

ANALISIS EMISI GAS RUMAH KACA PRODUKSI KARET DENGAN METODE LCA (*LIFE CYCLE ASSESSMENT*) DAN PERHITUNGAN PENYERAPAN KARBON PT. PERKEBUNAN NUSANTARA IX NGOBO

Utamiria Dwi Kartika^{*)}, Winardi Dwi Nugraha^{**)}, Mochtar Hadiwidodo^{**)}

Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

JL. Prof. H. Sudarto, SH Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

email: tammideka@gmail.com

Abstrak

Karet merupakan salah satu komoditas utama Indonesia dengan nilai ekspor mencapai 2.623.471 ton pada tahun 2014 dan berperan menyumbang emisi dalam perubahan iklim (Direktorat Jenderal Pertanian, 2015). Namun demikian, menurut penelitian yang dilakukan oleh Indraty, 2005, tanaman karet memiliki jumlah tajuk yang tinggi untuk dapat menyerap karbon dengan jumlah besar. Sejalan dengan kedua hal tersebut, komitmen Indonesia dalam perubahan iklim tampak pada ratifikasi IPCC dan Protokol Kyoto (yang dilanjutkan melalui program REDD+). Terkait latar belakang tersebut, diperlukan suatu penelitian untuk inventarisasi pelepasan emisi karbon ke alam dan penyerapan karbon. Penelitian dilakukan pada salah satu perkebunan karet, PT. Perkebunan Nusantara IX Ngobo sebagai eksportir kepada perusahaan kelas dunia seperti Michelin dan Good Year pada bulan November 2016 hingga Februari 2017. Analisis emisi karbon digunakan dengan metode LCA (Life Cycle Assessment) berdasarkan ISO 14040, sementara perhitungan penyerapan karbon dilakukan dengan olah citra Landsat 8.0 dibantu oleh software Arc Map 10.4 dan ENVI 4.5. Hasil yang didapatkan berupa penghasilan emisi tahun 2015-2016 pada perkebunan karet sebesar 6,65 ton CO₂ equivalent per ton lateks per tahun dan pabrik pengolahan adalah sebesar 8,84 ton CO₂ equivalent per ton lateks per tahun. Jumlah penyerapan karbon yang didapat adalah sebesar 31,52 ton CO₂ equivalent per hektar per tahun atau 145,72 ton CO₂ equivalent per ton lateks per tahun. Berdasarkan hasil yang didapatkan dapat dikatakan bahwa nilai potensi penyerapan karbon di PT. Perkebunan Nusantara IX Ngobo lebih besar daripada nilai potensi emisinya. Penelitian ini dapat disempurnakan dengan mengikutsertakan scope 3 dalam perhitungan emisi karbon dan melakukan digitasi citra yang maksimal dalam perhitungan penyerapan karbon.

Kata kunci: LCA, emisi Gas Rumah Kaca, penyerapan karbon, produksi karet, CO₂ ton ekuivalen

Abstract

[Analysis of Green House Gas Emissions of Rubber Production with LCA (Life Cycle Assessment) Method and Calculation of Carbon Sequestration in PT. Perkebunan Nusantara IX Ngobo]. Rubber is one of Indonesia's main commodities with export value reaching 2.623.471 tons in 2014 and contributing to emission in climate change (Directorate General of Agriculture, 2015). However, according to the research conducted by Indraty, 2005, the rubber plant has a number of high crown to absorb large amounts of carbon. In line with these two things, Indonesia's commitment to climate change appears on the ratification of the IPCC and the Kyoto Protocol (which continued through the REDD+ program). Related to this background, we need a study to inventory the carbon emissions discharge to nature and carbon sequestration. The study was conducted on one of the rubber plantations, PT. Perkebunan Nusantara IX Ngobo as an exporter to the world-class company like Michelin and Good Year in November 2016 to February 2017. Analysis of carbon emissions used by the LCA method (Life Cycle

Assessment) based on ISO 14040, while carbon sequestration calculations done by image processing of Landsat 8.0 assisted by Arc Map 10.4 and ENVI 4.5. software. The obtained result is in the production of emissions in 2015-2016 at a rubber plantation as much as 6,65 tons of CO₂ equivalent per ton of latex per year and processing manufactory amounted 8,84 tons of CO₂ equivalent per ton of latex per year. The amount of carbon sequestration obtained is amounted 31.52 tons CO₂ equivalent per hectare per year or 145.72 tons of CO₂ equivalent per ton of latex per year. Based on the results it can be said that the value of potential carbon sequestration in PT. Perkebunan Nusantara IX Ngobo is greater than the value of potential emissions. This research can be refined by including scope 3 in the calculation of carbon emissions and doing maximum digitized image in the calculation of carbon sequestration.

