

Penerapan *Life Cycle Assessment* untuk Menakar Emisi Gas Rumah Kaca yang Dihasilkan dari Aktivitas Produksi Tahu

Jatmiko Wahyudi ^{1*}

¹Badan Perencanaan Pembangunan Daerah, Kabupaten Pati

*Email: jatmiko_tkuns@yahoo.com

Abstrak

Keywords:
emisi gas rumah kaca; jejak karbon; life cycle assessment; produksi tahu

Life Cycle Assessment (LCA) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menakar dampak lingkungan yang timbul dari aktivitas produksi. Industri tahu merupakan industri pengolahan produk pangan yang banyak ditemui di Indonesia. Penerapan LCA produk tahu tidak hanya berfokus pada proses produksi saja namun pada proses-proses terkait dengan aktivitas produksi tahu misalnya penyediaan bahan baku, pemasaran dan pengelolaan limbah. Tujuan dari studi LCA ini adalah menghitung emisi Gas Rumah Kaca (GRK) pada daur hidup tahu dan mengidentifikasi tindakan-tindakan yang bisa dilakukan untuk mengurangi emisi GRK pada seluruh proses yang terkait dengan daur hidup tahu. Objek penelitian adalah sebuah industri tahu yang berlokasi di Desa Kajen, Kecamatan Margoyoso, Kabupaten Pati. Metode LCA yang digunakan pada studi ini mengikuti prosedur LCA menurut ISO 14040. Metode perhitungan emisi GRK dan jejak karbon berdasarkan IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2006. Hasil penelitian menunjukkan emisi GRK yang dihasilkan dari daur hidup tahu sebesar 224.871,2 kgCO_{2eq}/tahun dengan dengan nilai jejak karbon sebesar 1,849 kgCO_{2eq}/kg tahu. Upaya perbaikan proses untuk menurunkan emisi GRK antara lain dapat dilakukan dengan cara pemasangan isolator untuk mengurangi kehilangan energi, pemasangan ketel uap dan pemanfaatan teknologi biogas untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan.

1. PENDAHULUAN

Life cycle assessment (LCA) merupakan suatu metode atau alat yang digunakan untuk menganalisis dampak lingkungan yang terjadi akibat berlangsungnya proses pembuatan suatu produk [1]. Kelebihan dari LCA adalah sifatnya yang komprehensif sebab mampu menganalisis dampak lingkungan yang potensial terjadi pada proses-proses yang terkait dalam daur hidup suatu produk. Dengan LCA dapat diketahui sumber daya yang

digunakan (input) suatu proses dan material-material yang dihasilkan (output) suatu proses [2].

Salah satu bentuk dampak lingkungan yang sering dianalisis dengan LCA adalah emisi gas rumah kaca (GRK) yang diyakini sebagai penyebab terjadinya pemanasan global. Penerapan LCA bermanfaat untuk mengidentifikasi sumber dan besarnya emisi GRK dalam setiap tahapan dalam daur hidup suatu produk. Besarnya emisi GRK yang dihasilkan pada proses pembuatan suatu

produk dikenal dengan istilah jejak karbon produk.

Lebih jauh, penerapan konsep LCA memberikan manfaat untuk perbaikan produk, perbaikan proses dan perencanaan strategis [3]. Besarnya emisi GRK merupakan indikator bahwa proses produksi berlangsung secara tidak efisien. Proses produksi yang tidak efisien akan menyebabkan peningkatan biaya produksi dan harga jual produk yang akan menurunkan daya saing perusahaan. Kesadaran terhadap kelestarian lingkungan yang semakin meningkat serta terbitnya berbagai regulasi di sektor lingkungan hidup menuntut diadakannya proses dan produk yang ramah lingkungan.

Penyediaan pangan merupakan salah satu aktivitas yang menyumbang emisi GRK global secara signifikan [4]. Emisi GRK terjadi pada setiap tahapan daur hidup produk pangan mulai dari penyediaan bahan baku, transportasi, pengolahan dan pemasaran.

