, and MSG industries. Reuse of CO₂ exhaust gas for sap purification as a substitute for SO₂ gas. Meanwhile, liquid waste is recycled in the processing process.

Keywords: Sugar, LCA, Waste, Net Production

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris dengan iklim subtropis. Tanaman tebu bisa tumbuh dengan subur, bahkan Indonesia dikenal sebagai pionir tebu di dunia. Tebu

merupakan bahan baku produksi Gula Kristal Putih (GKP) di pabrik gula. Sebuah pabrik gula selalu menghasilkan limbah dalam operasionalnya setiap musim giling. Limbah adalah limbah baik industri maupun domestik

(domestik atau yang lebih sering disebut limbah) yang dihasilkan dalam proses produksi, yang keberadaannya pada waktu dan tempat tertentu tidak diinginkan bagi lingkungan karena tidak memiliki nilai ekonomis (Hatina dan Komala, 2020). Jenis limbah ini biasanya berbentuk padat dan cair (Nurhidayanti, 2020).

Limbah cair meliputi kondensat cair, cairan yang digunakan untuk analisis laboratorium dan limpahan material proses yang tidak disengaja. Limbah padat meliputi ampas, abu dan debu yang dihasilkan oleh pembakaran limbah di boiler, padatan yang digunakan dalam analisis laboratorium, blotong dan tetes tebu (Sayow dkk, 2020). Gas buang mengandung gas SO₂ dari gas buang dari boiler dan gas buang dari reaktor pengolahan sulfit. Hasil sampingan (limbah) yang dihasilkan oleh pabrik gula sangat berbeda, maka limbah ini perlu ditangani agar tidak menjadi masalah lingkungan. Metode yang digunakan dalam pengelolaan sampah adalah netralisasi sampah agar tidak berbahaya bagi lingkungan dan transformasi sampah menjadi komoditas yang lebih bernilai (Maulana dkk, 2020).

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui untuk mengetahui penanganan limbah yang dihasilkan industri pengolahan gula terhadap lingkungan sekitar dengan metode LCA (*Life Cycle Assessment*).

METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 20 November 2021 dan pengujian sampel dilakukan pada hari yang sama. Pengambilan sampel limbah cair pengolahan gula di Pabrik Gula Pradjekan. Uji laboratorium dilakukan di laboratorium Teknologi Pengendalian Lingkungan Fakultas Teknik Pertanian Universitas Negeri Jember.

Prosedur Analisa

Life cycle assessment (LCA) adalah pendekatan yang digunakan untuk menilai input, output dan potensi kerusakan lingkungan dari produk energi yang baik selama siklus hidupnya. *Life Cycle Assessment* (LCA) adalah metode cradle-to-grave yang dapat digunakan untuk menentukan energi, biaya, dan dampak lingkungan dari produk selama siklus hidupnya. Setiap fase penilaian siklus hidup (LCA) memiliki makna atau arti yang dijelaskan dalam standar internasional ISO 14040. Untuk menganalisis inventarisasi, inventarisasi harus dibuat untuk input dan output yang relevan terkait dengan sistem yang ditentukan. Data inventaris siklus hidup ini terkait dengan kuantifikasi dan pengumpulan input dan output sistem, sehingga langkah ini sangat penting dalam penerapan LCA (Islam *et al*, 2016). Metode LCA juga dapat digunakan untuk menentukan penerapan skenario yang tepat

untuk menyelesaikan masalah lingkungan. Dengan menggunakan analisis LCA, dampak lingkungan hulu dan hilir dapat dinilai dengan baik. Dengan penilaian tersebut, perusahaan dapat menggunakannya untuk meningkatkan minat investor dan otoritas negara untuk berinvestasi di perusahaan (Lauesen, 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gula merupakan salah satu kebutuhan kita yang sangat penting karena hampir setiap hari kita tidak pernah lepas dari gula. Namun banyak dari kita yang tidak mengetahui apa bahan baku gula dan bagaimana gula dibuat. Pengolahan tebu menghasilkan limbah atau produk sampingan, antara lain limbah, bungkil, kondensat dan tetes tebu. Penanganan limbah yang dihasilkan industri pengolahan gula terhadap lingkungan sekitar dengan metode LCA (*Life Cycle Assessment*) dibahas di bawah ini.

