

STUDI OPTIMALISASI SEQUESTRASI KARBON DIOKSIDA (CO₂) BERBASIS RUMAH TANGGA

Laily Agustina Rahmawati, Eko Haryono

laily_tiyamgalit@yahoo.com

Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Chafid Fandeli

Prodi Ilmu Lingkungan, Sekolah Pascasarjana UGM

INTISARI

Rumah tangga dengan segala aktifitasnya turut menyumbang emisi CO₂ yang memicu pemanasan global. Oleh karena itu, berdasarkan prinsip pencemar membayar (pollutant pay principle), rumah tangga dapat dikenai tanggung jawab atas emisi yang dihasilkan dalam bentuk konservasi lahan. Penelitian bertujuan menganalisis rata-rata emisi dan rata-rata sequestrasi, untuk menentukan luas minimum lahan yang harus dikonservasi masing-masing kelompok rumah tangga Kelas Ekonomi Atas (KEA- Daya \geq 1300 VA), Kelas Ekonomi Menengah (KEM- Daya 900 VA), Kelas Ekonomi Bawah (KEA- Daya 450 VA) di Desa Sinduadi, Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman, D. I. Yogyakarta. Emisi CO₂ dihitung berdasarkan aktifitas rumah tangga terkait konsumsi listrik, konsumsi bahan bakar untuk transportasi, konsumsi bahan bakar untuk memasak, produksi sampah, serta konsumsi air PDAM, didapat dari hasil questioner yang selanjutnya dikalikan dengan nilai konversi emisi CO₂ yang tersesedia. Sequestrasi CO₂ dihitung berdasarkan biomassa yang dipertahankan oleh rumah tangga pada lahan bervegetasi mereka (pekarangan, sawah, kebun). Pendugaan biomassa diperoleh melalui metode Brown (1997) dan Hairiah (2007), dengan melakukan nested quadrat sampling pada masing-masing jenis lahan bervegetasi yang dimiliki rumah tangga. Luas minimum dan optimalisasi lahan, dihitung berdasarkan jumlah emisi CO₂ rumah tangga dan biomassa per m² lahan. Berdasarkan hasil penelitian diketahui, rumah tangga Sinduadi memiliki rata-rata emisi dan sequestrasi, serta luas minimum lahan secara berturut-turut sebesar: 7098,98 kgCO₂/th, 267,34 kgCO₂/th, dan 178,11 m² dengan tingkat optimalisasi lahan sangat optimal (tutupan vegetasi 90%) pada lahan pekarangan untuk rumah tangga KEA; 3785,9 kgCO₂/th, 632,61 kgCO₂/th, dan 1551,37 m² lahan pekarangan dengan tingkat optimalisasi lahan sangat optimal (tutupan vegetasi 90%) pada lahan pekarangan untuk rumah tangga KEM; 1973,3 kgCO₂/th, 780,21 kgCO₂/th, dan 898,91 m² dengan tingkat optimalisasi lahan sangat optimal (tutupan vegetasi 90%) pada lahan pekarangan untuk rumah tangga KEB.

Kata kunci: sequestrasi, daya listrik, luas minimum lahan, rumah tangga.

ABSTRACT

Households with all its activities contributed to CO₂ emissions that lead to global warming. Therefore, based on the polluter pays principle (pollutant pay principle), households may be held responsible for the emissions produced in the form of land conservation. The study aims to analyze the average emissions and the average sequestration, to determine the minimum area of land to be conserved each household group Economy Class Upper (Power KEA- \geq 1300 VA), Economy Class Intermediate (back Power 900 VA), Down Economy Class (KEA- Power 450 VA) in the village of Sinduadi, Mlati subdistrict, Sleman, Yogyakarta. CO₂ emissions are calculated based on household activities related to electricity consumption, fuel consumption for transportation, fuel consumption for cooking, waste production and water consumption taps, obtained from the questionnaire were subsequently multiplied by the conversion of CO₂ emissions tersesedia. CO₂ sequestration is calculated based biomass is retained by households on their vegetated land (yards, fields, gardens). Biomass estimation obtained through the method of Brown (1997) and Hairiah (2007), by nested qudrat sampling on each type of vegetated land owned by households. And the minimum area of land optimization, CO₂ emissions are calculated based on the number of households and biomass per m² of land. Based on the survey results revealed, households had an average Sinduadi emissions and sequestration, and the minimum area of land consecutively for: 7098.98 kgCO₂ / th, 267.34 kgCO₂ / th, and 178.11 m² with a very level land optimization optimal (vegetation cover 90%) in their yards for household KEA; 3785.9 kgCO₂ / th, 632.61 kgCO₂ / th, and 1551.37 m² yard area with the optimization level is optimal land (vegetation cover 90%) in their yards for household KEM; 1973.3 kgCO₂ / th, 780.21 kgCO₂ / th, and 898.91 m² with very optimal level of optimization of land (vegetation cover 90%) in their yards for household KEB.

Keywords: sequestration, electric power, minimum area of land, household.

PENDAHULUAN

Perubahan iklim menjadi isu penting abad ke-21, dan salah satu pemicunya adalah pemanasan global (*global warming*). Krebs (2009), mengatakan bahwa dalam 100 tahun terakhir suhu rata-rata bumi naik 1 °C, dan seratus tahun yang akan datang diprediksi naik 1,4- 5,8 °C (Primack, dkk. 2007). *Global warming* terjadi akibat akumulasi Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer, yang disebut sebagai *greenhouse effect*. Keberadaan GRK di atmosfer menghambat pantulan radiasi matahari yang berasal dari bumi, sehingga pengeluaran panas dari bumi ke angkasa dihambat (Primack, dkk. 2007).

Salah satu GRK yang paling berperan dalam memicu *global warming* adalah karbon dioksida (CO₂), menyumbang 9-26% dari total GRK (Solomon, dkk. 2007 dalam Krebs, 2009) dengan potensi radiasi pemicu pemanasan global

56% dari potensi total GRK (Ravindranath, *dkk.* 2008). Selain itu, CO₂ merupakan gas yang memiliki kemampuan paling lama bertahan di atmosfer (*the mayor long-lived greenhouse gasses*) (IPCC, 1992) dan bersirkulasi di atmosfer selama kurang lebih 75 tahun (Mahlman, 1999 dalam Rudel, 2001).

Selama ini, tanggung jawab mengurangi konsentrasi CO₂ di atmosfer dibebankan pada hutan-hutan di daerah tropis (Rudel, 2001), yang sebagian besar dimiliki oleh negara-negara berkembang, termasuk Indonesia. Hutan di daerah tropis dianggap berpotensi besar dalam menyerap (*sequestration*) dan menyimpan (*storage*) karbon dalam biomasanya (Rudel, 2001; Barbour, *dkk.* 1987). Barbour, *dkk.* (1987) dan Campbell, *dkk.* (2008), menyebutkan bahwa 75% karbon organik di hutan hujan tropis tersimpan pada kayu (biomassa), dan hanya 10 % tersimpan dalam tanah. Namun, fakta yang dijumpai saat ini menunjukkan bahwa hutan tropis dalam kondisi kritis. Deforestasi dan degradasi hutan tropis menjadi masalah utama yang mereduksi peran hutan tropis dalam sequestrasi. Prof. Bhakti Setiawan, PhD., dalam *Workshop Adaptasi perubahan Iklim* (2010), menyampaikan bahwa setiap tahun 2 - 2,5 juta ha hutan tropis mengalami deforestasi. Padahal hutan di Indonesia yang tersisa saat ini tinggal 37 juta ha. Jika laju deforestasi tersebut terus terjadi, maka bisa diprediksi hutan di Indonesia akan habis dalam 15 tahun ke depan.