Salah satu produk pangan yang banyak ditemui di Indonesia adalah tahu. Hal ini disebabkan proses pembuatan tahu yang relatif sederhana, bahan baku yang mudah diperoleh serta produk tahu yang bergizi dan dapat diperoleh dengan harga terjangkau. Berdasarkan data dari instansi terkait, di Kabupaten Pati terdapat 96 industri tahu dengan skala industri rumah tangga. Karakteristik dari industri rumah tangga adalah menggunakan teknologi sederhana yang cenderung memiliki efisiensi rendah serta lokasinya berada di tengah kawasan permukiman.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak lingkungan dari aktivitas produksi tahu yang diukur dari besarnya emisi GRK yang dihasilkan pada seluruh tahapan daur hidup tahu. Tujuan selanjutnya adalah mengidentifikasi tindakan-tindakan yang bisa dilakukan untuk mengurangi potensi emisi GRK pada seluruh tahapan daur hidup tahu.

Penelitian ini bermanfaat untuk melengkapi beberapa studi LCA produk tahu.

Sebab penelitian yang telah dilakukan hanya berfokus pada besarnya energi yang dibutuhkan dalam memproduksi tahu serta emisi GRK yang dihasilkan akibat penggunaan energi tersebut [2] [5].

2. METODE

Penelitian berlangsung antara bulan Oktober – Desember 2016. Penelitian dilakukan di sebuah industri tahu yang berlokasi di Desa Kajen, Kecamatan Margoyoso, Kabupaten Pati. Data primer diperoleh melalui metode wawancara dan observasi. Data sekunder diperoleh melalui studi pustaka misalnya konstanta-konstanta untuk menghitung emisi GRK diperoleh dari *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories 2006*. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif secara bersama-sama (*mixed method*).

Metode LCA yang digunakan adalah prosedur LCA menurut ISO 14040 yang terdiri dari empat komponen yaitu penentuan tujuan dan ruang lingkup, analisis inventori, penakaran dampak dan interpretasi. Perhitungan emisi GRK mengikuti metode dari IPCC [6]. Unit fungsional yang dipakai adalah 1 kg tahu sebagai produk pangan hingga sampai ke pasar (konsumen). Emisi GRK pada studi ini dinyatakan dalam satuan kgCO_{2eq}/tahun sedangkan jejak karbon dinyatakan dalam satuan kgCO_{2eq}/kg tahu.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Tujuan dan cakupan (*Goal and Scoping*)

Tujuan dilakukannya LCA menjadi tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui dampak produksi tahu terhadap emisi GRK dan tindakan-tindakan yang bisa dilakukan untuk mengurangi potensi emisi GRK. Sistem daur hidup tahu dapat dilihat pada Gambar 1 yang terlampir.

Batasan dari daur hidup tahu meliputi proses pembuatan tahu, transportasi, penyediaan listrik dan pengelolaan limbah

cair. Kedelai yang digunakan sebagai bahan baku produksi tahu merupakan kedelai impor. Disebabkan keterbatasan data maka budidaya kedelai, penyimpanan dan transportasi kedelai sampai ke pedagang lokal tidak termasuk daur hidup tahu.

Transportasi meliputi transportasi bahan baku kedelai dari pedagang lokal, transportasi kayu bakar dari pasar ke pabrik tahu, transportasi tahu dari pabrik tahu ke pasar dan transportasi ampas tahu (produk samping) dari pabrik tahu ke rumah peternak yang membeli ampas untuk pakan ternak pada Tabel 1 yang terlampir.

3.2. Analisis inventori (*Inventory Analysis*)

Bahan-bahan masuk (input) pada sistem yaitu kedelai, kayu bakar sebagai bahan bakar proses perebusan, bahan bakar untuk transportasi dan penyediaan listrik serta air untuk proses pembuatan tahu. Bahan yang keluar (output) sistem yaitu tahu, ampas tahu, limbah cair.