Keywords: *Life Cycle Assessment, Green House Gas emissions, carbon sequestration, rubber production, CO₂ ton equivalent*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sebagai salah satu komoditas utama, Indonesia memiliki produksi karet tahun 2014 sebesar 3.153.185 ton dengan total ekspor ke negara lain berjumlah 2.623.471 ton dengan nilai 4.741.574 US\$ (Direktorat Jendral Perkebunan Indonesia, 2015) menyebabkan Indonesia menjadi negara penghasil karet terbesar kedua di dunia setelah Thailand dan memiliki areal perkebunan karet terluas di dunia (*Development Alternatives, Inc, 2007*).

Kuantitas produksi pabrik yang tinggi membawa dampak negatif bagi Indonesia berupa peningkatan gas rumah kaca (GRK) seperti gas CO₂, CH₄, N₂O, O₃, dan lain sebagainya. Gas rumah kaca seperti diketahui berasal dari berbagai sumber, seperti CO₂ dari industri, pembangkit listrik, pembakaran bahan bakar fosil dan transportasi. Di sisi lain, menurut Indraty, 2005, tanaman karet memiliki peran yang sangat besar dalam penyerapan CO₂, karena memiliki kanopi lebih lebar dan permukaan daun hijau dan daun yang luas.

Lebih lanjut, komitmen Indonesia terhadap penurunan emisi gas rumah kaca ditunjukkan dengan

meratifikasi Konvensi Perubahan Iklim (UNFCCC dan IPCC) melalui UU No.6 Tahun 1994 dan Protokol Kyoto (yang dilanjutkan dengan REDD+), sehingga diperlukan inventarisasi mengenai emisi yang dihasilkan dan diserap dalam skala perkebunan (Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, 2016)

Berdasarkan paparan di atas, perlu dilakukan studi untuk mengetahui dampak produksi karet terhadap lingkungan melalui analisa *Life Cycle Assessment (LCA)* dan penyerapan karbon, dalam kasus ini bertempat di PT. Perkebunan Nusantara IX Ngobo, sebagai salah satu penghasil karet utama di Jawa Tengah.

Tujuan Penelitian

1. Menganalisis potensi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan pada sistem eksisting produksi karet di PT. Perkebunan Nusantara IX Ngobo berdasarkan pemodelan LCA.
2. Menghitung jumlah potensi penyerapan karbon yang dihasilkan pada PT. Perkebunan Nusantara IX Ngobo.

TINJAUAN PUSTAKA

Karet

Menurut Depatemen Perindustrian, 2007, karet adalah polimer hidrokarbon yang terbentuk dari emulsi kesusuan (dikenal sebagai lateks) yang diperoleh dari getah beberapa jenis tumbuhan pohon karet tetapi dapat juga diproduksi secara sintetis. Sumber utama barang dagang dari latex yang digunakan untuk menciptakan karet adalah pohon karet *Hevea brasiliensis* (Euphorbiaceae). Ini dilakukan dengan cara melukai kulit pohon sehingga pohon akan memberikan respons yang menghasilkan lebih banyak latex.

Gas Rumah Kaca

Menurut Kementerian Lingkungan Hidup, 2012, Gas rumah kaca (GRK) merupakan gas di atmosfer yang berfungsi menyerap radiasi infra merah dan ikut menentukan suhu atmosfer. Adanya berbagai aktivitas manusia, khususnya sejak era pra-industri emisi gas rumah kaca ke atmosfer mengalami peningkatan yang sangat tinggi sehingga meningkatkan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer.

Life Cycle Assessment

Ecobalance atau *Life Cycle Assessment (LCA)* atau biasa disebut atau juga dikenal sebagai *life cycle analysis*, atau analisis *cradle-to-grave* adalah penyelidikan dan evaluasi dampak lingkungan dari suatu produk atau jasa yang disebabkan oleh keberadaan produk atau jasa itu sendiri serta meningkatkan efisiensi penggunaan sumberdaya dan menurunkan pertanggung jawaban (liabilities) terhadap lingkungan. (Schempf, 1999 dan Curran, 1996).

LCA terdiri dari 4 fase yang diatur dalam ISO, secara garis besar adalah:

1. Goal and Scope

Bertujuan untuk merumuskan dan menggambarkan tujuan, sistem yang

dievaluasi, batasan, dan asumsi yang berhubungan dengan dampak di sepanjang siklus hidup dari sistem yang dievaluasi (Marriott, 2007).