Deforestasi mengakibatkan 90% karbon terlepas dari jaringan tumbuhan, dan 20-50% karbon terlepas dari tanah (Barbour *dkk.* 1987). Deforestasi menyumbang 23% dari total sumber karbon antropogenik ke atmosfer (Rudel, 2001), atau 16% dari total emisi karbon, setara dengan $1,5 \times 10^{15}$ gC (Krebs, 2009). Akibatnya, hutan tropis yang seharusnya berperan dalam *carbon sequestration* dan *carbon storage*, justru menjadi *carbon source*.

Jika upaya memperlambat *global warming* hanya mengandalkan kemampuan hutan tropis dalam mengurangi kandungan karbon di atmosfer, maka pemanasan global yang memicu perubahan iklim akan terus terjadi, dan dampak negatifnya akan sulit dihindari, sehingga targed pemerintah untuk mengurangi emisi karbon sebesar 26% pada tahun 2020 akan sulit tercapai. Penyebabnya, selain karena cepatnya laju deforestasi, pemulihan kawasan hutan tropis membutuhkan dana besar dengan tanggung jawab dominan dibebankan pada pemerintah. Peran masyarakat dalam memperlambat laju *global warming*, terutama di Indonesia, masih sangat kurang.

Program peningkatan sequestrasi, melalui proyek penanaman pohon pada skala besar di kawasan hutan terdegradasi, saat ini dianggap kurang menguntungkan bagi masyarakat (Murdiyarso, 2005). Artinya, keikutsertaan

masyarakat umum dalam program tersebut masih sangat terbatas, terutama pada tahap pemeliharaan. Menurut Murdiyarso (2005), proyek pada skala kecil akan lebih menguntungkan. Selain peran masyarakat lebih besar dan dominan, masyarakat juga akan mendapatkan keuntungan secara ekonomi, jika vegetasi yang dikonservasi dihitung dalam *carbon trade*. Melalui penelitian ini, peneliti berusaha menjawab tantangan tersebut, dengan menjadikan skala rumah tangga sebagai basis peningkatan sequestrasi karbon. Pelibatan rumah tangga, diharapkan dapat meningkatkan kesejahteraan masyarakat secara utuh. Tidak hanya sejahtera dari segi ekonomi, tapi sejahtera dari segi sosial, ditandai dengan peningkatan peran, legitimasi, serta pengetahuan masyarakat.

Penelitian ini mengkaji tanggung jawab kepemilikan lahan bervegetasi yang harus dimiliki rumah tangga, sebagai konsekuensi atas emisi yang dihasilkan (*pollutant pay principle*). Rumah tangga merupakan kelompok masyarakat terkecil dalam strata sosial, dan merupakan fondasi dalam kerangka sosial suatu negara. Rumah tangga turut berperan dalam mempengaruhi keseimbangan karbon di atmosfer, melalui aktifitas dan gaya hidup. Aktifitas dan gaya hidup, terkait erat dengan tingkat kesejahteraan. Melalui penelitian ini, akan ditentukan besar tanggung jawab sequestrasi masing-masing kategori rumah tangga dalam bentuk luas dan tutupan vegetasi minimum lahan, yang harus dimiliki rumah tangga tersebut.

Lokasi penelitian adalah Desa Sinduadi Kecamatan Mlati Kabupaten Sleman D.I Yogyakarta, memiliki luas daerah terbuka (belum terbangun) sebesar 63,4 % (Monografi Desa Sinduadi, 2005), dari total luas wilayahnya, sehingga kemungkinan berkembang masih sangat besar. Selain itu, keberadaan kampus Universitas Gadjah Mada menjadi daya tarik wilayah yang memicu peningkatan laju perubahan penggunaan lahan. Luas lahan bervegetasi baik berupa sawah, tegalan, kebun, maupun pekarangan yang dimiliki rumah tangga Desa Sinduadi terancam semakin sempit, sehingga diprediksi potensi sequestrasi karbon masing-masing rumah tangga di wilayah ini menurun.

Penelitian ini bertujuan menganalisis rata-rata emisi CO₂ yang berasal dari aktifitas rumah tangga, menganalisis rata-rata sequestrasi CO₂ oleh vegetasi yang dimiliki rumah tangga, dan menentukan luasan dan tutupan vegetasi minimum lahan bervegetasi rumah tangga. Luas minimum lahan bervegetasi merupakan bentuk tanggung jawab rumah tangga atas emisi yang dihasilkan. Melalui penetapan luas dan tutupan vegetasi minimum lahan, diharapkan sequestrasi rumah tangga lebih optimal, sehingga mampu mengimbangi emisi

yang dihasilkan. Selain itu, secara tidak langsung juga turut membatasi laju perubahan penggunaan lahan di wilayah tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan 100 sampel rumah tangga yang ditentukan secara *stratified random sampling*, dikelompokkan berdasarkan daya listrik yang digunakan: Kelas Ekonomi Bawah (KEB), pengguna daya 450 VA (23 sampel); Kelas Ekonomi Menengah (KEM), pengguna daya 900 VA (36 sampel); dan Kelas Ekonomi Atas (KEA), pengguna daya ≥ 1300 VA (41 sampel).

Berdasarkan kuesioner, diketahui aktifitas rumah tangga penyebab emisi, terkait jumlah konsumsi listrik, bahan bakar memasak, bahan bakar transportasi, air PDAM, dan produksi sampah. Nilai yang didapat, selanjutnya dikalikan dengan faktor konversi emisi CO₂, seperti dalam *Tabel 1 (Persamaan 1)*.

Tabel 1. Faktor Konversi CO₂ Aktifitas Rumah Tangga

Jenis Fak	tor konversi	Referensi
Listrik	0,781 kg CO ₂ /kwh	PLN, 2010
Bensin Premium	2,33 kgCO ₂ /lt	IPCC 1996, dalam Makhyani, 2009
Solar	2,67 kg CO ₂ /lt	IPCC 1996, dalam Makhyani, 2009
Gas	3 kg CO ₂ /kg LPG	Suhedi, 2005
Minyak tanah	2,536 kg CO ₂ /lt	Suhedi, 2005
Kayu bakar	2,99 kg CO ₂ /kg kayu bakar	www.defra.gov.uk
Sampah	2,45 kg CO ₂ /kg CH ₄	Kemen-LH, 2007
Air PDAM	0,51 kg CO ₂ /m ³	PDAM, 2011

$$\text{Emisi CO}_2 = \text{Konsumsi per tahun} \times \text{Faktor Konversi}$$

Sequestrasi dihitung, berdasarkan nilai biomassa lahan dengan metode *Hairiah* (2007) dan *Brown* (1997) dalam Sutaryo (2009). Untuk mengetahui biomassa lahan, dilakukan *nested kuadrat sampling* pada masing-masing jenis lahan bervegetasi yang dimiliki rumah tangga, dan selanjutnya dihitung biomasanya dengan metode *non destructive* untuk kategori pohon, tiang, sapling, dan *destructive* untuk vegetasi lantai/bawah dan seresah. Biomassa dihitung berdasarkan persamaan berikut:

