

**JEJAK KARBON BERDASARKAN PENENTUAN FAKTOR  
EMISI SPESIFIK AKTIVITAS PERMUKIMAN**



**Tesis**

Agus Purwanto  
30000118410009

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG  
2019**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

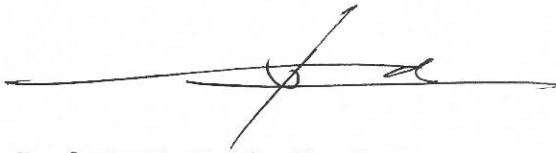
**JEJAK KARBON BERDASARKAN PENENTUAN FAKTOR EMISI SPESIFIK  
AKTIVITAS PERMUKIMAN**

Disusun Oleh :

Agus Purwanto  
30000118410009

Mengetahui,  
Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Ir. Syafrudin, CES, M.T.  
NIP. 19581107 198303 1 001

Pembimbing Kedua



Dr. Dra. Sunarsih, M.Si  
NIP. 19580901 198603 2 002

Dekan  
Sekolah Pascasarjana  
Universitas Diponegoro



Dr. R. B. Sularto, S.H., M.Hum  
NIP. 19670101 199103 1 005

Ketua Program Studi  
Magister Ilmu Lingkungan  
Universitas Diponegoro



Dr. Eng. Maryono, S.T., M.T.  
NIP. 19750811 200012 1 001

**LEMBAR PENGESAHAN**

**JEJAK KARBON BERDASARKAN PENENTUAN FAKTOR EMISI  
SPESIFIK AKTIVITAS PERMUKIMAN**

Disusun Oleh :

Agus Purwanto  
30000118410009

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
pada tanggal 4 November 2019  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Ketua

Dr. Ing. Sudarno, M.Sc

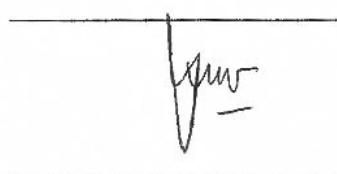
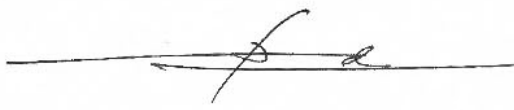
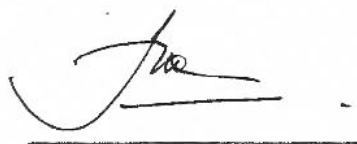
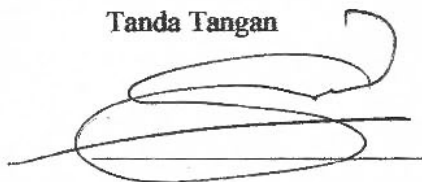
Anggota

1. Dr. Fuad Muhammad, S.Si, M.Si

2. Prof. Dr. Ir. Syafrudin, CES, M.T.

3. Dr. Dra. Sunarsih, M.Si

Tanda Tangan



## PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister dari Program Magister Ilmu Lingkungan seluruhnya merupakan hasil karya sendiri.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian tesis ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Semarang, November 2019



Agus Purwanto

## BIODATA PENULIS



AGUS PURWANTO, putra kedua dari dua bersaudara pasangan Bapak Yakut dan Ibu Rinah lahir di Kabupaten Pati Provinsi Jawa Tengah pada tanggal 3 Agustus 1982. Menyelesaikan Pendidikan SD Negeri Inpres 1 APO Jayapura Provinsi Papua pada tahun 1995, SMP Negeri 1 Yogyakarta pada tahun 1998, dan SMA Negeri 8 Yogyakarta pada tahun 2001. Menyelesaikan Program S-1 Jurusan Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada pada tahun 2008.

Saat ini penulis bekerja sebagai Pegawai Negeri Sipil (PNS) pada Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri Semarang di bawah Kementerian Perindustrian.

Pada tahun 2018 mendapatkan kesempatan untuk melanjutkan Pendidikan S-2 pada Program Magister Ilmu Lingkungan Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro melalui Program Beasiswa S-2 Dalam Negeri Pusat Pembinaan, Pendidikan, dan Pelatihan Perencana Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberi rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Jejak Karbon Berdasarkan Penentuan Faktor Emisi Spesifik Aktivitas Permukiman” yang merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi pada Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.