2. Life Cycle Inventory (LCI)

Life Cycle Inventory (LCI) emisi, mencakup pengumpulan data dan perhitungan input dan output ke lingkungan dari sistem yang sedang dievaluasi. Fase ini menginventarisasi penggunaan sumber daya, penggunaan energi dan pelepasan ke lingkungan terkait dengan sistem yang dievaluasi (Marriott, 2007).

3. Life Cycle Impact Assessment (LCIA)

Merupakan penanganan dari dampak terhadap lingkungan, semua dampak penggunaan dari sumberdaya dan emisi yang dihasilkan dikelompokkan dan dikuantifikasi kedalam jumlah tertentu kategori dampak yang kemudian diberi bobot sesuai dengan tingkat kepentingannya (Marriott, 2007).

4. Interpretasi

Interpretasi merupakan integrasi dari hasil *life-cycle inventory* dan *life-cycle impact assessment* yang kemudian digunakan untuk mengkaji, menarik kesimpulan dan rekomendasi yang konsisten dengan tujuan dan lingkup yang telah diformulasikan (Marriott, 2007).

Penyerapan Karbon

Menurut Brown, 1997 gas CO₂ pada atmosfer ditambat oleh tanaman karet melalui proses fotosintesis. Dengan menggunakan energy cahaya, CO₂ diubah menjadi karbon organik dalam bentuk biomassa (jumlah bahan organik hidup yang dinyatakan dalam bobot kering daun, bunga, buah, cabang, ranting, batang, akar, dan pohon mati per satuan luas).

METODOLOGI PENELITIAN

1. Perhitungan Emisi

Formula yang dipergunakan dalam menghitung emisi gas rumah kaca

disadur dari penelitian Jawjit et all, 2010 seperti berikut.

$$Ex, i, j = \sum i, j (A i, j \times EFx, i, j \times GWPx) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan

x , = jenis gas, CO₂, CH₄, N₂O

i , = jenis aktivitas seperti pada tabel

j = jenis tipe produk : lateks, lateks campuran, STR, atau RSS

Ex, i, j = emisi GRK yang terkait tipe gas x , aktivitas i , pada produksi j , (satuan dalam kilogram CO₂-eq/ton produk)

$A i, j$ = level aktivitas, terkait variabel i dan j

EFx, i, j = faktor emisi, terkait variabel i dan j

$GWPx$ = konstanta potensial global warming atau *Global Warming Potential*

2. Perhitungan Penyerapan Karbon

Angka penyerapan karbon dihitung dengan menggunakan cara penginderaan jauh melalui citra Landsat 8.0 dengan menggunakan data yang diakses pada 24 Januari 2017. Data akses landsat kemudian didigitasi dan dimasukkan pada persamaan melalui software ENVI.

Menurut Divayana (2011), model persamaan pendugaan biomassa terbaik pada tegakan karet dengan menggunakan citra Landsat adalah:

$$y = -358,7 + \left\{ 916,6 * \left(\frac{MIR}{NIR} \right) \right\} - \left\{ 568,7 * \left(\frac{MIR}{[NIR^2]} \right) \right\} \dots \dots \dots [2]$$

Keterangan

MIR = Nilai Saluran 6 pada citra

Landsat 8.0

NIR = Nilai Saluran 5 pada citra Landsat 8.0

GAMBARAN UMUM LOKASI

1. Umum

PT. Perkebunan Nusantara IX Ngobo merupakan perusahaan penanam

3 komoditas penting di Indonesia seperti karet, kopi, dan pala yang berada di Desa Wringin Putih, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang. Komoditas karet merupakan salah satu produk unggulan konsumsi pasar mancanegara dengan kapastiras produksi sebesar 810,01 kg per hektar per tahun. Sumber bahan baku berupa karet mentah atau (karet alam) yang ditanam di perkebunan karet dan menghasilkan output berupa karet tipe RSS (*Ribbed Smoked Sheet*) yang siap jual kepada pihak pengolah bahan baku untuk selanjutnya dihasilkan ban roda, mainan, dan lain – lain. Selain itu dihasilkan produk samping berupa karet cutting dan lump.



Gambar 4.1 Karet Alam (Lateks), Karet RSS, Cutting Rubber, dan Lump

Sumber : Dokumentasi Penulis

Pada PT. Perkebunan Nusantara IX Ngobo bagian produksi karet terjadi aktivitas di perkebunan dan di pabrik. Aktivitas perkebunan karet tersebar pada 4 afdeling, yaitu Klepu (272,61 hektar), Setro (702 hektar), Jatirunggo (586,42 hektar) dan Gebugan (61,45 hektar) dengan keseluruhan total luas adalah sebesar 1.622,48 hektar

2. Perkebunan Karet

Lahan eksisting di PT. Perkebunan Nusantara IX Ngobo diperuntukkan sebagai perkebunan semenjak zaman penjajahan Belanda hingga kini.