Tabel 2. Persamaan untuk Estimasi Biomassa

Jenis	Persamaan Biomassa (Kg/pohon)	Sumber	
Umum*	$Y = 42.69 - 12.800 (D) + 1.242 (D^2)$	Brown, 1997 dalam Sutaryo, 2009	<i>Persamaan 2</i>
Sapling**	$AGBs = \exp(-3.068 + 0.957 \ln(D^2 \times H))$	Honzank <i>dkk.</i> 1996, dalam Sutaryo 2009	Persamaan 3
Pisang	$BK = 0.030 D^2 \cdot 1.13$	Arifin, 2001 dalam Hairiah, 2007	Persamaan 4
Bambu	$BK = 0.131 D^2 \cdot 2.28$	Arifin, 2001 dalam Hairiah, 2007	Persamaan 5
Pinus	$BK = 0.0417 D^2 \cdot 2.6576$	Waterloo, 1995 dalam Hairiah, 2007	Persamaan 6
Sengon	$BK = 0.0272 D^2 \cdot 2.831$	Sugiharto, 2002 dalam Hairiah, 2007	Persamaan 7
Jati	$BK = 0.153 DBH^{2.382}$	IPCC, 2003 dalam Sutaryo, 2009	Persamaan 8

*) Untuk Kategori pohon, tiang, sapling dengan $15\text{cm} \leq K \leq 31\text{cm}$; **) Untuk kategori sapling $3\text{cm} \leq K < 15\text{cm}$
 Ket: D = Diameter setinggi dada; H = Tinggi pohon; BK/AGBs/Y = Biomassa

$$\text{Total BK} = \frac{\text{BK cuplikan} \times \text{Total BB}}{\text{BB cuplikan}}$$

.....*Persamaan 9*

*Digunakan untuk menghitung biomassa vegetasi lantai dan seresah
 Ket : Total BK = Total Berat Kering dalam plot ($\text{g}/0,25 \text{ m}^2$) BK = Berat Kering (g), BB = Berat Basah (g)

(Hairiah, dkk. 2007)

$\text{Biomassa Lahan/th} = \frac{\text{Total Biomassa/m}^2\text{/th} \times \text{Luas lahan} \times \text{Tutupan Vegetasi (TV)} : \text{usia lahan}}$
$\text{Total Biomassa/th} = \text{Biomassa Tegakan/m}^2\text{/th} + \text{Biomassa Akar /m}^2\text{/th}^*) + \text{Biomassa Vegetasi Lantai /m}^2\text{/th} + \text{Seresah/m}^2\text{/th}$

.....*Persamaan 10*

*) Biomassa akar = 1/4 biomassa tegakan (jenis tanah kering)
 Ket: Satuan Biomassa dalam kilogram (kg)

$$C \text{ tersimpan} = \text{Biomassa/Nekromassa (kg/m}^2) \times 0,46 \text{ (KgC)}$$

.....*Persamaan 11*

(Hairiah, dkk. 2007)

$$\text{Sequestrasi CO}_2 = \frac{C \text{ tersimpan} \times 3,666 \text{ (KgCO}_2) \times \text{Tutupan Vegetasi (\%)}}{\text{...}}$$

.....*Persamaan 12*

(Modifikasi Ravindranath, 2008 dan Hairiah, dkk. 2007)

Persamaan 2 s.d persamaan 12, digunakan untuk menghitung jumlah sequestrasi CO₂ rumah tangga.

Luas minimum lahan bervegetasi yang harus dikonservasi rumah tangganya dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{LM} = \frac{\text{B}}{(1,25 \text{ BT} + \text{BVL} + \text{NS}) \times \text{TV}} \quad \dots\dots \text{Persamaan 13}$$

Keterangan: LM = Luas Minimum Lahan (m²)
 B = Biomassa yang harus dipertahankan pada lahan (kgCO₂/th)
 BT = Biomassa Tegakan Vegetasi (kg/m²)
 BVL = Biomassa Vegetasi Lantai (kg/m²)
 NS = Nekromassa Seresah (kg/m²)
 TV = Tutupan Vegetasi (%)

Persentase TV merupakan nilai yang menggambarkan tingkat optimalisasi lahan untuk ditanami vegetasi. Tingkat paling optimal didasarkan pada *Leaf Area Index* (LAI), untuk vegetasi hutan hujan tropis sebesar 10-11 m² per m² lahan (Barbour, dkk. 1987). Adapun nilai TV yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Tingkat Tutupan Vegetasi (TV) dan Tingkat Optimalisasi Sequestrasi

Tingkat Tutupan Vegetasi (TV)	LAI	Keterangan	Tingkat Optimalisasi Pemanfaatan Lahan untuk Sequestrasi
25%	2,5 m ²	tutupan vegetasi rendah	Kurang Optimal
50%	5 m ²	tutupan vegetasi sedang	Optimalisasi Sedang
75%	7,5 m ²	tutupan vegetasi tinggi	Optimal
90%	9 m ²	tutupan vegetasi sangat tinggi	Sangat Optimal

Untuk mengkonversi luas minimum lahan (LM) dalam bentuk pohon, digunakan

$$\text{Jum Pohon} = \frac{\text{Luas areal tanam (m}^2\text{)}}{\text{Jarak tanam (m}^2\text{)}} \quad \dots\dots \text{Persamaan 14}$$

Ket: Jarak tanam = 3 m²

(Fandeli, 2003)

Luas area tanam yang digunakan untuk menghitung jumlah pohon, adalah luasan lahan paling kecil yang harus dikonservasi pada masing-masing kategori rumah tangga.

Dilakukan juga uji korelasi untuk mengetahui hubungan antara penggunaan daya listrik dengan tingkat pendapatan. Uji korelasi dilakukan dengan taraf kepercayaan 90%. Hipotesis yang di gunakan:

H_0 = tidak ada hubungan antara kedua variabel

H_1 = ada hubungan antara kedua variabel

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis *frequencies* terhadap 100 responden rumah tangga, diketahui bahwa usia responden berkisar antara 23 – 79 tahun, dengan persentase jenis kelamin, 53 % responden berjenis kelamin laki-laki dan 47 % perempuan. Jumlah anggota keluarga, rata-rata tiap rumah tangga terdiri dari 5 orang anggota rumah tangga, dengan jumlah minimum 2 orang dan maksimum 16 orang. Besarnya jumlah anggota rumah tangga tersebut disebabkan karena rumah tangga tersebut terdiri lebih dari 1 KK.