Dalam penyusunan tesis ini, penulis menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Kepala Pusat Pembinaan, Pendidikan, dan Pelatihan Perencana yang telah memberikan “Beasiswa S-2 Dalam Negeri”, sehingga penulis berkesempatan untuk melanjutkan Pendidikan di Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro;
2. Dr. R.B. Sularto, S.H., M.Hum selaku Dekan Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro; Dr. Eng. Maryono, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro beserta Bapak/Ibu Dosen dan staf administrasi atas dukungan dan fasilitasnya selama perkuliahan dan penyusunan tesis;
3. Prof. Dr. Ir. Syafrudin, CES, M.T. dan Dr. Dra. Sunarsih, M.Si selaku dosen pembimbing atas bekal pengetahuan, saran, kritik dan dukungan moril dalam penulisan tesis;
4. Dr. Ing. Sudarno, M.Sc dan Dr. Fuad Muhammad, S.Si, M.Si selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan masukan yang membangun terhadap tesis ini;
5. Orangtua saya, kakak saya dan seluruh keluarga saya atas doa dan dukungannya selama ini;
6. Istriku Ayu Dyah Hardityasari, dan anakku Ahza Nurdaffa Alkhalifi serta Ashraf Rafka Alfarokh atas segala cinta, doa serta dukungannya;
7. Pimpinan dan Staf Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri Semarang atas dukungan dan bantuan selama studi;

8. Kepala Desa Kutoharjo beserta Perangkat Desa Kutoharjo serta masyarakat Desa Kutoharjo ; PT. PLN (Persero) Unit Pati-Juwana; Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Pati; PT. PDAM Tirta Bening Kabupaten Pati yang telah memberikan dukungan data selama penulis melakukan penelitian;
9. Teman-teman mahasiswa Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Kelas Bappenas tahun 2018 (Angkatan 55) atas kebersamaan dan dukungan semangatnya;
10. Semua pihak yang telah membantu penulisan tesis ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tesis yang telah disusun ini belum sempurna sehingga saran dan masukan untuk menyempurnakan tesis ini sangat diharapkan. Penulis menyampaikan permohonan maaf apabila selama penyusunan tesis ini penulis melakukan kesalahan kepada pihak-pihak tertentu. Akhirnya penulis berharap semoga proposal ini memberikan manfaat bagi semua pihak yang berkepentingan.

Semarang, November 2019  
Penulis,

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
BIODATA PENULIS.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiv
ABSTRAK .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	5
1.3. Tujuan Penelitian.....	6
1.4. Manfaat Penelitian.....	6
1.5. Originalitas Penelitian .....	6
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	13
2.1. Permukiman.....	13
2.2. Gas Rumah Kaca .....	14
2.3. Jejak Karbon.....	16
2.4. Faktor Emisi Spesifik .....	17
2.5. IPCC ( <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> ) .....	19
2.6. Analisa Jejak Karbon Permukiman .....	19
2.7. Pemetaan .....	20
2.8. Upaya Penurunan Jejak Karbon .....	21
BAB III. METODE PENELITIAN .....	23
3.1. Tipe Penelitian.....	23
3.2. Ruang Lingkup Penelitian .....	23



3.2.1.	Ruang lingkup materi.....	24
3.2.2.	Ruang lingkup wilayah .....	24
3.3.	Kerangka Pikir .....	26
3.4.	Data Penelitian .....	28
3.4.1.	Data primer.....	28
3.4.2.	Data sekunder.....	28
3.5.	Alat Penelitian.....	29
3.6.	Teknik Pengumpulan Data Penelitian.....	29
3.6.1.	Data primer.....	29
3.6.2.	Data sekunder.....	32
3.7.	Teknik Analisis Data.....	33
3.7.1.	Jejak Karbon dan Faktor Emisi Spesifik Permukiman .....	33
3.7.2.	Analisa Proyeksi Jejak Karbon di Kabupaten Pati.....	40
3.7.3.	Analisa skenario penurunan jejak karbon di Kabupaten Pati.....	41
3.7.4.	Pemetaan Jejak Karbon .....	43
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....		45
4.1.	Gambaran Umum Desa Kutoharjo.....	45
4.1.1.	Wilayah Administrasi.....	45
4.1.2.	Kondisi Demografi.....	46
4.2.	Karakteristik Rumah Tangga Masyarakat Desa Kutoharjo .....	46
4.3.	Analisis Jejak Karbon dan Faktor Emisi Spesifik Aktivitas Permukiman	54
4.3.1.	Jejak karbon dari penggunaan energi listrik.....	54
4.3.2.	Jejak karbon dari penggunaan LPG .....	55
4.3.3.	Jejak karbon dari sektor sampah rumah tangga .....	57
4.3.4.	Jejak karbon dari sektor air bersih .....	59
4.3.5.	Jejak karbon dari penggunaan bahan bakar kendaraan .....	61
4.3.6.	Jejak karbon dari sektor air limbah domestik .....	62
4.4.	Faktor emisi spesifik permukiman.....	64
4.5.	Jejak karbon berdasarkan aktivitas permukiman di Kabupaten Pati .....	65
4.6.	Upaya penurunan emisi karbon di Kabupaten Pati.....	69
4.7.	Pemetaan jejak karbon di Kabupaten Pati .....	76