Aktivitas yang terjadi di perkebunan mencakup: Proses Pemberian Pupuk; Proses Perawatan; Proses Penyadapan

(Panen); Proses Pengangkutan Karet Alam ke Pabrik

3. Pengolahan Karet

Aktivitas yang terjadi di pengolahan mencakup: Penerimaan Lateks di Pabrik; Pengenceran dan Pembekuan; Penggilingan; Pengasapan; Sortasi; Pengemasan dan Labeling; Pengiriman ke Pelanggan.

4. Pengelolaan Limbah

Pengelolaan limbah yang dijalankan PT. Perkebunan Nusantara IX Ngobo masih dalam parameter yang melibatkan limbah cair akgar memenuhi baku mutu dan belum ada upaya lanjutan.

HASIL PENELITIAN

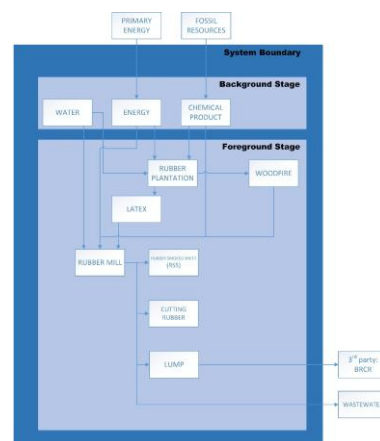
I. Perhitungan Emisi

I.1 Goal and Scope

Ruang lingkup analisa LCA dalam penelitian ini meliputi kegiatan yang menghasilkan emisi primer dan emisi sekunder yang berasal dari perkebunan karet dan Pabrik Pengolahan sehingga menghasilkan karet bertipe RSS dan cutting. Emisi primer atau emisi langsung berupa kegiatan pembakaran, transport internal dan kegiatan proses (pemakaian pupuk, perawatan, penggunaan bahan kimia). Emisi sekunder atau emisi tak langsung berupa pemakaian listrik atau proses pemanasan Satuan yang digunakan dalam hasil analisis LCA ini berupa kg CO₂ equivalent.

I.2 System Boundary

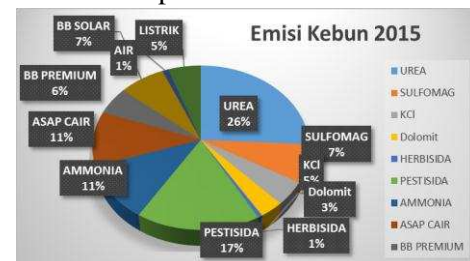
System boundary bertujuan untuk membatasi tinjauan proses LCA dalam kegiatan produksi lateks menjadi karet RSS dan karet cutting.



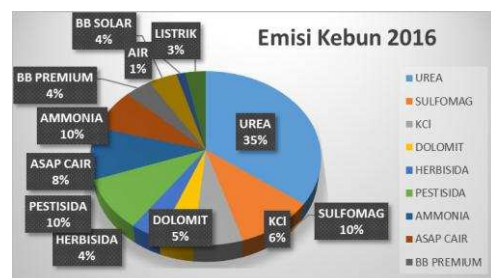
Gambar 1 System Boundary Aktivitas Perkebunan dan Produksi Karet RSS

I.3 LCI

Berdasarkan perhitungan, didapat emisi aktivitas perkebunan karet pada tahun 2015 adalah sebesar 2,99 ton eq/ton lateks, sementara pada tahun 2016 sebesar 1,29 ton eq/ton lateks. Presentase sebaran emisi aktivitas perkebunan tahun 2015 dan 2016 dapat dilihat pada chart berbentuk pie berikut.



Gambar 2 Presentase Persebaran Emisi Aktivitas Kebun Tahun 2015



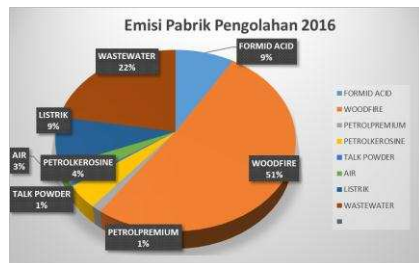
Gambar 3 Presentase Persebaran Emisi Aktivitas Kebun Tahun 2016

Berdasarkan perhitungan, didapat emisi aktivitas pabrik pengolahan pada tahun 2015 adalah sebesar 4,90 ton eq/ton lateks, sementara pada

tahun 2016 sebesar 3,94 ton eq/ton lateks. Presentase sebaran emisi aktivitas pabrik pengolahan tahun 2015 dan 2016 dapat dilihat pada chart berbentuk pie berikut.