Sampel rumah tangga dibagi menjadi 3 kelompok sampel berdasarkan penggunaan daya listrik, yaitu:

- a) KEB (Kelas Ekonomi Bawah). Besar sampel 23 buah. Merupakan kelompok rumah tangga yang menggunakan daya 450 VA, dan masuk dalam golongan tarif listrik R1 dengan biaya beban Rp.11.000,- / bulan. Kelompok rumah tangga ini memiliki pendapatan rata-rata sekitar Rp.900.000,- / bulan. Nilai tersebut sedikit lebih tinggi dari UMR D.I.Yogyakarta tahun 2010, sebesar Rp.700.000,- per bulan.
- b) KEM (Kelas Ekonomi Menengah). Besar sampel 36 buah. Merupakan kelompok rumah tangga yang menggunakan daya 900 VA, dan masuk dalam golongan tarif listrik R1 dengan biaya beban Rp.20.000,- / bulan. Kelompok rumah tangga ini memiliki pendapatan rata-rata sekitar Rp. 2.100.000,- per bulan, atau 3 kali lipat UMR D.I.Yogyakarta.
- c) KEA (Kelas Ekonomi Atas). Besar sampel 41 buah. Merupakan kelompok rumah tangga yang menggunakan daya ≥ 1300 VA, yaitu 1300 VA; 2200 VA; 3500 VA; 4400 VA; 5500 VA; dst. Namun fakta di lapangan rumah tangga yang dijumpai pada kelompok ini kebanyakan menggunakan daya listrik antara 1300 VA dan 2200 VA. Adapun rumah tangga yang tercatat menggunakan daya di atas 2200 VA, kebanyakan adalah kos-kosan atau tempat usaha, bukan rumah tangga murni. Rumah tangga KEA masuk dalam

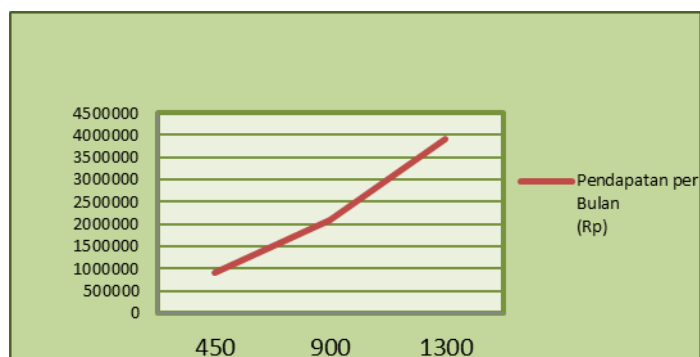
golongan tarif R1 dengan biaya beban Rp.41.000,- / bulan untuk pengguna daya 1300 VA, dan masuk dalam golongan tarif R2 dengan biaya beban Rp.69.960,- / bulan untuk pengguna daya 2200 VA. Kelompok rumah tangga ini memiliki pendapatan rata-rata sekitar Rp.3.900.000,- / bulan, atau lebih dari 5 kali lipat UMR D.I.Yogyakarta.

Berdasarkan *Uji Korelasi Kendall* dan *Spearman* dengan $\alpha=0,01$, diketahui terdapat hubungan antara penggunaan daya listrik dengan tingkat kesejahteraan rumah tangga. Hal tersebut ditunjukkan oleh nilai $\text{sig} < 0,01$, berarti H_0 ditolak, sehingga ada hubungan antara kedua variabel dengan nilai korelasi 0,531 untuk *Kendall* dan 0,632 untuk *Spearman*, yang menurut Young berarti menunjukkan derajat hubungan yang substansial (Trihendradi, 2004). Analisis ini penting dilakukan, karena terkait pembagian kategori sampel rumah tangga yang didasarkan pada pemasukan bulanan, yang dianggap menggambarkan tingkat ekonomi (kesejahteraan) rumah tangga. Hubungan daya listrik dan rata-rata pendapatan rumah tangga per bulan tampak pada *Gambar 1*.

Emisi CO₂ dari konsumsi listrik, kelompok rumah tangga KEA, yang menggunakan daya listrik lebih besar daripada kelompok rumah tangga yang lain, justru nilai konsumsinya dibawah kelompok rumah tangga KEM (*Tabel 4*). Kemungkinan besar ini disebabkan karena mobilitas kelompok rumah tangga KEA lebih tinggi dibanding kelompok rumah tangga KEM. Rumah tangga KEA lebih banyak menghabiskan waktu di luar rumah atau di tempat bekerja daripada di dalam rumah. Sehingga durasi pemakaian peralatan listrik kelompok rumah tangga KEA lebih pendek dibanding kelompok rumah tangga yang lain. Selain itu juga karena rata-rata jumlah anggota rumah tangga KEA lebih sedikit (4 orang) dibanding rumah tangga KEM (6 orang). Jumlah anggota rumah tangga berpengaruh terhadap frekuensi dan intensitas penggunaan alat-alat listrik dalam rumah tangga.

Konsumsi bahan bakar transportasi tertinggi ada pada kelompok rumah tangga KEA, yang nilai konsumsi bahan bakarnya 10 kali lipat konsumsi KEB atau 4 kali lipat KEM (*Tabel 4*). Tingginya jumlah bahan bakar yang digunakan oleh kelompok rumah tangga KEA, menunjukkan tingginya mobilitas kelompok rumah tangga tersebut. Dilihat dari jumlah rata-rata konsumsi bahan bakarnya, jika diasumsikan 1 liter bensin digunakan mobil untuk menempuh jarak 10 km, rumah tangga KEA dalam 1 tahun dapat menempuh jarak 21458,1 km atau sama dengan 10 kali jarak pulang-pergi dari ujung barat ke ujung timur Pulau Jawa.

Emisi yang bersumber dari konsumsi bahan bakar untuk memasak tertinggi ada pada rumah tangga KEB. Penyebabnya adalah masih tingginya pemakaian kayu bakar dikalangan rumah tangga KEB. Tingkat ekonomi yang rendah, menjadi alasan kelompok rumah tangga KEB lebih memilih menggunakan kayu bakar yang bisa didapat secara cuma-cuma di sekitar tempat tinggal mereka, dari pada harus membeli tabung LPG.



Gambar 1. Grafik hubungan daya listrik dengan rata-rata pendapatan rumah tangga Desa Sinduadi

Tabel 4. Rata-Rata Total Emisi Rumah Tangga Desa Sinduadi

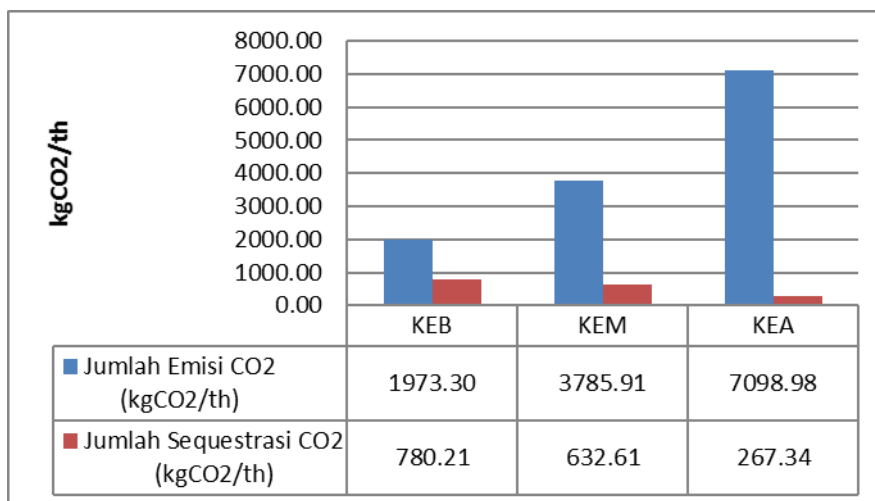
Jenis Rumah Tangga	Rata-Rata Emisi per Aktifitas (kgCO ₂ /th)					Rata-Rata Emisi (kgCO ₂ /th)
	Konsumsi Listrik	Konsumsi BBF Transportasi	Konsumsi BB untuk Memasak	Produksi Sampah Organik	Konsumsi Air PDAM	
KEB	965.43	541.42	449.05	0.65	16.76	1973.30
KEM	1745.95	1617.80	397.83	0.73	23.59	3785.90
KEA	1470.93	5150.24	432.28	0.90	44.62	7098.98