4.8. Rekomendasi .....	90
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....	103
5.1. Kesimpulan.....	103
5.2. Saran.....	105
BAB VI. RINGKASAN.....	107
DAFTAR PUSTAKA.....	113
LAMPIRAN .....	119

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Matriks Keaslian Thesis Dibandingkan dengan Penelitian Sebelumnya	9
Tabel 2.	Faktor Emisi dan Berat Bersih (NCV) LPG.....	18
Tabel 3.	Nilai Faktor Emisi Tiap Kegiatan.....	18
Tabel 4.	Identifikasi Jenis dan Sumber Data Penelitian .....	28
Tabel 5.	Alat penelitian jejak karbon.....	29
Tabel 6.	Jumlah sampel tiap zona wilayah penelitian .....	31
Tabel 7.	Daftar data sekunder dan sumber data penelitian.....	33
Tabel 8.	Nilai kalor bahan bakar di Indonesia .....	35
Tabel 9.	Nilai default DOC, <i>Total Carbon Content</i> (TOC) dan <i>Fossil Carbon Fraction</i> (FCF) dari IPCC .....	37
Tabel 10.	Nilai fraksi berdasarkan jenis sampah ( $W_i$ ) menurut IPCC .....	37
Tabel 11.	Skenario penurunan jejak karbon dari aktivitas permukiman.....	42
Tabel 12.	Data Penduduk Desa Kutoharjo Berdasarkan Jenis Pekerjaan .....	46
Tabel 13.	Jumlah responden berdasarkan jumlah anggota keluarga.....	47
Tabel 14.	Jumlah responden berdasarkan luas bangunan rumah .....	47
Tabel 15.	Jenis pekerjaan dari tiap responden .....	48
Tabel 16.	Jumlah responden berdasarkan penghasilan rumah tangga .....	49
Tabel 17.	Jumlah responden berdasarkan daya langganan PLN.....	49
Tabel 18.	Jumlah responden berdasarkan penggunaan energi listrik per bulan....	50
Tabel 19.	Persebaran jumlah responden berdasarkan konsumsi LPG per bulan ..	50
Tabel 20.	Jenis BBM yang digunakan tiap responden.....	53
Tabel 21.	Jumlah konsumsi LPG dan rata-rata konsumsi LPG tiap KK .....	56
Tabel 22.	Timbulan sampah di tiap lokasi penelitian .....	58
Tabel 23.	Jumlah konsumsi air bersih per bulan.....	60
Tabel 24.	Konsumsi bahan bakar kendaraan pribadi per bulan .....	62
Tabel 25.	Hasil perhitungan emisi karbon tiap kecamatan di Kabupaten Pati.....	67
Tabel 26.	Hasil proyeksi jumlah penduduk dan emisi karbon di Kabupaten Pati dari tahun 2018 hingga 2028 .....	68
Tabel 27.	Perbandingan emisi karbon permukiman dengan skenario 1.....	70
Tabel 28.	Perbandingan emisi karbon permukiman dengan skenario 2.....	71
Tabel 29.	Perbandingan emisi karbon permukiman dengan skenario 3.....	73
Tabel 30.	Perbandingan emisi karbon permukiman dengan skenario 4.....	74
Tabel 31.	Perbandingan emisi karbon permukiman dengan skenario 5.....	75
Tabel 32.	Perbandingan emisi karbon permukiman dengan skenario 6.....	76
Tabel 33.	Hasil rekapitulasi penurunan emisi karbon dari tiap skenario .....	97