Industri tahu yang menjadi objek penelitian ini memiliki kapasitas produksi rata-rata 150 kg kedelai/hari. Kebutuhan air mencapai 5.000 liter perhari. Kebutuhan kayu bakar untuk perebusan sekitar 3 m³/hari. Produksi tahu diperkirakan mencapai sekitar 330 kg/hari. Produksi ampas tahu mencapai 300-350 kg/hari. Sebagian besar input air dibuang dalam bentuk limbah cair yang langsung dibuang ke sungai.

Input energi yang masuk pada sistem digunakan untuk transportasi, penyediaan listrik dan perebusan kedelai (Tabel 1). Tidak ada input energi pada transportasi ampas tahu sebab peternak yang menjadi konsumen ampas tahu tinggal di sekitar pabrik dan transportasi menggunakan tenaga manusia (jalan kaki). Energi pada manusia yang terlibat dalam sistem misalnya energi yang digunakan pekerja untuk bekerja di industri tahu tidak dimasukkan dalam sistem daur

hidup tahu. Aktivitas dalam mengelola limbah cair juga tidak membutuhkan energi.

Kebutuhan energi terbesar digunakan untuk proses perebusan tahu dengan kontribusi hampir mencapai 99%. Besarnya energi untuk perebusan diduga disebabkan oleh rendahnya efisiensi tungku sehingga energi yang hilang selama proses pembakaran cukup tinggi. Efisiensi pembakaran kayu hanya sekitar 16%, lebih rendah dibandingkan dengan efisiensi pembakaran LPG yang mencapai 60% [7].

Faktor kedua yang menyebabkan tingginya konsumsi energi adalah pembakaran kayu tetap dilakukan walaupun tidak terjadi proses perebusan kedelai. Industri tahu yang menjadi objek penelitian beroperasi 8 jam/hari dengan jumlah pemasakan/perebusan sebanyak 15 kali/hari. Ketika tidak terjadi perebusan kedelai, tungku tetap dinyalakan untuk menjaga temperatur air perebusan tetap tinggi.

3.3. Penakaran dampak (*Impact Assessment*).

Secara total, emisi GRK yang dihasilkan dalam daur hidup tahu sebesar 224.871,2 kgCO_{2eq}/tahun dengan nilai jejak karbon sebesar 1,849 kgCO_{2eq}/kg tahu. Hal ini berarti untuk memproduksi 1 kg tahu akan dihasilkan emisi GRK sebesar 1,849 kgCO_{2eq}. Nilai jejak karbon pada studi ini lebih tinggi dibandingkan dengan nilai jejak karbon produksi tahu di Banyumas yaitu sebesar 1,7 kgCO_{2eq}/kg tahu [5] pada Tabel 2 yang terlampir.

Aktivitas pembakaran kayu untuk perebusan kedelai pada proses pembuatan tahu merupakan kontributor utama emisi GRK dengan kontribusi sebesar 98%. Kayu bakar merupakan jenis bahan bakar yang dikategorikan tinggi emisi dibandingkan dengan LPG maupun biogas. Secara fisik, pembakaran kayu menghasilkan asap dan jelaga yang jauh lebih banyak dibandingkan dengan pembakaran LPG dan biogas. Nilai faktor emisi CO₂, CH₄ dan N₂O pembakaran

kayu bakar juga jauh lebih besar dari faktor emisi CO₂, CH₄ dan N₂O pembakaran LPG [6].

Pengelolaan limbah cair diasumsikan tidak menghasilkan emisi CO₂ namun hanya menghasilkan CH₄ dan N₂O [6]. Limbah cair yang dihasilkan dari industri tahu di lokasi penelitian tidak mengalami pengolahan lebih dahulu dan langsung dibuang ke saluran menuju sungai. Komponen terbesar dari limbah cair industri tahu adalah protein (40-60%) yang apabila dibuang langsung ke sungai akan meningkatkan total nitrogen yang selanjutnya dapat memicu timbulnya emisi N₂O [7]. Pembuangan limbah cair tahu langsung ke sungai juga memicu terjadinya emisi CH₄. Dekomposisi material organik pada kondisi basah (cair) cenderung bersifat anaerob yang menghasilkan gas CH₄.