Sumber: Data Primer, 2011

Tabel 5. Jumlah Sequestrasi CO₂ Rumah Tangga Desa Sinduadi

Jenis Rumah Tangga	Luas (m ²)				Sequestrasi CO ₂ per Penggunaan Lahan (kgCO ₂ /th)			
	Pekarangan	Kebun	Sawah	Total	Pekarangan	Kebun	Sawah	Total
KEB	80.48	7.83	200.65	288.96	482.47	9.67	288.07	780.21
KEM	102.28	0.00	344.08	446.36	208.76	0	423.85	632.61
KEA	47.60	0.00	67.41	115.02	187.19	0	80.15	267.34

Sumber: Data Primer, 2011



Gambar 2. Neraca Emisi dan Sequestrasi CO₂ Rumah Tangga Desa Sinduadi

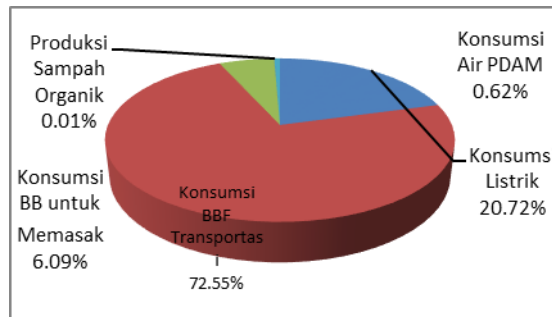
Emisi CO₂ dari produksi sampah rumah tangga meningkat, seiring dengan tingkat ekonomi rumah tangga. Tingginya produksi sampah, mencerminkan tingginya tingkat konsumtifitas suatu rumah tangga. Rumah tangga KEA menghasilkan rata-rata sampah tahunan tertinggi, terkait gaya hidup rumah tangga KEA yang cenderung konsumtif.

Emisi CO₂ terkait konsumsi air PDAM, tertinggi ada pada kelompok rumah tangga KEA. Konsumsi air PDAM pada kelompok rumah tangga ini tinggi, karena rumah tangga KEA secara ekonomi lebih memiliki kemampuan untuk membayar fasilitas air PDAM dibanding kelompok rumah tangga lain. Karena pada dasarnya, kondisi air tanah di Desa Sinduadi masih sangat memadai, baik dalam hal kualitas maupun kuantitas. Air PDAM biasanya hanya untuk pelengkap.

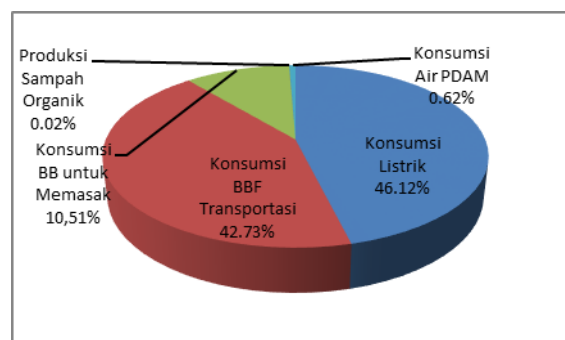
Total emisi CO₂ rumah tangga, berdasarkan *Gambar 2* dan *Tabel 4*, dapat diketahui total emisi tertinggi ada pada kelompok rumah tangga KEA. Tingginya emisi pada rumah tangga KEA kemungkinan besar disebabkan karena pengaruh gaya hidup yang diterapkan oleh kelompok rumah tangga tersebut. Pola hidup dan kemampuan ekonomi rumah tangga menentukan jumlah barang yang dikonsumsi oleh rumah tangga tersebut. Semakin tinggi tingkat ekonomi suatu rumah tangga, gaya hidup yang diterapkan cenderung lebih konsumtif. Hal tersebut sesuai dengan fakta yang dikemukakan IESR (2011), yang menyatakan bahwa semakin tinggi tingkat ekonomi seseorang, maka semakin tinggi tingkat konsumsinya. Dan semakin sering atau banyak barang yang dikonsumsi, akan semakin meningkatkan kebutuhan energi, baik pada saat menggunakan barang tersebut atau pada saat memproduksi. Jika energi yang dibutuhkan tinggi, maka tingkat emisi yang dihasilkan pun akan tinggi.

Pada *Gambar 3*, dapat dilihat komposisi emisi CO₂ rumah tangga KEA. Tingginya emisi CO₂ rumah tangga KEA dari konsumsi BBF untuk transportasi menunjukkan gaya hidup yang *mobile* dan dinamis dari kelompok rumah tangga tersebut. Sebagian besar aktifitas anggota rumah tangga ini dilakukan di luar rumah. Rumah seolah-olah hanya dijadikan tempat singgah dan beristirahat, pada malam hari. Hal ini dibuktikan dengan sulitnya menemui responden kelompok rumah tangga KEA pada hari efektif (Senin - Jum'at) dan jam-jam efektif (7.30 – 16.00 WIB), saat pengambilan data lapangan. Kelompok rumah tangga ini, kebanyakan baru bisa ditemui di hari libur, atau di hari efektif di atas jam 16.00 WIB.

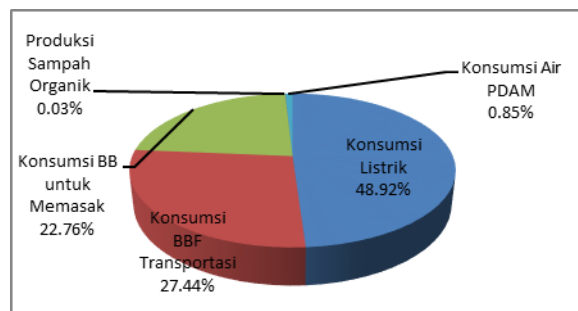
Komposisi emisi CO₂ rumah tangga KEM, didominasi oleh dua aktifitas rumah tangga, yaitu konsumsi listrik dan konsumsi BBF untuk transportasi. Kedua aktifitas tersebut menyumbang rata-rata emisi dalam nilai yang hampir sama atau seimbang. Artinya, rumah tangga KEM memiliki mobilitas di luar rumah yang relatif seimbang dengan intensitas serta durasi aktifitas di dalam rumah.



Gambar 3. Komposisi Emisi CO₂ Rumah Tangga KEA Desa Sinduadi



Gambar 4. Komposisi Emisi CO₂ Rumah Tangga KEM Desa Sinduadi



Gambar 5. Komposisi Emisi CO₂ Rumah Tangga KEB Desa Sinduadi

Komposisi emisi CO₂ kelompok rumah tangga KEB, 70% dari total emisi rumah tangga KEB merupakan aktifitas yang dilakukan di dalam rumah (konsumsi listrik dan konsumsi bahan bakar memasak). Ini berarti bahwa kelompok rumah tangga KEB relatif sering berada di dalam rumah, dan mobilitasnya tidak terlalu tinggi dibanding kelompok rumah tangga lain.