Gambar 4 Presentase Persebaran Emisi Aktivitas Pabrik Pengolahan Tahun 2015



Gambar 5 Presentase Persebaran Emisi Aktivitas Pabrik Pengolahan Tahun 2016

1.4 LCIA

Emisi terbanyak dihasilkan dari kegiatan pemakaian urea dan pemakaian pestisida pada aktivitas perkebunan karet, yaitu berjumlah 1,287 ton CO₂ eq/ton fresh lateks dan 0,353 ton CO₂ eq/ton fresh lateks pada 2016. Pada aktivitas pabrik pengolahan, terlihat pemakaian kayu sebagai bahan bakar dan penghasilan air buanagn sebagai pemegang emisi terbesar, dengan nilai masing – masing 2016 ton CO₂ eq/ton fresh lateks dan 0,879 ton CO₂ eq/ton fresh lateks pada tahun 2016

1.5 Interpretasi

Langkah ke 4 dari metode Life Cycle Assessment ini adalah berupa Interpretasi. Interpretasi ini diharapkan dapat menggambarkan

secara keseluruhan data yang digunakan, sehingga dapat ditarik kesimpulan dan evaluasi dari metode ini.



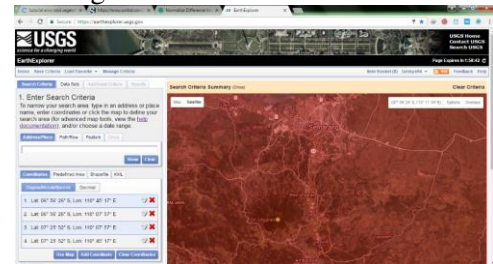
Gambar 6 Presentase Perbandingan Total Emisi Perkebunan dan Pabrik Pengolahan

Secara garis besar, grafik ini menggambarkan bahwa emisi pabrik pengolahan lebih besar daripada emisi perkebunan, dengan jumlah 6,64 ton CO₂ eq/ton fresh lateks (prosesntase 42,9 %) untuk emisi perkebunan dan emisi pabrik pengolahan sebesar 8,84 ton CO₂ eq/ton fresh lateks (prosentase 57%)

II. Perhitungan Penyerapan Karbon

Perhitungan penyerapan karbon dilakukan dengan tahap

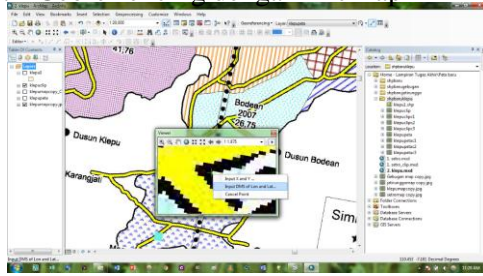
1. Mengunduh citra Landsat 8.0



2. Survei lapangan untuk mengambil titik koordinat, shp, dan peta.

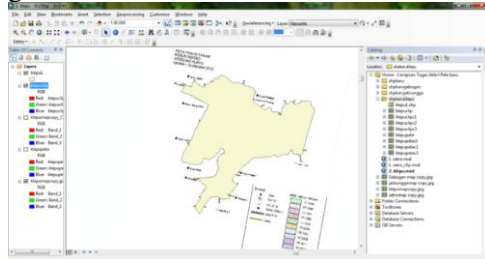


3. Georeferencing dengan ArcMap



Georeferencing atau koreksi geometri bertujuan untuk menyamakan koordinat peta dengan koordinat sesungguhnya pada bumi.

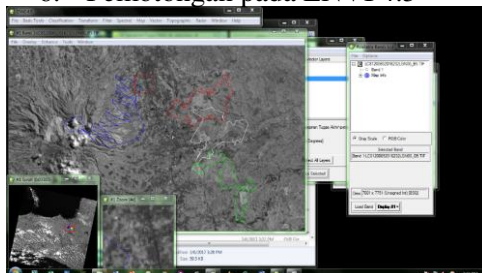
4. Digitasi peta yang terkoreksi geometri



Digitasi berfungsi sebagai pembentuk data input yang membantu dalam proses pemotongan citra.