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Latar belakang perlunya kajian jejak karbon .....	5
Gambar 2.	Peta penelitian dalam Kabupaten Pati .....	25
Gambar 3.	Peta Desa Kutoharjo dari citra setelit di google earth .....	26
Gambar 4.	Kerangka pikir ide penelitian jejak karbon menuju permukiman berwawasan lingkungan .....	26
Gambar 5.	Diagram alir penelitian .....	27
Gambar 6.	Diagram alir analisis jejak karbon dan faktor emisi spesifik permukiman .....	34
Gambar 7.	Diagram alir analisis jejak karbon di Kabupaten Pati .....	41
Gambar 8.	Alur proses pembuatan peta jejak karbon permukiman di Desa Kutoharjo, Kecamatan Pati, Kabupaten Pati .....	43
Gambar 9.	Peta administrasi Desa Kutoharjo, Kecamatan Pati, Kabupaten Pati .....	45
Gambar 10.	Perbandingan sumber air bersih yang digunakan tiap responden ....	51
Gambar 11.	Jumlah responden berdasarkan konsumsi air bersih .....	51
Gambar 12.	Persebaran responden berdasarkan jumlah sampah yang dihasilkan per hari .....	52
Gambar 13.	Jumlah kendaraan pribadi yang dimiliki responden .....	53
Gambar 14.	Jejak karbon total dan rata-rata dari penggunaan energi listrik rumah tangga .....	55
Gambar 15.	Jejak karbon dari penggunaan gas LPG di tiap lokasi penelitian .....	56
Gambar 16.	Penghasilan rata-rata responden tiap lokasi .....	57
Gambar 17.	Jejak karbon dari sampah rumah tangga tiap lokasi .....	58
Gambar 18.	Jejak karbon dari penggunaan air bersih di lokasi penelitian .....	60
Gambar 19.	Jejak karbon dari penggunaan bahan bakar kendaraan pribadi .....	61
Gambar 20.	Jejak karbon dari sektor air limbah domestik .....	62
Gambar 21.	Peta tingkat emisi karbon dari penggunaan energi listrik seluruh kecamatan di Kabupaten Pati .....	79
Gambar 22.	Peta tingkat emisi karbon dari penggunaan LPG seluruh kecamatan di Kabupaten Pati .....	80
Gambar 23.	Peta tingkat emisi karbon dari sampah rumah tangga seluruh kecamatan di Kabupaten Pati .....	81
Gambar 24.	Peta tingkat emisi karbon dari penggunaan air bersih seluruh kecamatan di Kabupaten Pati .....	82
Gambar 25.	Peta tingkat emisi karbon dari penggunaan bahan bakar kendaraan pribadi seluruh kecamatan di Kabupaten Pati .....	84
Gambar 26.	Peta tingkat emisi karbon dari limbah cair domestik seluruh kecamatan di Kabupaten Pati .....	85

Gambar 27. Peta tingkat emisi karbon total seluruh kecamatan di Kabupaten Pati .....	87
Gambar 28. Peta tingkat emisi karbon dari penerapan skenario 1 seluruh kecamatan di Kabupaten Pati.....	91
Gambar 29. Peta tingkat emisi karbon dari penerapan skenario 2 seluruh kecamatan di Kabupaten Pati.....	92
Gambar 30. Peta tingkat emisi karbon dari penerapan skenario 3 seluruh kecamatan di Kabupaten Pati.....	93
Gambar 31. Peta tingkat emisi karbon dari penerapan skenario 4 seluruh kecamatan di Kabupaten Pati.....	94
Gambar 32. Peta tingkat emisi karbon dari penerapan skenario 5 seluruh kecamatan di Kabupaten Pati.....	95
Gambar 33. Peta tingkat emisi karbon dari penerapan skenario 6 seluruh kecamatan di Kabupaten Pati.....	96

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Kuesioner .....	119
Lampiran 2. Hasil Perhitungan Emisi Karbon dari Penggunaan Listrik .....	135
Lampiran 3. Hasil Perhitungan Emisi Karbon dari Penggunaan LPG .....	140
Lampiran 4. Hasil Perhitungan Emisi Karbon dari Sampah Rumah Tangga .....	147
Lampiran 5. Hasil Perhitungan Emisi Karbon dari Penggunaan Air Bersih .....	152
Lampiran 6. Hasil Perhitungan Emisi Karbon dari Penggunaan Bahan Bakar Kendaraan Pribadi .....	157
Lampiran 7. Hasil Perhitungan Emisi Karbon dari Limbah Cair Rumah Tangga .....	162
Lampiran 8. Nilai Emisi Karbon dari Aktivitas Permukiman di Desa Kutoharjo .....	168
Lampiran 9. Rekapitulasi Perhitungan Penurunan Emisi Karbon di Kabupaten Pati.....	173