Sequestrasi rumah tangga Sinduadi untuk jenis lahan pekarangan, rumah tangga KEB memiliki nilai sequestrasi lebih dari dua kali lipat rumah tangga KEM dan KEA (*Tabel 5*). Nilai sequestrasi rumah tangga KEB paling tinggi, bukan karena kelompok rumah tangga tersebut memiliki pekarangan terluas, namun lahan pekarangan KEB memiliki kerapatan vegetasi yang tinggi, hal bisa dilihat dari nilai sequestrasi per m² lahan pekarangan yang mencapai 6 kgCO₂/th/m² lebih tinggi dari rumah tangga KEM yang hanya 2 kgCO₂/th/m² atau KEA yang hanya 3,9 kgCO₂/th/m². Selain itu, juga dipengaruhi komposisi vegetasi yang didominasi oleh tegakan vegetasi, berupa pohon atau tanaman keras yang memiliki biomassa tinggi.

Lahan bervegetasi berupa kebun hanya dijumpai pada sampel rumah tangga KEB. Luas kebun di Desa Sinduadi berdasarkan hasil *up date* Peta Penggunaan Lahan tahun 2011 melalui *check* lapangan adalah seluas 348811,96 m², atau hampir 5 % dari total wilayah. Kebun dengan luasan tersebut, meskipun terletak di wilayah Sinduadi, faktanya tidak seluruhnya dimiliki oleh penduduk Sinduadi. Sebagian telah beralih kepemilikan, menjadi milik orang dari luar daerah Sinduadi. Lokasi Desa Sinduadi yang strategis, memicu banyak pengembang menjadikan lahan kosong di Sinduadi menjadi lahan terbangun, baik untuk tempat tinggal maupun untuk bisnis. Hal inilah yang memicu luas kebun semakin berkurang dari tahun ke tahun, sehingga sequestrasinya pun rendah.

Homogenitas struktur vegetasi pada jenis penggunaan lahan sawah, menjadikan biomassa vegetasi pada tiap meter persegi lahan sawah relatif sama. Biomassa vegetasi menentukan banyaknya CO₂ terserap, yang nilainya biasanya berbanding lurus dengan biomassa. Besar kecilnya jumlah biomassa yang dimiliki rumah tangga pada jenis penggunaan lahan ini, lebih ditentukan oleh rata-rata luas lahan sawah yang dimiliki.

Total sequestrasi CO₂ rumah tangga Sinduadi tertinggi dimiliki oleh rumah tangga KEB (*Tabel 5* dan *Gambar 2*). Hal ini terjadi karena kerapatan dan tutupan vegetasi tinggi pada kelompok rumah tangga KEB, ditambah lagi pilihan vegetasi yang ditanam pada lahan mereka yang memprioritaskan tanaman keras. Sehingga yang terjadi adalah, optimalisasi lahan yang ada untuk ditanami vegetasi. Alasan yang mendorong terjadinya optimalisasi lahan pada kelompok rumah tangga ini adalah, karena hasil dari vegetasi yang mereka tanam di lahan mereka mendatangkan keuntungan langsung (ekonomi).

Rumah tangga KEM memiliki lahan bervegetasi terluas dibanding dengan kelompok rumah tangga yang lain. Sehingga wajar, jika biomassa yang ditampung dalam jumlah besar, sehingga sequestrasinya pun besar. Namun jika dibandingkan dengan rumah tangga KEB, nilai sequestrasi kelompok rumah tangga KEM lebih kecil dari KEB. Padahal luas lahan yang dimiliki oleh KEM hampir dua kali lipat lahan yang dimiliki oleh KEB. Hal ini menunjukkan tidak optimalnya pemanfaatan lahan bervegetasi kelompok rumah tangga ini. Kerapatan dan tutupan vegetasi yang rendah, serta pemilihan jenis vegetasi yang tidak memprioritaskan tanaman keras, menjadi pemicu rendahnya biomassa pada lahan. Berbeda dengan kelompok rumah tangga KEB, kelompok rumah tangga KEM tidak memiliki motif ekonomi yang mendorong pemanfaatan lahan bervegetasi secara optimal. Kemampuan finansial yang memadai, membuat rumah tangga KEM dalam hal-hal tertentu (buah, sayur, kayu), lebih memilih untuk membeli dari pada harus menanam terlebih dahulu di lahan mereka dengan alasan efektifitas. Hal inilah yang menyebabkan pemanfaatan lahan bervegetasi pada kelompok rumah tangga KEM kurang optimal.

Nilai saquestrasi rumah tangga KEA, dua kali lebih kecil dari rumah tangga KEM dan hampir tiga kali lebih kecil dari rumah tangga KEB (*Gambar 24*). Rendahnya nilai sequestrasi mencerminkan rendahnya jumlah biomassa yang mampu dipertahankan oleh kelompok rumah tangga tersebut. Hal ini disebabkan karena pada kelompok rumah tangga KEA, tidak banyak lagi rumah tangga yang menyisakan lahan mereka untuk ditanami vegetasi, baik berupa pekarangan, kebun, ataupun sawah. Banyak rumah tangga KEA yang menghabiskan kapling tanah mereka untuk dibangun gedung rumah dan bangunan gedung, seperti pafing, *car port*, plester, dan sebagainya, tanpa menyisakan sejengkal tanah pun untuk bisa ditanami. Selain itu, sektor pertanian tidak menjadi prioritas kelompok rumah tangga ini. sehingga sangat wajar, bila lahan bervegetasi yang mereka miliki kecil sehingga berimbas pada jumlah tampungan biomassa lahan kecil dan sequestrasi rendah. Manfaat langsung dari lahan bervegetasi, dapat mereka peroleh tanpa harus bersusah payah menanam atau mengelola lahan bervegetasi. Tingginya kemampuan ekonomi, memungkinkan mereka untuk membeli yang mereka butuhkan. Apalagi kelompok rumah tangga ini identik dengan kesibukan dan mobilitas tinggi. Sehingga mereka lebih menyukai segala sesuatu yang praktis, efektif dan efisien, terutama yang berkaitan dengan waktu.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbandingan emisi dan sequestrasi rumah tangga Desa Sinduadi pada seluruh kelompok rumah tangga menunjukkan *nilai sequestrasi CO₂ < nilai emisi CO₂* (*Gambar 2*). Ini berarti bahwa luas lahan

yang dimiliki rumah tangga Desa Sinduadi belum mampu menyerap keseluruhan emisi yang dihasilkan atau dengan kata lain luas lahan bervegetasi yang dimiliki rumah tangga belum mampu mengimbangi jumlah emisinya. Sehingga perlu dilakukan optimalisasi sequestrasi rumah tangga dengan meningkatkan luas lahan bervegetasi atau dengan mengoptimalkan tutupan vegetasinya.