Permasalahan dari emisi CH₄ dan N₂O adalah nilai *global warming potential* (GWP) CH₄ dan N₂O yang besar yaitu sebesar 21 dan 300. Nilai GWP N₂O sebesar 300 memiliki pengertian bahwa gas N₂O berpotensi menyebabkan pemanasan global 300 kali lebih besar dibandingkan gas CO₂.

3.4. Interpretasi dan analisis perbaikan (*Improvement Analysis*)

Upaya untuk menjadikan proses pembuatan tahu lebih efisien dan ramah lingkungan lebih difokuskan pada efisiensi pada proses penyediaan energi untuk perebusan. Hal ini disebabkan 98% emisi GRK pada daur hidup tahu terjadi pada tahapan tersebut.

Kayu bakar dipilih sebagai bahan bakar disebabkan harganya murah dan mudah diperoleh. Mengganti kayu bakar dengan LPG ukuran 12 kg akan menyebabkan peningkatan biaya produksi yang signifikan. Kebutuhan energi untuk perebusan sebesar 5071 MJ/hari. Apabila digunakan LPG 12 kg untuk menggantikan kayu bakar maka kebutuhan LPG sebanyak 9 tabung dengan

asumsi nilai kalor LPG sebesar 11.254,61 kcal/kg LPG [9].

Alternatif perbaikan untuk efisiensi proses dapat dilakukan dengan menambahkan isolator sehingga panas yang hilang tidak terlalu besar. Alternatif yang lain adalah penggantian model tungku pembakaran langsung dengan ketel uap. Studi komparatif pada 2 industri tahu di Solo menunjukkan penggunaan ketel uap mampu mengurangi kebutuhan energi untuk perebusan [2].

Walaupun nilainya tidak terlalu besar, penggantian model pengelolaan limbah cair juga dapat menurunkan nilai emisi GRK. Penggunaan teknologi biogas untuk mengubah material organik pada limbah cair tahu menjadi gas CH₄ yang digunakan sebagai bahan bakar memasak dapat mengurangi emisi CH₄ yang dilepaskan ke atmosfer.

Pemanfaatan teknologi biogas juga memberikan manfaat secara ekonomi dan sosial. Secara ekonomi, pemanfaatan gas CH₄ sebagai bahan bakar memasak dapat mengurangi beban biaya rumah tangga untuk membeli bahan bakar. Secara sosial, pemanfaatan teknologi biogas dapat menurunkan protes dari masyarakat akibat dampak negatif dari keberadaan limbah cair tahu. Proses fermentasi anaerob di dalam digester (reaktor biogas) dapat menurunkan nilai COD dan BOD limbah cair tahu secara signifikan sehingga limbah cair tahu tidak menyebabkan pencemaran sungai dan pencemaran udara (bau busuk) [8].

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan emisi GRK yang dihasilkan dari daur hidup tahu sebesar 224.871,2 kgCO_{2eq}/tahun dengan dengan nilai jejak karbon sebesar 1,849 kgCO_{2eq}/kg tahu. Proses-proses yang terkait dengan daur hidup tahu pada studi ini meliputi proses transportasi, penyediaan listrik, proses pembuatan tahu dan pengelolaan limbah cair. Alternatif perbaikan

proses yang bisa dilakukan untuk mengurangi emisi GRK antara lain pemasangan isolator untuk mengurangi hilangnya energi saat proses, pemasangan ketel uap dan pemanfaatan teknologi biogas untuk mengelola limbah cair.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih penulis sampaikan kepada Pemerintah Kabupaten Pati yang telah membiayai penelitian ini.

REFERENSI

- [1] International Organization for Standardization (ISO). ISO 14040:2006 – Environmental management – LCA principles and framework. 2006
- [2] Fernando R. Penerapan Life Cycle Assessment (LCA) Pada Industri Tahu Dengan Ketel Uap Dan Bak Perebusan Dalam Proses Pemasakan (Studi Kasus di Sentra Pengrajin Tahu Mojosongo, Surakarta). Universitas Gadjah Mada; 2014
- [3] Megasari K, Swantomo D, Christina M. Penakaran daur hidup pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) batubara kapasitas 50 MWatt. *Prosiding Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta*. 2008.
- [4] González AD, Frostell B, Kanyama AC. Protein efficiency per unit energy and per unit greenhouse gas emissions: Potential contribution of diet choices to climate change mitigation. *Food Policy*. 2011; 36:562–570
- [5] Sahirman S, Ardiansyah. Assessment of Tofu Carbon Footprint in Banyumas, Indonesia - Towards ‘Greener’ Tofu. *Proceeding of International Conference On Research, Implementation And Education Of Mathematics And Sciences 2014*. Yogyakarta. 2014. p. 97-103
- [6] The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. 2006
- [7] Lam J, Heegde F. *Domestic Biogas Compact Course: Technology and Mass-*

Dissemination Experiences from Asia. The University of Oldenburg. 2011

- [8] Kaswinarni F. *Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu Studi Kasus Industri Tahu Tandang Semarang, Sederhana Kendal dan Gagak Sipat Boyolali*. Universitas Diponegoro. 2007
- [9] Budya H, Arofah MY. Providing Cleaner Energy Access in Indonesia Through the Megaproject of Kerosene Conversion to LPG. *Energy Policy*. 2011; 39:7575–7586

A. Tabel

Tabel 1. Input Energi Dalam Daur Hidup Tahu

Aktivitas	Energi	
	MJ/tahun	MJ/kg tahu
Transportasi		
Kedelai	363,7	0,003
Kayu bakar	408,9	0,003
Tahu	8.014,9	0,066
Ampas tahu	0	0
Penyediaan listrik		
Penyediaan air	1.969,2	0,02
Penggilingan kedelai	9.798,5	0,08
Perebusan	1.850.917,9	15,2
Total	1.871.473,1	15,4

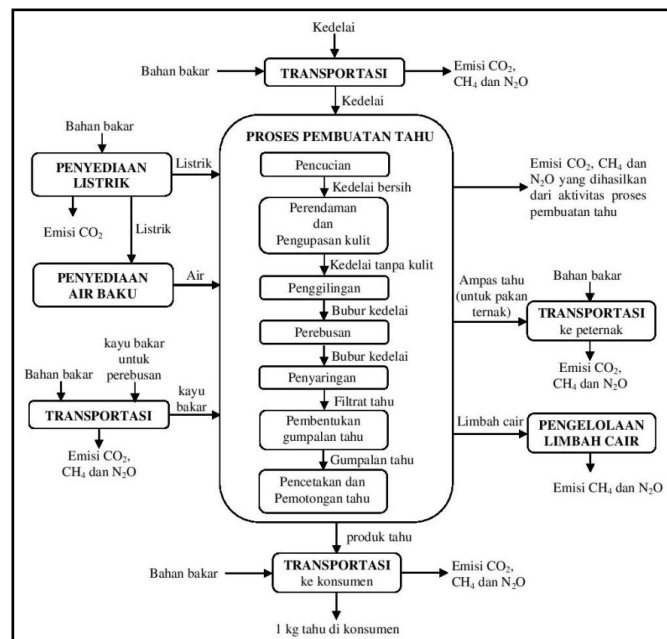
Sumber: Pengolahan data (2017)

Tabel 2. Nilai Emisi Gas Rumah Kaca dan Jejak Karbon

Sumber emisi	Emisi GRK (kgCO ₂ eq/tahun)	Jejak karbon kgCO ₂ eq/kg tahu
Transportasi	623,5	0,005
Penyediaan listrik	1.916,9	0,016
Proses produksi tahu	221.155,1	1,818
Pengelolaan limbah cair	1.175,7	0,010
Total	224.871,2	1,849

Sumber: Pengolahan data (2017)

B. Gambar



Gambar 1. Lingkup Daur Hidup Tahu