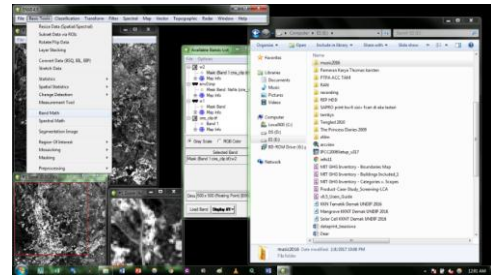
5. Layer stacking pada ENVI 4.5
 Proses ini dilakukan untuk menggabungkan band atau kanal yang diperlukan dalam menunjukkan hasil penyerapan karbon. Dalam penelitian ini digunakan band 5 dan 6 dalam proses layer stacking.

6. Pemotongan pada ENVI 4.5



Pemotongan ini bertujuan untuk membatasi perhitungan sesuai area penelitian, yaitu area perkebunan PT. Perkebunan Nusantara IX Ngobo.

7. Perhitungan dengan bandmath



Persamaan yang digunakan bersumber dari Divayana, 2011 dengan rincian sebagai berikut:

$$y = -358,7 + \left\{ 916,6 * \left(\frac{MIR}{NIR} \right) \right\} - \left\{ 568,7 * \left(\frac{MIR}{[NIR^2]} \right) \right\}$$

.....[2]

Keterangan

MIR = Nilai Saluran 6 pada citra Landsat 8.0

NIR = Nilai Saluran 5 pada citra Landsat 8.0

8. Interpretasi nilai dalam CO2 dan analisis

$$= \text{Nilai DN} \times \text{Nilai NTPS} \times \text{konsversi per 1 pixel} \times \text{konsversi pixel ke luas}$$

$$= \frac{1 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}}{1 \text{ hari}} \times \frac{1}{l \text{ pixel}} \times \frac{1 \times 1 \text{ pixel}}{\text{luas satuan}} \times \frac{900 \text{ satuan}}{1 \times 1 \text{ m}^2}$$

$$= \Delta \frac{\text{kg CO}_2 \text{ eq}}{\text{m}^2 \cdot \text{hari}}$$

Hasil yang didapatkan berupa kg CO2 per hari. Untuk mengkonversi nilai menjadi ton CO2 per ha per tahun, digunakan cara berikut.

Jumlah karbon (dalam CO2 ton eq per ha per tahun)

$$= \text{Nilai karbon} \times \text{konsversi m}^2 \text{ ke ha} \times \text{konsversi kg ke ton} \times \text{konsversi hari ke tahun}$$

$$= \frac{1 \text{ kg CO}_2 \text{ eq}}{1 \text{ m}^2 \cdot \text{hari}} \times \frac{1 \text{ m}^2}{10000 \text{ ha}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \times 365 \frac{\text{hari}}{1 \text{ tahun}}$$

$$= \Delta \frac{\text{ton CO}_2 \text{ eq}}{\text{ha} \cdot \text{tahun}}$$

Tabel 5.

Rekapitulasi hasil perhitungan penyerapan karbon

Nomor	Afdeling	Jumlah Karbon
1	Setro	64,19

2	Klepu	28,44
3	Jatirunggo	28,59
4	Gebugan	0,50
TOTAL		31,52

Berdasarkan tabel dan chart, dapat diketahui bahwa potensi penyerapan karbon PT. Perkebunan Nusantara IX Ngobo adalah sebesar 31,52 ton CO₂ ekuivalen per hektar per tahun atau 145,72 ton CO₂ eq per tahun fresh lateks. Jumlah ini masih terbilang sedikit jika dibandingkan dengan penelitian serupa oleh Antonius SN, 2013 di Kabupaten Langkat dengan jumlah 280,02 ton CO₂ ekuivalen per hektar.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Potensi emisi aktivitas perkebunan karet dan pabrik pengolahan terus meningkat tiap tahunnya. Jumlah potensi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan sistem eksisting produksi karet di PT. Perkebunan Nusantara IX Ngobo pada aktivitas perkebunan pada tahun 2015 adalah sebesar 2,987 ton eq/ton lateks dan pada tahun 2016 sebesar 1,287 ton eq/ton lateks. Sementara emisi pabrik pengolahan pada tahun 2015 adalah sebesar 4,900 ton eq/ton lateks dan pada tahun 2016 sebesar 3,938 ton eq/ton lateks. Emisi aktivitas perkebunan karet terbesar meliputi pemakaian pupuk urea dan pestisida pada tahun 2015 dan 2016. Sementara emisi aktivitas pabrik pengolahan terbesar terdapat pemakaian kayu sebagai bahan bakar di tahun 2015 dan 2016.

2. Jumlah potensi penyerapan karbon yang dihasilkan pada sistem eksisting PT. Perkebunan Nusantara IX Ngobo adalah sebesar 31,52 ton CO₂ ekuivalen per hektar per tahun atau 145,72 ton CO₂ ekuivalen per ton lateks per tahun.