Luas lahan dan tutupan vegetasi merupakan faktor eksternal yang berpengaruh terhadap jumlah biomassa pada skala lahan atau wilayah. Luas lahan menentukan kemampuan lahan dalam menampung biomassa di atas lahan tersebut. Tutupan vegetasi, mencerminkan kondisi tutupan lahan apakah sudah ditanami vegetasi secara optimal atau belum. Penetapan luas dan tutupan vegetasi minimum lahan yang harus dimiliki rumah tangga untuk sequestrasi karbon ditentukan berdasarkan nilai emisi yang dihasilkan oleh masing-masing kelompok rumah tangga (*Tabel 6*). Jumlah CO₂ yang harus diserap sama dengan jumlah emisi CO₂ yang dihasilkan rumah tangga. Luas minimum lahan bervegetasi yang harus dikonservasi oleh rumah tangga untuk mengimbangi emisinya, dihitung berbeda pada tiap jenis penggunaan lahan (sawah, kebun, atau pekarangan). Luas lahan ditentukan oleh besarnya CO₂ yang harus dipertahankan dalam biomassa dalam tiap m² lahan per tahun, dan juga tergantung pada kondisi tutupan vegetasi, serta jenis tanah di wilayah yang dikaji (lahan basah, lahan kering, atau tanah miskin). Nilai biomassa yang harus dipertahankan, tercantum pada *Tabel 6* dan nilai komposisi biomassa per m² lahan yang digunakan untuk menghitung luas minimum lahan tercantum pada *Tabel 7*.

Tabel 8. Luas Minimum Lahan Bervegetasi Rumah Tangga Desa Sinduadi

Jenis Rumah Tangga	Tingkat Tutupan Vegetasi (TV)	Jenis Penggunaan Lahan	B	BT	BVL	NS	Luas Minimum Lahan (LM) (m ²)	Jumlah Pohon (bibit pohon)
KEB	25%	Pekarangan	1170.15	4.24	0.39	1.61	641.18	59
		Kebun	1170.15	0.5	0.18	0	5814.41	
	50%	Pekarangan	1170.15	4.24	0.39	1.61	320.59	
		Kebun	1170.15	0.5	0.18	0	2907.20	
	70%	Pekarangan	1170.15	4.24	0.39	1.61	213.73	
		Kebun	1170.15	0.5	0.18	0	1938.14	
	90%	Pekarangan	1170.15	4.24	0.39	1.61	178.11	
		Kebun	1170.15	0.5	0.18	0	1615.11	
Sawah			1170.15	0	0.78	0	1666.88	
	KEM	25%	Pekarangan	2245.02	1.22	0.23	1.02	3236.06
		Kebun	2245.02	0.5	0.18	0	11155.38	
	50%	Pekarangan	2245.02	1.22	0.23	1.02	1618.03	
		Kebun	2245.02	0.5	0.18	0	5577.69	

	70%	Pekarangan	2245.02	1.22	0.23	1.02	1078.69	
		Kebun	2245.02	0.5	0.18	0	3718.46	
	90%	Pekarangan	2245.02	1.22	0.23	1.02	898.91	
		Kebun	2245.02	0.5	0.18	0	3412.99	
		Sawah	2245.02	0	0.81	0	3079.59	
KEA	25%	Pekarangan	4209.65	1.82	0.31	0.43	5584.94	
		Kebun	4209.65	0.5	0.18	0	20917.52	
	50%	Pekarangan	4209.65	1.82	0.31	0.43	2792.47	
		Kebun	4209.65	0.5	0.18	0	10458.76	
	70%	Pekarangan	4209.65	1.82	0.31	0.43	1861.65	
		Kebun	4209.65	0.5	0.18	0	6972.51	
	90%	Pekarangan	4209.65	1.82	0.31	0.43	1551.37	
		Kebun	4209.65	0.5	0.18	0	5810.42	
		Sawah	4209.65	0	0.57	0	8205.95	

Sumber: Pengolahan Data Primer, 2011.

Berdasarkan hasil perhitungan luas minimum lahan, didapatkan bahwa masing-masing kelompok rumah tangga memiliki ketentuan luas minimum (LM) yang berbeda karena tanggung jawab mempertahankan biomassa untuk menyerap CO₂ yang diemisikan juga berbeda. Luas lahan yang harus dikonservasi tiap kelompok rumah tangga, pada masing-masing penggunaan lahan dan pada berbagai tingkat optimalisasi (tutupan vegetasi), sebagaimana tercantum dalam *Tabel 8*. Hasil perhitungan memberikan pilihan bagi rumah tangga untuk memilih jenis lahan apa yang akan dikonservasi dan berapakah tingkatan optimalisasi tutupan vegetasi yang akan diterapkan pada lahan tersebut. Hal tersebut akan menentukan luasan lahan yang harus dipertahankan untuk tanggung jawab sequestrasi.

Berdasarkan *Tabel 8*, diketahui bahwa luas lahan minimal rumah tangga KEB yang harus dikonservasi adalah sebesar 178,11 m² untuk jenis lahan pekarangan dengan tingkat optimalisasi lahan sangat optimal (tutupan vegetasi 90%), setara dengan menanam 59 pohon. Kelompok rumah tangga KEM, luas lahan minimum yang harus dikonservasi adalah sebesar 898,91 m² untuk jenis lahan pekarangan dengan tutupan vegetasi 90%, atau setara dengan menanam 300 pohon. Luas lahan minimum yang harus dikonservasi pada kelompok rumah tangga KEA, sebesar 1551,37 m² untuk jenis lahan pekarangan dengan tingkat optimalisasi sangat optimal, (tutupan vegetasi 90%), atau setara dengan menanam 517 pohon.

Meskipun untuk luasan minimum lahan yang harus dikonservasi ada pada jenis penggunaan lahan pekarangan, akan tetapi konservasi juga dapat dilakukan

pada jenis penggunaan lahan yang lain dengan tingkat tutupan vegetasi bervariasi, sebagaimana tercantum dalam *Tabel 8*. Tentunya, tutupan vegetasi akan mempengaruhi luas lahan yang harus dikonserve. Nilai-nilai luasan minimum pada *Tabel 8*, merupakan luasan minimum opsional yang dapat dipilih rumah tangga sesuai dengan kemampuan dan kebutuhan rumah tangga yang bersangkutan.

Konservasi lahan bervegetasi untuk tanggung jawab sequestrasi, dalam prakteknya ke depan dapat dijadikan sebagai salah satu bentuk upaya masyarakat untuk memenuhi haknya berkontribusi dalam penetapan tata ruang dan juga dalam mitigasi pemanasan global. Jika setiap rumah tangga memilih untuk melakukan konservasi lahan sebagai bentuk tanggung jawab atas emisi yang dihasilkan, maka vegetasi yang tumbuh pada lahan-lahan yang dikonservasi akan membantu dalam menyerap emisi CO₂ di atmosfer, agar konsentrasi CO₂ di atmosfer menurun sehingga mencegah terjadinya pemanasan global.

Selain untuk fungsi sequestrasi, konservasi lahan juga akan memberikan manfaat ekologis lain, seperti fungsi hidrologi, meningkatkan pasokan oksigen, menciptakan kondisi iklim mikro yang nyaman untuk masyarakat setempat. Semakin banyak vegetasi maka nilai manfaat ekologis dari vegetasi akan meningkat. Belum ditambah lagi dengan manfaat terkait pembatasan laju perubahan penggunaan lahan. Melalui konservasi lahan, maka laju perubahan penggunaan lahan terbuka menjadi terbangun akan berkurang. Sehingga tidak akan adalagi permasalahan seperti yang terjadi di kota-kota besar sekarang ini, yaitu kondisi kota yang sudah “mentok”. Artinya lahan yang ada di kota sudah penuh sesak oleh bangunan-bangunan, lahan bervegetasi habis, dan daya dukung dan daya tampung wilayah dilampaui. Karena bagaimanapun juga, mengacu pada konsep *ecodevelopment (sustainable development)*, bahwa pembangunan disuatu wilayah tidak dapat mengorbankan lingkungan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, kesimpulan yang diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Emisi rumah tangga terbesar, dimiliki oleh rumah tangga KEA, yaitu 7098,98 kgCO₂/th per rumah, dengan komposisi 72,55% BBF transport, 20,72% listrik, 6,09% BB memasak, 0,62% air PDAM, dan 0,01% sampah. Rumah tangga KEB Sinduadi memiliki total rata-rata emisi terendah, yaitu 1973,3 kgCO₂/th per rumah tangga, dengan komposisi emisi 48,92% listrik, 27,44% BBF transport, 22,76% BB memasak, 0,85% air PDAM, dan 0,02%

- sampah. Selanjutnya, untuk rumah tangga KEM memiliki rata-rata emisi 3785,9 kgCO₂/th per rumah tangga, dengan komposisi emisi 46,12% listrik, 42,73% BBF transport, 10,51% BB memasak, 0,6% air PDAM, dan 0,02% sampah. Untuk emisi rumah tangga per sektor, rumah tangga KEA menyumbang emisi terbesar untuk konsumsi BBF, konsumsi air PDAM, dan produksi sampah, dengan nilai emisi berturut-turut 5150,24 kgCO₂/th, 44,62 kgCO₂/th, dan 0,9 kgCO₂/th. Rumah tangga KEM, menyumbang emisi terbesar untuk konsumsi listrik, yaitu 1745 kgCO₂/th dan rumah tangga KEB, menyumbang emisi terbesar untuk konsumsi BB memasak, yaitu 449,05 kgCO₂/th.
2. Sequestrasi rumah tangga terbesar dimiliki oleh rumah tangga KEB, dengan nilai sequestrasi lahan sebesar 780,21 kgCO₂/th, dengan komposisi 62% sequestrasi pekarangan, 37% sawah, dan 1% kebun. Nilai sequestrasi terendah, dimiliki oleh rumah tangga KEA, yaitu 267,34 kgCO₂/th, dengan komposisi 70% pekarangan dan 30% sawah. Sedang rumah tangga KEM, rata-rata sequestrasinya sebesar 632,61 kgCO₂/th, dengan komposisi 39% pekarangan dan 67% sawah. Nilai sequestrasi rumah tangga per penggunaan lahan, untuk pekarangan nilai tertinggi dimiliki rumah tangga KEB sebesar 6 kgCO₂/th/m². Untuk kebun, hanya dimiliki rumah tangga KEB, dengan nilai sequestrasi 1,24 kgCO₂/th/m². Pada lahan sawah, nilai sequestrasi tertinggi 1,44 kgCO₂/th/m² juga dimiliki oleh rumah tangga KEB.
 3. Berdasarkan jumlah biomassa yang harus dikonservasi pada lahan untuk optimalisasi sequestrasi CO₂ dan mengimbangi emisi yang dihasilkan, luas dan tutupan vegetasi minimum lahan yang harus dikonservasi oleh kelompok rumah KEB adalah seluas 178,11 m² dengan tingkat optimalisasi lahan sangat optimal (tutupan vegetasi 90%) pada lahan pekarangan, atau 1615,11 m² lahan kebun, atau 1666,88 m² lahan sawah, dan setara dengan menanam 59 pohon. Pada rumah tangga KEM, luas dan kerapatan minimum lahan yang harus dikonservasi adalah 898,91 m² dengan tingkat optimalisasi lahan sangat optimal (tutupan vegetasi 90%) pada lahan pekarangan, atau 3412,99 m² kebun, atau 3079,59 sawah, dan setara dengan menanam 300 pohon. Dan pada rumah tangga KEA, tanggung jawab konservasi lahan pada kelompok rumah tangga tersebut adalah seluas 1551,37 m² lahan pekarangan dengan dengan tingkat optimalisasi lahan sangat optimal (tutupan vegetasi 90%), atau 5810,42 m² kebun, atau 8205,95 m² sawah, dan setara dengan 517 pohon.

DAFTAR PUSTAKA

- Barbour, M. G., J. H. Burk, and W. D. Pitts. 1987. *Terrestrial Plant Ecology*. Benjamin/Cummings Publishing Company Inc. USA.
- Hairiah, K., dan D. Murdiyarso. 2007. *Alih guna lahan dan Neraca karbon Terrestrial*. Institut Pertanian Bogor (IPB). Bogor.
- Hairiah, K. 2007. *Perubahan Iklim Global : Neraca Karbon di Ekosistem Darat*. Institut Pertanian Bogor (IPB). Bogor.
- Hairiah, K., dan S. Rahayu. 2007. *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. World Agroforestry Center. Bogor.
- IESR. 2011. *Potensi Penurunan Emisi Indonesia Melalui Perubahan Gaya Hidup*. Institute of Essential Services Reform (IESR). Jakarta.
- IPCC. 1992. *Climate change : The IPCC 1990 and 1992 Assessment*. IPCC. Canada.
- Kemen-LH. 2007. *Rencana Aksi Nasional Perubahan Iklim*. Kementrian Negara Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Krebs, C.J. 2009. *Ecology: Sixth Edition*. Benjamin Cummings. San Francisco.
- Monografi Desa Sinduadi Tahun 2005, Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman.
- Murdiyarso, D. 2005. *Sustaining Local Livelihood through Carbon Sequestration Activities : A Search for Practical and Strategic Approach. Carbon Forestry : How will Benefit?. Proceeding of Workshop on Carbon Sequestration and Sustainable of Livelihoods*. Jakarta. ISBN 979-3361-73-5.
- Primack, R.B., M. Indrawan, dan J. Supriatna. 2007. *Biologi Konservasi. Edisi Revisi*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- PLN. 2010. *Data Pengguna Daya Listrik Kelurahan Sinduadi*. Kecamatan Mlati. Kabupaten Sleman. DI Yogyakarta.

- Ravindranath dan Ostwald, H. H., and M. Ostwald. 2008. *Carbon Inventore Methode*. Springer Science - Business Media BV.
- Rudel TK. 2001. Sequatering Carbon in Tropical Forest : Experiment, Police Implication, and Climatic Change. *Society and Natural Resource* 14: 525-531..
- Simon, H. 2007. *Metode Inventore Hutan*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Suhedi, F. 2005. Emisi Karbondioksida (CO2) dari Konsumsi Energi Domestik. Pusat Litbang Permukiman. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Sutaryo, D. 2009. *Penghitungan Biomassa: Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Wetland International Indonesia Programme. Bogor.
- Trihendradi, C. 2004. *Memecahkan Kasus Statistik : Deskriptif, Parametrik, dan Non Parametrik dengan SPSS 12*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- www.defra.gov.uk/environment/business/envrp/pdf/ghg-cf-guidelinesannexes2008.pdf.