## ABSTRAK

Peningkatan emisi gas rumah kaca di dunia dipengaruhi dengan meningkatnya beragam aktivitas manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk. Penduduk Kabupaten Pati setiap tahun mengalami peningkatan sebesar 0,54% per tahun. Tahun 2018 jumlah penduduk Kabupaten Pati mencapai 1.253.299 jiwa dengan Kecamatan Pati yang memiliki jumlah penduduk terbanyak yaitu sebesar 107.590 jiwa. Desa dengan jumlah penduduk terbanyak adalah Desa Kutoharjo yaitu sebanyak 11.030 jiwa. Metode perhitungan emisi CO<sub>2</sub> dari IPCC digunakan untuk menghitung emisi karbon dari aktivitas permukiman di Desa Kutoharjo sehingga dapat ditentukan faktor emisi spesifik (FES) permukiman di Desa Kutoharjo. Dari FES permukiman dapat ditentukan emisi CO<sub>2</sub> di Kabupaten Pati. Metode pertumbuhan penduduk logistic digunakan untuk memproyeksikan jejak karbon di Kabupaten Pati dari tahun 2018-2028. Analisa kuantitatif dan spasial digunakan untuk menganalisis skenario penurunan emisi karbon di Kabupaten Pati. Hasil perhitungan jejak karbon total yang dihasilkan responden dari aktivitas permukiman di Desa Kutoharjo 18804,17 kgCO<sub>2</sub>e/bulan. FES permukiman di Desa Kutoharjo adalah 51,66 kgCO<sub>2</sub>e/orang/bulan atau 2,26 tonCO<sub>2</sub>e/KK/tahun. Perhitungan jejak karbon di Kabupaten Pati diperoleh emisi karbon total sebesar 776411,22 tonCO<sub>2</sub>e/tahun. Emisi karbon tertinggi diperoleh di Kecamatan Pati yaitu 66999,54 tonCO<sub>2</sub>e/tahun. Hasil analisa terhadap 6 skenario yang diusulkan menunjukkan bahwa skenario 1 efektif menurunkan emisi karbon keseluruhan sebesar 15,3%, skenario 2 menurunkan emisi karbon keseluruhan sebesar 1,38%, skenario 3 menurunkan emisi karbon keseluruhan sebesar 7,30% , skenario 4 menurunkan emisi karbon keseluruhan sebesar 20%, skenario 5 menurunkan emisi karbon keseluruhan sebesar 3,49 % , dan skenario 6 menurunkan emisi karbon keseluruhan sebesar 42,53%.

Kata kunci : jejak karbon, aktivitas permukiman, Kabupaten Pati, faktor emisi spesifik, IPCC

## ABSTRACT

The increase in greenhouse gas emissions in the world is influenced by the increasing variety of human activities to meet their daily needs in line with the increasing population. The population of Pati Regency has increased by 0.54% per year every year. In 2018 the population of Pati Regency reached 1,253,299 people with Pati District having the largest population of 107,590 people. The village with the highest population is Kutoharjo Village with 11,030 inhabitants. The method of calculating CO<sub>2</sub> emissions from the IPCC is used to calculate carbon emissions from settlement activities in the Village of Kutoharjo so that specific emission factors (FES) of settlements in the Village of Kutoharjo can be determined. From the FES, settlements can be determined CO<sub>2</sub> emissions in Pati Regency. The logistic population growth method is used to project a carbon footprint in Pati Regency from 2018-2028. Quantitative and spatial analysis is used to analyze carbon emission reduction scenarios in Pati Regency. The results of the calculation of the total carbon footprint produced by respondents from settlement activities in the Village of Kutoharjo 18804.17 kgCO<sub>2</sub>e/month. Settlement FES in Kutoharjo Village is 51.66 kgCO<sub>2</sub>e /person/ month or 2.26 tonCO<sub>2</sub>e /KK /year. Calculation of carbon footprint in Pati Regency obtained total carbon emissions of 776411.22 tonCO<sub>2</sub>e/year. The highest carbon emissions were obtained in Pati District which was 66999.54 tons CO<sub>2</sub>e/year. The analysis of the 6 proposed scenarios shows that scenario 1 effectively reduced overall carbon emissions by 15.3%, scenario 2 reduced overall carbon emissions by 1.38%, scenario 3 reduced overall carbon emissions by 7.30%, scenario 4 reduced emissions overall carbon by 20%, scenario 5 reduces overall carbon emissions by 3.49%, and scenario 6 decreases overall carbon emissions by 42.53%.

Keywords: carbon footprint, settlement activities, Pati Regency, specific emission factors, IPCC