DAFTAR PUSTAKA

Bab I

Direktorat Jendral Perkebunan Indonesia, 2015. *Statistik Perkebunan Indonesia 2014 -2016*. Direktorat Jendral Perkebunan, Jakarta

Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, 2016. *Perubahan Iklim, Perjanjian Paris, dan Nationally Determined Contribution Edisi 1*. Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Jakarta.

Indraty, I.S. 2005. *Tanaman Karet Menyelamatkan Kehidupan dari Ancaman Karbondioksida*. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Development Alternatives, Inc 2007. *Value Chain Assessment of the Rubber Industry in Indonesia for United States Agency for International Development*, Development Alternatives, Inc, Jakarta.

Bab II

Damanik et al. 2010 *Budidaya dan Pasca Panen Karet*. Kementerian Kehutanan, Jakarta

Sugiyono. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif & RND*. Alfabeta. Bandung.

Sekretariat Jendral Departemen Perindustrian. 2007 *Gambaran Sekilas Industri Karet*. Departemen Perindustrian Indonesia, Jakarta.

<http://www.industrikaret.com/proses-pengolahan-karet-mentah.html> akses tanggal 7 november 2016 21.45

The Rubber Manufacturers Association, Inc. 1969. *International Standards of Quality and Packing for Natural Rubber Grades*. Washington DC, Amerika.

http://aseanrubber.com.vn/?page_id=83 Ribbed Smoked Sheet, akses 3 Januari 2017 pukul 23.31

- Kementrian Lingkungan Hidup, 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional : Buku 1 : Pedoman Umum*. Kementrian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.
- IPCC. 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). IGES, Japan.
- Schempf, Noelle Conway. "Case Study: Economic Input-Output Life-Cycle Assessment of Asphalt versus Steel Reinforced Concrete for Pavement Construction". Posner Hall. Carnegie Mellon University, Pittsburgh. (1999)
- Curran, Mary Ann. 1996. *Environmental LifeCycle Assessment*. McGraw-Hill, New York.
- Pleanjai dkk, 2007. *Environmental Evaluation of Biodiesel Production from Palm Oil in a Life Cycle Perspective*. Thailand.
- Environment Australia 1999. *An Overview of The Environment Protection and Biodiversity Conservation Act*. Department of the Environment and Heritage. Australia.
- Lewis, H. dan Demmers, M., 1996, *Life Cycle Assessment and Environmental Management*, Australian Journal of Environmental Management, vol. 3. Australia.
- Marriot, NG 2007. *Principles of Food Sanitation*. Penebar Swadaya, Jakarta
- The International Organization for Standardization. 2006 *ISO 14040 : Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework*. The International Organization for Standardization : Swiss.
- Lukmanniah. 2011. *Manfaat Kanopi Pohon dalam Upaya Penyimpanan dan Penyerapan Karbon di Kawasan Perumahan Kota Bogor*. Departemen Arsitektur Lansekap. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Mukhlison. 2013. *Pemilihan Jenis Pohon Untuk Pengembangan Hutan Kota di Kawasan Perkotaan Yogyakarta*. Jurnal Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- <http://rubberboard.org.in/ManagementCultivation.asp?Id=240>
- Sutaryo, 2009. *Perhitungan Biomassa : Sebuah Pengantar Untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Wetlands International Indonesia Programme, Bogor.
- Thenkabail, 2016. *Resources Monitoring, Modeling, and Mapping with Remote Sensing, Remote Sensing Handbook Volume II*. CRC Press, Taylor and Francis Group. Amerika.
- Lillesand, Thomas M., dan R. W. Kiefer. 1993. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*, editor Sutanto. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- CIFOR.. *Penginderaan Jauh*
- Danoedoro, Projo. 2012. *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*. Yogyakarta : ANDI. Sutanto. 1998. *Penginderaan Jauh Dasar* Jilid 1. Yogyakarta: Gadjah Mada.
- Ekadinata et al, 2008. *Sistem Informasi Geografis Untuk Pengelolaan Bentang Lahan Berbasis Sumber Daya Alam* Buku 1: *Sistem Informasi Geografis dan Penginderaan Jauh Menggunakan ILWIS Open Source*. World Agroforestry Centre, Bogor, Indonesia.
- Departement of the interior of US Geological Survey. 2016. *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook Version 2.0* USGS: Amerika
- <https://landsat.usgs.gov/what-are-best-spectral-bands-use-my-study> : What are the best spectral bands to use for my study? akses 5 Januari 2017 11:40
- Radiarta, 2008.
- Hanif. 2015. *Diktat Bahan Pelatihan Penginderaan Jauh Tingkat Lanjut*. Program Studi Geografi. UNP.
- Wongtanakarn, Phairat Usubharatanaa, Harnpon Phungrassamia, 2014. *A Study of Greenhouse Gas Emissions from Rubber Tree Plantations in Rayong Province*. Thailand
- Wijaya dan Fukusima. 2012. *Management alternatives for developing the degraded peat swamp forests in Central Kalimantan, Indonesia - development of inventory data and discussions on framework for comparisons*. National Cheng Kung University, Taiwan.
- Jawjit, dkk. 2010 *Quantification of Greenhouse Gas Emissions from Primary Rubber Industries in Thailand*. Thailand
- Gunathilaka L F D Z dan Gunawardana K D 2015. *Carbon Footprint Calculation From Cradle to Grave : A Case of Rubber Manufacturing Process in Sri Lanka*. International Journal of Business and Social Science. USA.