Identifikasi Siklus Hidup Gula

Siklus hidup gula dimulai dengan penggilingan tebu menjadi produk gula. Budidaya tebu dimulai dari penaburan hingga pemanenan dan pengangkutan tebu ke pabrik sebelum digiling. Komponen yang terlibat dalam proses penanaman tebu adalah benih, pupuk, bahan tambahan, pestisida, air dan bahan bakar. Penggunaan bahan dalam proses budidaya tebu sangat mempengaruhi rendemen dan produktivitas tebu yang

dihasilkan. Pada dasarnya produksi dan produktivitas tebu dapat ditingkatkan dengan cara penentuan varietas, penyediaan bibit yang sehat dan bersih, optimalisasi tanam, pengaturan kebutuhan air, penyeimbangan pemupukan, pengendalian hama penyakit, penentuan gilingan awal yang benar, penentuan kebun tebu untuk panen dengan analisis kematangan, tebang bersih, tebu dan pengiriman cepat tebu. Proses produksi gula dilakukan melalui beberapa proses yaitu proses produksi, proses ekstraksi nira, proses pemurnian, proses penguapan, proses kristalisasi, proses pendinginan, proses pemisahan gula dan proses finishing.

Inventarisasi Bahan Baku dan Energi

Proses pembuatan gula dari tebu pada dasarnya adalah pemisahan gula dengan cara ekstraksi, pemurnian, evaporasi, pemasakan dan sentrifugasi, yaitu memisahkan air, pengotor dan zat non gula. Pada tahap pertama, proses ekstraksi dilakukan di stasiun penggilingan. Tujuan dari proses ekstraksi adalah untuk mengekstrak sebanyak mungkin nira dari tebu dan ampasnya dengan menambahkan air imbibisi. Semua zat terlarut dalam air tebu diperas dan tersisa ampasnya (Moerdokusumo, 2019). Selama proses ekstraksi, diperoleh nira mentah dan batuan yang kemudian digunakan 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 SO₂ hingga pH nira menjadi 7,0-7,3 (Halim, 1973). Pada proses sulfitasi alkalis menggunakan gas sulfit (SO₂) 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°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 CO₂. 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 masakan berlangsung sampai kadar gula atau sukrosa dalam larutan nira menjadi rendah. Proses masakan dimulai dengan membuat semua pan masakan menjadi vakum (hampa) sekitar 60 cmHg dengan begitu proses masakan dapat dilakukan dengan suhu yang tidak terlalu tinggi yaitu sekitar 60°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°C. Uap panas dan uap larutan sukrosa yang terbentuk dicairkan dalam kondensor dan menjadi air jatuhan. Proses masakan akan menghasilkan mascuite. Mascuite yang keluar dari pan masakan pada proses kristalisasi masih dalam keadaan jenuh dan pada suhu yang relatif tinggi yaitu sekitar 70°C.

Setelah dilakukan proses masakan, 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 masakan, 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).

Tabel 1. Data pemakaian bahan bakar di PG Pradjekan tahun 2021

Bahan Energi	RKAP	Realisasi	Persentase
Ampas	2,83 x 10 ¹¹ Kkal	1,94 x 10 ¹¹ Kkal	68,55%
IDO	3,71 x 10 ⁹ Kkal	1,62 x 10 ⁹ Kkal	43,67 %

Sumber: Data pabrik gula pradjekan

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 memiliki nilai energi

sebesar 2,83 x 10¹¹Kkal, sedangkan realisasinya yaitu sebesar 1,94 x 10¹¹Kkal 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 10⁹Kkal menjadi 1,62 x 10⁹Kkal 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.

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 dipabrikasi 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 pradjekan yaitu 190.794,3.

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.*, 2019). 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 dilihat pada Gambar 1.

Siklus hidup gula dapat dimulai dari ekstraksi tebu hingga menjadi produk gula SHS. Dalam Gambar 1 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 CO₂ 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 dan kualitasnya juga akan semakin baik dan

bagus. 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% (Saechu, 2019). Menurut Mardianti dkk (2018), 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 (Misran dan Erni, 2019).



Gambar 1. Siklus Hidup Gula

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, 2019).

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.

Limbah udara yang dominan adalah nitrogen oksida dan sulfur dioksida, namun limbah udara yang dihasilkan oleh pabrik gula Pradjekan aman untuk dibuang ke lingkungan, namun harus selalu diperhatikan dan dijaga agar kuantitas tidak melebihi kualitas standar, karena nitrogen oksida dan sulfur dioksida berdampak negatif terhadap lingkungan jika jumlahnya terlalu banyak (Abilio dan Faul, 2019). Mengenai hasil pembakaran kendaraan disekitar pabrik, program penghijauan di sekitar pabrik perlu ditingkatkan karena banyak kendaraan yang bergerak di sekitar pabrik, sehingga jika dibiarkan terus menerus akan berdampak

pada kesehatan masyarakat. bekerja di 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 CO₂ di pabrik gula. Potensi emisi CO₂ berasal dari penggunaan bahan bakar pada boiler, dalam hal ini yaitu pemakaian ampas tebu dan IDO, emisi CH₄ berasal dari pengolahan limbah cair, dan NO berasal dari pengolahan limbah blotong. Total emisi CO₂ yang dihasilkan pabrik gula sebesar 105.196,70 tCO₂-setara yang berasal dari emisi bahan bakar boiler sebesar 101.927,57 tCO₂, emisi penggunaan solar 2.855,45 tCO₂, emisi LPG 2,51 tCO, dan emisi dari pengolahan limbah padat sebesar 403,62 tCO₂- setara (Kristanto, 2017).

Jumlah limbah B3 relatif kecil, namun dapat merusak lingkungan dan sumber daya alam. Dari segi kimia, bahan-bahan tersebut terdiri dari bahan kimia organik dan anorganik (Islam dkk, 2016). Limbah B3 ini dihasilkan dari sisa penggunaan material yang ada pada mesin produksi pabrik gula dan alat berat. Limbah B3 yang termasuk dalam pabrik gula adalah oli bekas, aki bekas, kain lap dan lampu neon. Pengolahan limbah B3 di pabrik gula sebenarnya berjalan cukup baik, antara lain penggunaan oli bekas untuk melumasi roda gigi mesin produksi,

penyimpanan aki bekas yang berumur kurang dari 90 hari, yang kemudian diserahkan kepada pembeli. (ketiga) dan berbagai transaksi dan peristiwa yang berkaitan dengan limbah B3. Pencatatan harian dibuat dalam catatan harian limbah B3. Kewajiban pabrik gula terkait limbah B3 adalah melapor ke KLH secara rutin setiap tiga bulan sekali. Oleh karena itu, limbah B3 yang dihasilkan oleh pabrik gula tidak menimbulkan dampak lingkungan yang negatif.

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 dkk, 2018). 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 disekitar pabrik yang dapat mengganggu kesehatan manusia (Leovici dan Helena, 2019). Kegiatan pencegahan juga dapat dilakukan dengan pemakaian masker disekitar 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 (Maranhao, 2019).

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 (Lauesen, 2019).

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.

Pemanfaatan turunan dari tetes yang dihasilkan dari masakan gula 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 menyasati penurunan harga gula, menekan biaya produksi, memperluas pasar, serta mengurangi resiko kerugian pada pabrik gula (Mardianto, 2019). 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.

Penerapan LCA di industri pangan Indonesia masih sangat jarang atau bahkan belum ada. Hal ini disebabkan LCA masih sebatas anjuran atau himbuan untuk setiap industri. Akan tetapi dengan perkembangan perdagangan global dan konsumen semakin pintar (*smart consumer*) maka masalah perusakan lingkungan, penggunaan energi berlebihan serta efisiensi produksi, akan menjadi bahan pertimbangan dalam memilih dan mengkonsumsi produk pangan.

KESIMPULAN

LCA (*Life Cycle Assessment*) dapat digunakan untuk menganalisis limbah produksi gula kristal putih yang dapat berimplikasi dan mencemari lingkungan. Limbah cair diolah di laboratorium dengan elektrolisis cairan yang digunakan untuk analisis dan pengolahan limbah cair dari pabrik gula, dengan sistem aerasi lanjut. Air limbah juga didaur ulang dalam proses pengolahan. Limbah padat diolah dengan mengumpulkan debu dari pembakaran terak dengan pengumpul debu dan penanaman atau dengan membakar analisis limbah padat bekas di laboratorium pembuangan.

Menghindari timbulnya limbah cair dan gas dengan menggunakan bahan penjernih aman lingkungan (PAL) dalam analisis laboratorium, kontrol pembakaran ampas, dan kontrol pemurnian nira. Pemanfaatan kembali limbah padat dilakukan dengan menggunakan ampas dan blotong sebagai bahan baku kompos, ampas sebagai energi listrik, dan tetes tebu sebagai bahan baku industri etanol, alkohol, dan MSG. Penggunaan kembali gas buang CO₂ untuk pemurnian nira sebagai pengganti gas SO₂.

DAFTAR PUSTAKA

- Abilio A, Faul F. 2019. Bagasse Drying. *Sugar Journal* 89 (1060):68-71.
- Hatina, S., & Komala, R. (2020). Pemanfaatan HCl dan CaCl₂ sebagai zat aktivator dalam pengolahan limbah industri tahu. *Jurnal Redoks*, 5(1), 20-31.
- Islam, S., Ponnambalam, S. G., & Lam, H. L. (2016) 'Review on life cycle inventory: Methods, examples and applications', *Journal of Cleaner Production*, Vol. 136: 266-278.
- Kristanto, P. 2017. *Ekologi Industri*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta.
- Lauesen, L. M. (2019) 'Sustainable investment evaluation by means of life cycle assessment', *Social Responsibility Journal*.
- Leovici, Helena. 2019. Pemanfaatan Blotong Pada Budidaya tebu (*Saccarum officinarum* L.) Di Lahan Kering. Fakultas Pertanian. UGM
- Nurhidayanti, N. (2020). Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Dalam Menurunkan Kadar Amonia Total Dalam Air Limbah Industri. *Pelita Teknologi*, 15(1), 68-76.
- Maranhao. 2019. Individual Bagasse Drying System. *Proc. of XVIIth ISSCT congress*, 3: 2000-2011.
- Mardianto S, Simatupang P, Hadi PU, Malian H, Susmiadi A. 2018. Peta jalan (Road Map) dan Kebijakan pengembangan Industri Gula Nasional. *Jurnal Penelitian Agro Ekonomi* 23 (1) : 19-73.
- Misran dan Erni. 2019. Industri Tebu Menuju Zero Waste Industry. *Jurnal Teknologi Proses*. 4 (2) Juli 2015: 6-10
- Maulana, L. F., Ghozali, H. I., Fikri, M. H., Agustina, E. I., & Ali, M. (2020). Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Didesa Ranjok Kecamatan Gunung Sari Kabupaten Lombok Barat Menjadi Biomass Pellet Sebagai Sumber Energi Terbarukan. *Jurnal Pepadu*, 1(1), 133-138
- Moerdokusumo. 2019. Pengawasan Kualitas dan Teknologi Pembuatan Gula di Indonesia. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Rebitzer G, Finnveden G, Hauschild MZ, Ekvall T, Guine'e J, Heijungs R, Hellweg S, Koehler A, Permington D, Suh S. 2019. Recent developments in Life Cycle Assessment: Review. *J Environmental Manag* 91: 1-21.
- Saechu M. 2019. Optimasi Pemanfaatan Energi Ampas Di Pabrik Gula. *Jurnal Teknik Kimia* 4 (1):1-7.
- Sayow, F., Polii, B. V. J., Tilaar, W., & Augustine, K. D. (2020). Analisis kandungan limbah industri tahu dan tempe rahayu di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Agri-Sosioekonomi*, 16(2), 245-252.