- Antonius, 2013. Pendugaan Cadangan Karbon (AGB) Pada Tegakan Karet di Kabupaten Langkat. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Divayana, 2011. *Pendugaan Biomasa Tegakan Menggunakan Citra ALOS PALSAR (Studi Kasus di Kabupaten Simalungun, Sumatra Utara)*. Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor
- Bab III
- IPCC Good Practice Guidelines (IPCC 1997a, b, c, 2000a) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). IGES, Japan.
- World Resources Institute, 2004
- The International Organization for Standardization. 2006 *ISO 14040 : Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework*. The International Organization for Standardization : Swiss.
- The International Organization for Standardization. 2006 *ISO 14044 : Environmental Management – Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines*. The International Organization for Standardization : Swiss.
- DEFRA (Department for Environment, Food, and Rural Affairs), 2009. *Guidance on How to Measure and Report Your Green House Gas Emissions*. Department for Environment, Food, and Rural Affairs. United Kingdom.
- The Carbon Disclosure Project. 2016. *Accounting of Scope 2 Emissions: Technical Notes for Reporting to Carbon Disclosure Project Climate Change and Supply Chain in 2016*. United Kingdom.
- The Biograce Project. 2014. *The Biograce GHG Calculation Tool: Biograce Standard Values for Public 4th version*. Intelligent Energy Europe Programme.
- Ecoinvent Database. (2007). Swiss centre for life cycle inventories. Dübendorf: In SimaPro 7
- The Biograce Project. 2011. *The Biograce GHG Calculation Tool: Biograce Standard Values for Public*. Intelligent Energy Europe Programme.
- Silalertuksa dan Kawasaki. 2015. Guideline for Greenhouse Gas Emissions Calculation of Bioenergy Feedstock Production and Land Use Change (LUC). Japan.
- GHG Protocol - Mobile Guide (03/21/05) v1.3 Europe union.
- Divayana, 2011. *Pendugaan Biomasa Tegakan Menggunakan Citra ALOS PALSAR (Studi Kasus di Kabupaten Simalungun, Sumatra Utara)*. Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
- Wongtanakarn, Phairat Usubharatanaa, Harnpon Phungrassamia, 2014. A Study of Greenhouse Gas Emissions from Rubber Tree Plantations in Rayong Province. Thailand
- Danoedoro, Projo. 2012. Pengantar Penginderaan Jauh Digital. Yogyakarta : ANDI.
- Sutanto. 1998. Penginderaan Jauh Dasar Jilid 1. Yogyakarta: Gadjah Mada.
- Bab V
- Frischknecht 1998. *Life Cycle Inventory Analysis For Decision Making*. [Disertasi] Swiss Federal Institute of Technology Zurich. Swiss.
- Ekasari, Silvia Rahmi. 2013. *Tesis: Penyisihan Amonia dari Air Limbah Menggunakan Proses Membran dan Oksidasi Lanjut dalam Reaktor Hibrida Ozon Plasma Menggunakan Larutan Penyerap Asam Sulfat*. Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
- Kementrian PPN / Bappenas. 2015. *Kajian Pengembangan Bahan Bakar Nabati (BBN)*. Direktorat Sumber Daya Energi, Mineral, dan Pertambangan.
- Yusuf, M. 2010. *Sintesis dan Karakterisasi Biodiesel dari Minyak Biji Karet (Hevea brasiliensis) Melalui Proses Estrans (Esterifikasi-Transesterifikasi)*. [Skripsi]. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor
- Aggraini, Arum. 2007. Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Antioksidan Terhadap Ketahanan Oksidasi Biodiesel dari Jarak PAgar. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Antonius, 2013. Pendugaan Cadangan Karbon (AGB) Pada Tegakan Karet di Kabupaten Langkat. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara