

Pemodelan Spasial Beban Sumber Emisi Gas Rumah Kaca di Kecamatan Driyorejo

Nama Mahasiswa : Dimas Fikry Syah Putra
NRP : 3310 100 111
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Joni Hermana, M.scEs, Ph.D

ABSTRAK

Kecamatan Driyorejo merupakan salah satu kecamatan yang mengalami proses urbanisasi *hinterland* dari Kota Surabaya yang menyebabkan pencemaran udara dari berbagai kegiatan. Selama ini aspek keruangan di bidang udara tidak dimasukkan dalam pembahasan rencana tata ruang dan ruang wilayah (RTRW) Kabupaten Gresik dan di Indonesia. Metode perhitungan beban emisi menggunakan rumus *default* IPCC tahun 2006 pada tier-1. Memodelkan spasial menggunakan *software* ArcGIS 10.1 yang ditampilkan secara visual. Besarnya total perkiraan emisi gas rumah kaca di Kecamatan Driyorejo adalah untuk beban sumber emisi CO₂ dari kegiatan industri sebesar 18.766.405,94 kg CO₂/tahun, kegiatan transportasi 37.070.628 kg CO₂/tahun, kegiatan pertanian 123.588,40 kg CO₂/tahun, kegiatan permukiman 9.514.595,13 kg CO₂/tahun. Untuk beban sumber emisi CH₄ dari kegiatan pertanian sebesar 101.925 kg CH₄/tahun, kegiatan peternakan 19.718 kg CH₄/tahun, kegiatan transportasi 21.929 kg CH₄/tahun. Untuk beban sumber emisi N₂O dari kegiatan pertanian sebesar 6.336,80 kg N₂O/tahun, kegiatan transportasi 861,55 N₂O/tahun. Hasil pemodelan spasial beban sumber emisi menunjukkan kelurahan Karangandong mempunyai tingkat emisi besar. Arahkan penataan ruang untuk wilayah dengan tingkat emisi besar agar dibuat ruang terbuka hijau publik.

Kata Kunci: ArcGIS 10.1, gas rumah kaca, Pemodelan spasial, penataan ruang

Spatial Modelling of Greenhouse Gases Loading Emissions in District Driyorejo

Nama Mahasiswa : Dimas Fikry Syah Putra
NRP : 3310 100 111
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Joni Hermana, M.scEs, Ph.D

ABSTRACT

Driyorejo district is one of the districts that are experiencing the process of urbanization hinterland of city of Surabaya that cause air pollution from a variety of activities. During this aspect of space in the field of the air was not included in the discussion of spatial plans and spatial area (RTRW) and Gresik district in Indonesia. Calculation method of load emissions using IPCC default formula in 2006 at tier-1. The spatial model using the software ArcGIS 10.1 displayed visually. The total estimated amount of greenhouse gas emissions in the Sub-District of Driyorejo is to load the source of CO₂ emissions from industrial activity of 18.766.405,94 kg CO₂/year, 37.070.628 kg of CO₂ transport activity/year, agricultural activities 123.588 .40 kg CO₂/year, 9.514.595 settlement activities, 13 kg CO₂/year. To load the source of emissions of CH₄ from agricultural activity amounted to 101.925 kg of CH₄/year, Ranch activities 19.718 kg CH₄/year, transportation activities 21.929 kg CH₄/yr. To load the source emissions of N₂O from agricultural activities 6.336,80 kg N₂O/year, 861,55 transport activities N₂O/year. The results of modeling of spatial load source emissions of Karangandong village have large levels of emissions. The Setup room for landing area with large levels of emissions in order to green open space is made public.

Keywords: ArcGIS 10.1, Greenhouse gases, Spatial modeling, Spatial Area

LEMBAR PENGESAHAN

Pemodelan Spasial Beban Sumber Emisi Gas Rumah Kaca di Kecamatan Driyorejo

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana
Pada

Pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

DIMAS FIKRY SYAH PUTRA
NRP. 3310 100 111

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :



Prof. Ir. JONI HERMANA, M.ScES., Ph.D
NIP. 196006181988031002



SURABAYA, JULI 2014

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara

2.1.1 Pengertian

Menurut Undang-Undang No. 32 tahun 2009, pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.

Pencemaran udara menurut Peraturan Pemerintah no 41 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, atau energi, dan/atau komponen lain kedalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Menurut Hutagalung (2009) pencemaran udara adalah peristiwa pemasukan dan penambahan senyawa, bahan, atau energi ke dalam lingkungan udara akibat kegiatan alam dan manusia sehingga temperatur dan karakteristik udara tidak sesuai lagi untuk tujuan pernafasan yang paling baik. Atau dengan singkat dikatakan bahwa nilai lingkungan udara tersebut telah menurun. Sedangkan menurut Mukono (2006), yang dimaksud pencemaran udara adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia ke dalam lingkungan udara normal yang mencapai sejumlah tertentu, sehingga dapat dideteksi oleh manusia, binatang, vegetasi dan material karena ulah manusia (*man made*). Pencemaran udara diartikan sebagai adanya bahan-bahan atau zat-zat asing di dalam udara yang menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya (Wisnu, 2004)

2.1.2 Sumber Pencemaran Udara

Industri dianggap sebagai sumber pencemar karena aktivitas industri merupakan kegiatan yang sangat tampak dalam pembahasan berbagai senyawa kimia ke lingkungan. Sebagian jenis gas dapat di pandang sebagai pencemar udara apabila konsentrasi gas tersebut melebihi tingkat konsentrasi normal dan dapat berasal dari sumber alami seperti gunung api, rawa-rawa, kebakaran hutan dan nitrifikasi biologi serta berasal dari kegiatan manusia (*anthropogenic source*) seperti pengangkutan, transportasi, kegiatan rumah tangga, industri, pembangkitan daya yang menggunakan bahan bakar fosil, pembakaran sampah, pembakaran sisa pertanian, pembakaran hutan dan pembakaran bahan bakar (Hutagalung, 2008). Menurut Fardiaz (1992), sumber pencemaran udara yang utama adalah berasal dari transportasi terutama kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar yang mengandung zat pencemar, 60% dari pencemar yang dihasilkan terdiri dari karbon monoksida dan sekitar 15% terdiri dari hidrokarbon. Beberapa kajian juga menyebutkan menurunnya kualitas udara di perkotaan diduga tingginya konsumsi bahan bakar fosil untuk sektor transportasi, sekitar 53% (Lvovsky, dkk., 2000). Tingginya penggunaan bahan bakar fosil tersebut menyebabkan kontribusi sektor transportasi terhadap penurunan kualitas udara di berbagai kota besar di dunia mencapai 70% (Tietenberg, 2003).

Pencemaran udara yang lazim dijumpai dalam jumlah yang dapat diamati pada berbagai tempat khususnya di kota-kota besar menurut Simanjuntak (2007) antara lain adalah:

1. Gas Rumah Kaca (CO_2 , CH_4 , N_2O)

Gas rumah kaca adalah gas-gas yang ada di atmosfer yang menyebabkan efek rumah kaca. Gas-gas tersebut sebenarnya muncul secara alami di lingkungan, tetapi dapat juga timbul akibat aktivitas manusia (*anthropogenic source*). Gas rumah kaca yang paling banyak adalah uap air yang mencapai atmosfer akibat penguapan air laut, danau dan sungai. Dalam model iklim, meningkatnya teemperatur atmosfer yang

disebabkan gas rumah kaca akibat gas-gas antropogenik akan menyebabkan meningkatnya konsentrasi uap air mengakibatkan meningkatnya efek rumah kaca. Karbon dioksida (CO_2) adalah gas terbanyak kedua. Ia timbul dari berbagai proses alami seperti letusan vulkanik, pernapasan hewan dan manusia dan pembakaran material organik (seperti tumbuhan). Karbon dioksida (CO_2) dapat berkurang karena terserap oleh lautan dan diserap tanaman untuk digunakan proses fotosintesis. Fotosintesis memecah karbondioksida dan melepaskan oksigen ke atmosfer serta mengambil atom karbonnya (Hart, 2005).

Menurut Rahman, dkk., (2004) sumber pencemaran udara dikelompokkan ke dalam 3 kelompok besar yaitu:

1. Sumber pencemar udara menetap (*point source*) seperti asap pabrik, instalasi pembangkit tenaga listrik, asap dapur, pembakaran sampah rumah tangga dan lain sebagainya.
2. Sumber pencemar udara yang tidak menetap (*non point source*), seperti gas buang kendaraan bermotor, pesawat udara, kereta api, dan kegiatan-kegiatan lain yang menghasilkan gas emisi dengan lokasi berpindah-pindah.
3. Sumber pencemar udara campuran (*compound area source*) yang berasal dari titik tetap dan titik tidak tetap seperti bandara, terminal, pelabuhan dan kawasan industri.

Pengelompokan ini sesuai dengan klasifikasi sumber pencemar udara yang ditetapkan oleh WHO (2005) yaitu:

1. Sumber sebuah titik (*point source*) yang berasal dari sumber individual menetap dan dibatasi oleh luas wilayah kurang dari $1 \times 1 \text{ km}^2$ termasuk didalamnya industri dan rumah tangga.
2. Garis (*line source*) adalah sumber pencemaran udara yang berasal dari kendaraan bermotor dan kereta.
3. Area (*area source*) adalah sumber pencemaran yang berasal dari sumber titik tetap maupun garis.

2.1.3 Faktor Penyebab Pencemaran Udara

Beberapa faktor yang memiliki pengaruh penting terhadap pencemaran udara diantaranya adalah (Bappenas, 2009) yaitu:

a. Pertumbuhan Penduduk dan Laju Urbanisasi

Pertumbuhan penduduk dan laju urbanisasi yang tinggi merupakan faktor-faktor penyebab pencemaran udara yang penting di perkotaan. Pertumbuhan penduduk dan urbanisasi mendorong pengembangan wilayah perkotaan yang semakin melebar ke daerah pinggiran kota/daerah penyangga. Sebagai akibat, mobilitas penduduk dan permintaan transportasi semakin meningkat. Jarak dan waktu tempuh perjalanan sehari-hari semakin bertambah karena jarak antara tempat tinggal dan tempat kerja atau aktivitas lainnya semakin jauh dan kepadatan lalu lintas menyebabkan waktu tempuh semakin lama. Indikasi kebutuhan transportasi dapat dilihat pada perkiraan pertumbuhan jumlah kendaraan bermotor yang pesat jika skenario *business-as-usual* atau tanpa pengelolaan sistem transportasi masih berlaku. Meningkatnya jumlah kendaraan bermotor dan kebutuhan akan transportasi mengakibatkan bertambahnya titik-titik kemacetan yang akan berdampak pada peningkatan pencemaran udara.

b. Penataan Ruang

Pembangunan kantor-kantor pemerintah, apartemen, pusat perbelanjaan dan bisnis hingga saat ini masih terkonsentrasi di pusat kota. Akibatnya, harga tanah di pusat kota meningkat sangat signifikan. Bersamaan dengan laju urbanisasi yang tinggi, kebutuhan akan perumahan yang layak di tengah-tengah kota dengan harga yang terjangkau oleh masyarakat banyak tidak dapat dipenuhi. Pembangunan perumahan akhirnya bergeser ke daerah pinggiran kota atau kota-kota penyangga karena harga tanahnya masih relatif lebih rendah dibandingkan dengan pusat kota. Kota penyangga pada akhirnya menjadi pilihan tempat tinggal

masyarakat yang sehari-hari bekerja di pusat kota. Pada prinsipnya pembangunan kawasan-kawasan terintegrasi tersebut bermanfaat dalam mengurangi kebutuhan transportasi. Namun, seiring dengan meningkatnya tuntutan ekonomi masing-masing keluarga, keperluan mendapat pekerjaan menjadi jauh lebih penting dibanding dengan jarak yang harus ditempuh antara tempat tinggal dan tempat kerja. Kondisi ini menyebabkan meningkatnya kebutuhan akan transportasi dan jarak tempuh dari rumah ke tempat kerja di pusat-pusat kota maupun kawasan industri. Jumlah perjalanan dengan kendaraan dari luar kota yang tinggi dan ditambah lagi dengan perjalanan penduduk kotanya sendiri telah menimbulkan kemacetan terutama pada jam puncak pagi dan sore hari.

c. Pertumbuhan Ekonomi yang Mempengaruhi Gaya Hidup

Pertumbuhan ekonomi mendorong perubahan gaya hidup penduduk kota sebagai akibat dari meningkatnya pendapatan. Walaupun bukan menjadi satu-satunya alasan, namun meningkatnya pendapatan ditambah dengan adanya kemudahan-kemudahan pembiayaan yang diberikan lembaga keuangan telah membuat masyarakat kota berupaya untuk tidak hanya sekedar dapat memenuhi kebutuhan pokok tetapi juga berupaya meningkatkan taraf hidup atau status sosial, misalnya dengan memiliki mobil, sepeda motor, dan barang-barang lainnya serta menggunakan frekuensi yang lebih sering sehingga pada akhirnya akan menambah konsumsi energi.

d. Ketergantungan Pada Minyak Bumi Sebagai Sumber Energi

Saat ini masyarakat perkotaan sangat tergantung pada sumber energi yang berasal dari minyak bumi dengan konsumsi yang terus-menerus menunjukkan peningkatan. Sektor transportasi merupakan konsumen bahan bakar minyak terbesar yang diakibatkan terjadinya lonjakan

penjualan kendaraan bermotor. Sebagai konsekuensinya emisi gas buang kendaraan bermotor menyumbang secara signifikan terhadap polusi udara yang terjadi di perkotaan. Untuk waktu yang cukup lama, pemerintah Indonesia menerapkan kebijakan subsidi harga bahan bakar minyak (BBM), sehingga menimbulkan perilaku penggunaan BBM yang boros dan tidak efisien antara lain mendorong orang untuk menggunakan kendaraan untuk melakukan perjalanan yang tidak perlu. Setelah dikurangnya subsidi BBM, berdasarkan laporan penjualan Pertamina, telah terjadi penurunan penjualan BBM.

e. Perhatian Masyarakat yang Kurang

Partisipasi aktif masyarakat merupakan salah satu kunci keberhasilan pengendalian pencemaran udara. Menyadari hal tersebut dan dengan dipromosikannya kebijakan *good governance* di semua sektor maka pemerintah kota dan beberapa institusi non pemerintah telah berupaya melaksanakan kegiatan kampanye peningkatan kesadaran masyarakat mengenai polusi udara serta berupaya untuk melibatkan masyarakat dalam menetapkan suatu kebijakan. Kendala utama pelaksanaan kegiatan peningkatan perhatian masyarakat oleh pemerintah adalah terbatasnya anggaran yang tersedia. Permasalahan lainnya adalah ketidaktersediaan sarana dan prasarana yang memadai bagi institusi-institusi di bidang informasi dan hubungan masyarakat juga merupakan kendala sehingga kegiatan peningkatan perhatian masyarakat tidak dapat dilaksanakan secara efektif. Di lain pihak, rendahnya partisipasi masyarakat dalam upaya pengendalian pencemaran udara juga disebabkan terbatasnya contoh/tauladan yang diberikan oleh pemerintah. Sebagai contoh, pemerintah mempromosikan penggunaan bahan bakar gas pada kendaraan tetapi pemerintah sendiri tidak menggunakannya pada kendaraan dinas/operasional pemerintah.

2.1.4 Dampak Pencemaran udara

Dampak dari pencemaran udara tersebut adalah menyebabkan penurunan kualitas udara, yang berdampak negatif terhadap kesehatan manusia. Semakin banyak kendaraan bermotor dan alat-alat industri yang mengeluarkan gas yang mencemarkan lingkungan akan semakin parah pula pencemaran udara yang terjadi.

a. Terhadap Kesehatan

Pengaruh pencemaran udara terhadap manusia, selain berupa kematian dapat pula berupa penyakit antara lain:

Tabel 2. 1 Dampak Pencemaran Udara Terhadap Kesehatan

No	Dampak	Keterangan
1	Kanker Kulit (melanoma)	Berkurangnya lapisan ozon di atmosfer, akan mengakibatkan meningkatnya radiasi ultraviolet, yang akan merangsang penyakit kanker kulit
2	Kanker paru-paru	Senyawa benzopyren, asbestos dan nitrosoamin merupakan agen karsinogen yang sangat ganas
3	Kebotakan (alopecia), anemia dan gastro-enteritis	Ketiga penyakit ini disebabkan oleh residu timbal yang masuk ke dalam tubuh
4	Bronkitis dan emfisema	Gas SO ₂ dan benzopyren dapat memperlemah gerakan rambut getar pada saluran tenggorokan. Selain itu gas ini dapat merangsang sekresi lendir pada saluran pangkal pada paru-paru.
5	Asfiksia (mati lemas)	Gas CO sangat reaktif terhadap Hb dalam darah dengan afinitas 240 kali lebih besar, jika dibandingkan afinitasnya terhadap oksigen. CO dengan Hb akan membentuk senyawa COHb yang stabil dalam

No	Dampak	Keterangan
		darah. Karena Hb darah tidak lagi dapat berfungsi menyerap dan membawa oksigen, maka tubuh akan menderita kekurangan oksigen.
6	Iritasi pada saluran pernafasan	Hal ini dapat menyebabkan pergerakan silia menjadi lambat, bahkan dapat terhenti sehingga tidak dapat membersihkan saluran pernafasan.

Sumber: Departemen Kesehatan, www.depkes.go.id

b. Dampak terhadap lingkungan

Ketika terjadi pencemaran udara yaitu masuknya, atau tercampurnya unsur-unsur berbahaya ke dalam atmosfer maka keseimbangan unsur-unsur yang ada diudara akan terganggu sehingga pengaruhnya terhadap lingkungan dapat diketahui yaitu dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan atau menurunnya kualitas lingkungan. Beberapa akibat dari pencemaran udara terhadap kerusakan lingkungan atau penurunan kualitas lingkungan adalah (Soedomo, 2001):

1. Menghambat fotosintesis tumbuhan. Terhadap tanaman yang tumbuh di daerah dengan tingkat pencemaran udara tinggi dapat terganggu pertumbuhannya dan rawan penyakit, antara lain klorosis, nekrosis, dan bintik hitam. Partikulat yang terdeposisi di permukaan tanaman dapat menghambat proses fotosintesis.
2. Menyebabkan hujan asam. pH biasa air hujan adalah 5,6 karena adanya CO_2 di atmosfer. Pencemar udara seperti SO_2 dan NO_2 bereaksi dengan air hujan membentuk asam dan menurunkan pH air hujan. Dampak dari hujan asam ini antara lain: Mempengaruhi kualitas air permukaan, Merusak

tanaman, Melarutkan logam-logam berat yang terdapat dalam tanah sehingga mempengaruhi kualitas air tanah dan air permukaan, serta bersifat korosif sehingga merusak material dan bangunan.

3. Meningkatkan efek rumah kaca. Efek rumah kaca disebabkan oleh keberadaan CO_2 , CFC, CH_4 , O_3 , dan N_2O di lapisan troposfer yang menyerap radiasi panas matahari yang dipantulkan oleh permukaan bumi. Akibatnya panas terperangkap dalam lapisan troposfer dan menimbulkan fenomena pemanasan global. Pemanasan global sendiri akan berakibat pada pencairan es di kutub, perubahan iklim regional dan global, Perubahan siklus hidup flora dan fauna.
4. Kerusakan lapisan ozon. Lapisan ozon yang berada di stratosfer (ketinggian 20-35 km) merupakan pelindung alami bumi yang berfungsi memfilter radiasi ultraviolet dari matahari. Pembentukan dan penguraian molekul-molekul ozon (O_3) terjadi secara alami di stratosfer. Emisi CFC yang mencapai stratosfer dan bersifat sangat stabil menyebabkan laju penguraian molekul-molekul ozon lebih cepat dari pembentukannya, sehingga terbentuk lubang-lubang pada lapisan ozon. Kerusakan lapisan ozon menyebabkan sinar UV-B matahari tidak terfilter dan dapat mengakibatkan kanker kulit serta penyakit pada tanaman.

2.2 Global Warming

2.2.1 Pengertian

Pemanasan global (*Global Warming*) pada dasarnya merupakan fenomena peningkatan temperatur global dari tahun ke tahun karena terjadinya efek rumah kaca (*greenhouse effect*) yang disebabkan oleh meningkatnya emisi gas-gas seperti karbondioksida (CO_2), metana (CH_4), dinitrooksida (N_2O) dan CFC sehingga energi matahari terperangkap dalam atmosfer

bumi. Berbagai literatur menunjukkan kenaikan temperatur global – termasuk Indonesia – yang terjadi pada kisaran $1,5^{\circ}$ – 40°C pada akhir abad 21. Pemanasan global menimbulkan dampak yang luas dan serius bagi lingkungan bio-geofisik (seperti pelelehan es di kutub, kenaikan muka air laut, perluasan gurun pasir, peningkatan hujan dan banjir, perubahan iklim, punahnya flora dan fauna tertentu, migrasi fauna dan hama penyakit, dan sebagainya). Sedangkan dampak bagi aktivitas sosial-ekonomi masyarakat meliputi:

- (a) Gangguan terhadap fungsi kawasan pesisir dan kota pantai,
- (b) Gangguan terhadap fungsi prasarana dan sarana seperti jaringan jalan, pelabuhan dan bandara
- (c) Gangguan terhadap pemukiman penduduk,
- (d) Pengurangan produktivitas lahan pertanian,
- (e) Peningkatan resiko kanker dan wabah penyakit, dan sebagainya (Muhi, 2011).

Pemanasan global (*Global Warming*) adalah kejadian meningkatnya temperatur rata-rata atmosfer, laut dan daratan bumi. Temperatur rata-rata global pada permukaan bumi telah meningkat $0,18^{\circ}\text{C}$ selama seratus tahun terakhir. *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menyimpulkan bahwa, “sebagian besar peningkatan temperatur rata-rata global sejak pertengahan abad ke-20 kemungkinan besar disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca akibat aktivitas manusia melalui efek rumah kaca. Peningkatan temperatur global diperkirakan akan menyebabkan perubahan-perubahan yang lain seperti naiknya muka air laut, meningkatnya intensitas kejadian cuaca yang ekstrim, serta perubahan jumlah dan pola presipitasi. Akibat-akibat pemanasan global yang lain adalah terpengaruhnya hasil pertanian, hilangnya gletser dan punahnya berbagai jenis hewan (IPCC, 2007).

2.2.2 Gas Rumah Kaca

Istilah efek rumah kaca, diambil dari cara tanam yang digunakan para petani di daerah iklim sedang (negara yang memiliki empat musim). Para petani biasa menanam sayuran atau

bunga di dalam rumah kaca untuk menjaga suhu ruangan tetap hangat. Dari sinar yang masuk tersebut, akan dipantulkan kembali oleh benda/permukaan dalam rumah kaca, ketika dipantulkan sinar itu berubah menjadi energi panas yang berupa sinar inframerah, selanjutnya energi panas tersebut terperangkap dalam rumah kaca. Demikian pula halnya salah satu fungsi atmosfer bumi kita seperti rumah kaca tersebut (Haneda, 2004).

Efek Rumah Kaca (*green house effect*) berasal dari pengalaman para petani di daerah iklim sedang yang menanam sayur-mayur dan bunga-bunga di dalam rumah kaca. Yang terjadi dengan rumah kaca ini, cahaya matahari menembus kaca dan dipantulkan kembali oleh benda-benda dalam ruangan rumah kaca sebagai gelombang panas yang berupa sinar infra merah. Namun gelombang panas itu terperangkap di dalam ruangan kaca serta tidak bercampur dengan udara dingin di luarnya. Akibatnya, suhu di dalam rumah kaca lebih tinggi daripada di luarnya. Inilah gambaran sederhana terjadinya efek rumah kaca (Syahputra, 2007). Efek rumah kaca disebabkan karena naiknya konsentrasi gas karbondioksida (CO_2) dan gas-gas lainnya metana (CH_4), dinitrogen dioksida (N_2O), hidroflorokarbon (HFC_s), perflorokarbon (PFC_s) dan sulfur heksaflorida (SF_6) di atmosfer yang disebut gas rumah kaca. Kenaikan konsentrasi gas CO_2 ini disebabkan oleh kenaikan pembakaran bahan bakar minyak (BBM), batu bara dan bahan bakar organik lainnya yang melampaui kemampuan tumbuhan-tumbuhan dan laut untuk mengabsorbsinya. Gas rumah kaca dapat dihasilkan baik secara alamiah maupun dari hasil kegiatan manusia. Namun sebagian besar yang menyebabkan terjadi perubahan komposisi gas rumah kaca di atmosfer adalah gas-gas buang yang teremisikan keangkasa sebagai hasil dari aktifitas manusia untuk membangun dalam memenuhi kebutuhan hidupnya selama ini (Gunawan, 2013)

Berikut merupakan sumber GRK berdasarkan *guidelines* IPCC, dan digunakan sebagai acuan dalam Protokol Kyoto, antara lain:

a. CO₂ (karbon dioksida)

Karbon dioksida adalah GRK terbanyak kedua jumlahnya yang berada di atmosfer setelah uap air, namun uap air memiliki karakteristik sebagai umpan balik positif dalam siklus GRK sehingga tidak termasuk dalam acuan dalam *guidelines* IPCC dan *Protokol* Kyoto. Gas CO₂ timbul dari berbagai proses alami seperti letusan gunung berapi, hasil pernafasan hewan dan manusia (yang menghirup oksigen dan menghembuskan karbon dioksida), penggunaan bahan bakar fosil, dan pembakaran material organik (seperti tumbuhan).

Kegiatan yang dilakukan manusia diidentifikasi telah meningkatkan jumlah CO₂ yang dilepas ke atmosfer ketika mereka membakar bahan bakar fosil, limbah padat, dan kayu untuk menggerakkan kendaraan dan menghasilkan listrik. Pada saat yang sama, jumlah pepohonan yang mampu menyerap gas CO₂ semakin berkurang akibat penebangan hutan untuk diambil kayunya maupun untuk perluasan lahan pertanian. CO₂ dapat berkurang karena terserap oleh lautan dan diserap tanaman untuk digunakan dalam proses fotosintesis. Fotosintesis adalah proses memecah karbon dioksida dan melepaskan oksigen ke atmosfer serta mengambil atom karbonnya. Walaupun lautan dan proses alam lainnya mampu mengurangi gas CO₂ ke udara jauh lebih cepat dan lebih besar jumlahnya dari kemampuan alam untuk mengurangnya.

b. CH₄ (Metana)

Metana merupakan komponen utama gas alam yang juga termasuk dalam GRK. Gas CH₄ merupakan insulator yang efektif, mampu menangkap panas 20 kali lebih banyak bila dibandingkan CO₂. Gas CH₄ dilepaskan ke atmosfer selama produksi dan transportasi batu bara, gas alam dan minyak bumi. Gas ini juga dihasilkan dari pembusukan limbah organik di tempat pembuangan sampah (*Sanitary landfill*) dan proses pembusukan pada lahan gambut, sawah, dan rawa

yang tergenang air, bahkan gas ini dapat dihasilkan oleh hewan-hewan tertentu, terutama dari sapi, kerbau dan sejenisnya sebagai produk samping dari pencernaan.

c. N_2O (Dinitrogen oksida)

Dinitrogen dioksida adalah gas insulator panas yang sangat kuat. Gas N_2O dihasilkan terutama dari proses pemupukan pada lahan pertanian, dan sedikit jumlahnya berasal dari pembakaran bahan bakar fosil (minyak bumi, batu bara, dan gas bumi). Gas ini dapat menangkap panas 300 kali lebih besar dari CO_2 . Lahan pertanian menjadi sumber emisi N_2O dengan mekanisme pelepasan atom N untuk beraksi dengan udara. Pelepasan N_2O sebagai akibat pengolahan tanah dan penggunaan pupuk kimia (*chemical fertilizer*) seperti urea dan Amonium sulfat (AS).

2.2.3 Perhitungan Emisi

Pada dasarnya perhitungan emisi GRK menggunakan rumus dasar (Djajadilaga, dkk., 2009) sebagai berikut:

$$\text{Emisi GRK} = \sum A_i \times E_{fi} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

Emisi GRK = Emisi suatu gas rumah kaca (CO_2 , CH_4 , N_2O , dan lainnya)

A_i = Konsumsi bahan jenis I atau jumlah produk i

E_{fi} = Faktor emisi dari bahan jenis I atau produk i

- **Bidang Energi (Industri dan transportasi)**

Terdapat 3 Tier metodologi perhitungan emisi GRK dari pembakaran stasioner. Tier-1, Tier-2 maupun Tier-3 berdasarkan data penggunaan bahan bakar dan faktor emisi untuk jenis bahan bakar tertentu. Pada Tier-1 faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi *default* IPCC sedangkan pada Tier-2 faktor emisi yang digunakan adalah yang spesifik berlaku untuk bahan bakar yang digunakan di Indonesia. Pada Tier-3 faktor emisi memperhitungkan jenis teknologi pembakaran yang digunakan.

Tabel 2.2 Metodologi Perhitungan Pembakaran Stasioner

Tier	Data Aktivitas	Faktor Emisi
Tier-1	Konsumsi bahan bakar Berdasarkan jenis bahan bakar	Faktor emisi berdasarkan jenis bahan bakar (2006IPCCGL)
Tier-2	Konsumsi bahan bakar Berdasarkan jenis bahan bakar	Faktor emisi Indonesia berdasarkan jenis bahan bakar
Tier-3	Konsumsi bahan bakar Berdasarkan teknologi pembakaran	Faktor emisi teknologi tertentu berdasarkan jenis bahan bakar

Sumber: Pedoman Inventarisasi Gas Rumah Kaca, IPCC, 2006

GRK yang diemisikan oleh pembakaran bahan bakar pada sumber stasioner adalah CO₂, CH₄, dan N₂O. besarnya emisi GRK hasil pembakaran bahan bakar fosil bergantung pada banyak dan jenis bahan bakar yang dibakar. Banyaknya bahan bakar direpresentasikan sebagai data aktivitas sedangkan jenis bahan bakar direpresentasikan oleh faktor emisi. Persamaan umum yang digunakan untuk estimasi emisi GRK dari pembakaran bahan bakar adalah:

$$\text{Emisi GRK} \left(\frac{\text{kg}}{\text{Tahun}} \right) = \text{Konsumsi energi} \left(\frac{\text{TJ}}{\text{Tahun}} \right) \times \text{faktor emisi} \left(\frac{\text{kg}}{\text{TJ}} \right) \dots \dots \dots (2)$$

Faktor emisi menurut *default* IPCC dinyatakan dalam satuan emisi per unit energi yang dikonsumsi (kg GRK/TJ). Di sisi lain data konsumsi energi yang tersedia umumnya dalam satuan fisik (ton batubara, kilo liter minyak diesel dll). Oleh karena itu sebelum digunakan persamaan 2, data konsumsi energi harus dikonversi terlebih dahulu ke dalam satuan energi TJ (Terra Joule) dengan persamaan 3.

$$\text{Konsumsi Energi (TJ)} = \text{Konsumsi Energi (sat.fisik)} \times \text{Nilai Kalor} \left(\frac{\text{TJ}}{\text{Sat.Fisik}} \right) \dots \dots \dots (3)$$

Tabel 2. 3 Nilai Kalor Bahan Bakar Indonesia

Bahan Bakar	Nilai Kalor	Penggunaan
Premium*	33×10^{-6} TJ/liter	Kendaraan Bermotor
Solar (HSD, ADO)	36×10^{-6} TJ/liter	Kendaraan Bermotor, Pembangkit Listrik
Minyak Diesel (IDO)	38×10^{-6} TJ/liter	Boiler Industri, Pembangkit Listrik
MFO	40×10^{-6} TJ/liter	Pembangkit Listrik
	4.04×10^{-2} TJ/ton	
Gas Bumi	1.05×10^{-6} TJ/SCF	Industri, Rumah Tangga, Restoran
	38.5×10^{-6} TJ/Nm ³	
LPG	47.3×10^{-6} TJ/kg	Rumah Tangga, Restoran
Batubara	18.9×10^{-3} TJ/ton	Pembangkit Listrik, Industri
Catatan: *) termasuk Pertamina, Pertamina Plus HSD: High Speed Diesel ADO: Automotive Diesel Oil IDO: Industrial Diesel Oil		

Sumber: Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional, 2012
 Perhitungan emisi GRK tier-1 memerlukan data berikut:

- Data banyaknya bahan bakar yang dibakar, dikelompokkan menurut jenis bahan bakar untuk masing-masing kategori sumber emisi (Industri, transportasi)

- Faktor emisi *default* IPCC untuk masing-masing jenis bahan bakar dan penggunaan (stasioner atau *mobile*)

$$\text{Emisi}_{\text{GRK, BB}} = \text{Konsumsi BB}_{\text{BB}} * \text{Faktor Emisi}_{\text{GRK, BB}} \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{Total emisi menurut jenis GRK: Emisi}_{\text{GRK}} = \sum_{\text{BB}} \text{Emisi}_{\text{GRK, BB}} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana:

BB : Singkatan dari jenis bahan bakar (misal premium, batubara)

$\text{Emisi}_{\text{GRK, BB}}$: Emisi GRK jenis tertentu menurut jenis bahan bakar (kg GRK)

Konsumsi BB_{BB} : Banyaknya bahan bakar yang dibakar menurut jenis bahan bakar (dalam TJ)

Faktor $\text{Emisi}_{\text{GRK, BB}}$: Faktor emisi GRK jenis tertentu menurut jenis bahan bakar (kg gas/TJ)

Tabel 2. 4 Faktor Emisi GRK Peralatan Tidak Bergerak dan Bergerak

Jenis Bahan Bakar	FE Default IPCC 2006 Sumber Tak Bergerak, kg/TJ			FE Default IPCC 2006 Sumber Bergerak, kg/TJ		
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Gas Bumi/BBG	56100	1	0.1	56100	92	3
Premium (tanpa katalis)	-	-	-	69300	33	3.2
Diesel (IDO/ADO)	74100	3	0.6	74100	3.9	3.9
Industrial/Residual Fuel Oil	77400	3	0.6	-	-	-
Marine Fuel Oil (MFO)	-	-	-	77400	7±50 %	2
Batubara (<i>sub-bituminous</i>)*	96100	10	1.5	-	-	-

Sumber: Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional, 2012

Tabel 2. 5 Faktor Emisi Pembakaran Stasioner di Rumah Tangga dan Pertanian/Kehutanan/Perikanan (kg GRK per TJ Nilai Kalor Netto)

Fuel	CO₂	CH₄	N₂O
NGL	64200	10	0.6
Solar/ADO/HSD	74100	10	0.6
MFO	77400	10	0.6
Minyak Tanah	71900	10	0.6
LPG	63100	5	0.1
Gas Bumi	56100	5	0.1
Keterangan: NGL= Natural Gas Liquids atau Kondensat ADO= Automotive Diesel Oil (=solar)			
HSD= High Speed Diesel (=solar) MFO= Marine Fuel Oil			

Sumber: Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional, 2012

Sumber emisi bergerak dari transportasi jalan raya meliputi mobil pribadi (sedan, minivan, jeep dll), kendaraan niaga (bus, minibus, pick-up, truk dll) dan sepeda motor. Estimasi emisi CO₂ dari transportasi jalan raya dapat dilakukan dengan Tier-1 atau Tier-2.

Tabel 2. 6 Metodologi Perhitungan Estimasi Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor

Tier	Data Aktivitas	Faktor Emisi
Tier-1	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar	Kandungan Karbon Berdasarkan Jenis Bahan Bakar
Tier-2	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar	Kandungan Karbon Berdasarkan Jenis Bahan Bakar yang digunakan di Indonesia

Sumber: Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional, 2012

Berdasarkan tier-1 emisi CO₂ dihitung dengan persamaan:

Emisi = $\sum_a$ Konsumsi BB_a * Faktor Emisi_a.....(6)

Dimana:

Emisi : Emisi CO₂

Konsumsi BB_a : Bahan bakar dikonsumsi =
dijual

Faktor emisi_a : Faktor emisi CO₂ menurut jenis
bahan bakar (kg gas/TJ), default
IPCC 2006

a : Jenis bahan bakar (premium,
solar)

Untuk emisi CH₄ dan N₂O pada pembakaran bahan bakar dipengaruhi teknologi sistem pengendalian emisi pada bahan kendaraan. Estimasi emisi CH₄ dan N₂O dapat dilakukan berdasarkan Tier-1, tier-2 atau Tier-3.

Tabel 2. 7 Metodologi Perhitungan Estimasi Emisi CH₄ dan N₂O Kendaraan Bermotor

Tier	Data Aktivitas	Faktor Emisi
Tier-1	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar	Faktor Emisi Berdasarkan Jenis Bahan Bakar
Tier-2	Konsumsi bahan bakar berdasarkan jenis bahan bakar, sub-kategori kendaraan	Faktor Emisi Berdasarkan Jenis Bahan Bakar sub-kategori kendaraan
Tier-3	Jarak Yang Ditempuh	Faktor Emisi Berdasarkan Sub-kategori Kendaraan

Sumber: Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional, 2012

Berdasarkan tier-1 emisi CH₄ dan N₂O dihitung dengan

persamaan:

Emisi = $\sum_a$ Konsumsi BB_a * Faktor Emisi_a.....(7)

Dimana:

Emisi : Emisi CH₄ dan N₂O

- Konsumsi BB_a : Bahan bakar dikonsumsi =
dijual
- Faktor emisi_a : Faktor emisi CO₂ menurut jenis
bahan bakar (kg gas/TJ), *default*
IPCC 2006
- a : Jenis bahan bakar (premium,
solar)

Tabel 2. 8 Faktor Emisi CO₂ Default Transportasi Jalan Raya

Fuel Type	Default(kg/TJ)
Motor Gasoline	69300
Gas/Diesel Oil	74100
Liquefied Petroleum Gases	63100
Kerosene	71900
Compressed Natural Gas	56100
Liquefied Natural Gas	56100

Sumber: Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional, 2012

Tabel 2. 9 Faktor Emisi Jenis Bahan Bakar dari Kendaraan

Tipe Kendaraan/bahan bakar	Faktor Emisi (gram/liter)			Catatan (km/l)
	CO₂	CH₄	N₂O	
Bensin: Kendaraan Penumpang Kendaraan Niaga Kecil Sepeda Motor	2597,86	0,71 3,56	0,04	Asum 8,9 Asum 7,4 Asum 19,6
Diesel Kendaraan Penumpang Kendaraan Niaga Kecil Kendaraan Niaga Besar	2924,90	0,08 0,04 0,24	0,16 0,16 0,12	Asum 13,7 Asum 9,2 Asum 3.3

Catatan: *) liter ekuivalen terhadap bensin, Sumber: Dikompilasi dari
IPCC (1996)

Tabel 2.10 Konsumsi Energi Spesifik Bahan Bakar

No.	Jenis Kendaraan	Konsumsi Energi Spesifik (lt/100km)
1	Mobil Penumpang	
	- Bensin	11,79
	- Diesel/solar	11,36
2	Angkot	
	- Bensin	10,88
	- Diesel/Solar	6,25
3	Bus Besar	
	- Solar	16,89
4	Truk Besar	15,82
5	Sepeda Motor	2,66

Sumber: Yamin dkk, 2009

- **Bidang pertanian dan penggunaan lahan**

Metode perhitungan yang diikuti dalam pedoman *IPCC* untuk menghitung emisi GRK adalah melalui perkalian anatar informasi aktivitas manusia dalam jangka waktu tertentu (data aktivitas, DA) dengan emisi per unit aktivitas (faktor emisi, FE). Rumus dasarnya:

$$\text{Emisi GRK} = \text{DA} \times \text{FE} \dots \dots \dots (8)$$

Sesuai arahan *IPCC*, penggunaan lahan untuk inventarisasi emisi dan serapan GRK dibedakan menjadi 6 (enam) kategori, yaitu: 1) *forest land*, 2) *Grassland*, 3) *Cropland*, 4) *Wetland*, 5) *Settlement*, dan 6) *Other land*. Berikut definisi masing-masing kategori.

- a. *Forest land* (lahan hutan). Kategori ini mencakup semua lahan dengan vegetasi berkayu sesuai dengan ambang batas yang digunakan untuk mendefinisikan *forest land* dalam inventarisasi gas rumah kaca nasional. Dalam kategori ini juga termasuk sistem dengan struktur vegetasi diluar definisi hutan, tetapi berpotensi bisa

mencapai nilai ambang batas atau memenuhi definisi hutan yang digunakan oleh suatu Negara untuk menentukan kategori lahan hutan.

- b. *Cropland* (lahan pertanian dan *Agroforestry*). Kategori ini meliputi tanaman pangan, termasuk sawah dan sistem *agroforestry* dimana struktur vegetasinya dibawah ambang batas untuk disebut kategori lahan hutan.
- c. *Grassland* (Padang rumput dan savanna). Kategori ini mencakup padang penggembalaan dan padang rumput yang tidak dianggap sebagai lahan pertanian. Dalam kategori ini termasuk sistem dari vegetasi berkayu dan vegetasi bukan rumput seperti tumbuhan herbal dan semak. Kategori ini juga mencakup semua rumput dari lahan yang tidak dikelola sampai lahan rekreasi serta sistem pertanian dan silvi-pastural.
- d. *Wetlands* (lahan rawa, gambut, sungai, danau dan waduk). Kategori ini mencakup lahan dari pengembangan gambut dan lahan yang ditutupi atau jenuh oleh air untuk sepanjang atau sebagian tahun (misalnya lahan gambut). Kategori ini termasuk reservoir/waduk, sungai alami dan danau.
- e. *Settlements* (Pemukiman/infrastruktur). Kategori ini mencakup semua lahan dikembangkan termasuk infrastruktur transportasi dan pemukiman dari berbagai ukuran, kecuali yang termasuk dalam kategori lainnya.
- f. *Other land* (lahan lainnya). Kategori ini meliputi tanah terbuka, lahan berbatu, lahan bersalju, dan semua lahan yang tidak termasuk ke salah satu dari 5 kategori diatas.

Dekomposisi bahan organik secara anaerobic pada lahan sawah mengemisikan gas metan ke atmosfer. Jumlah CH_4 yang diemisikan merupakan fungsi dari umur tanaman, rejim air sebelum dan selama periode budidaya, dan penggunaan bahan organik dan anorganik. Selain itu, emisi CH_4 juga dipengaruhi oleh jenis tanah, suhu, dan varietas padi. Emisi

CH₄ dihitung dengan mengalikan faktor emisi harian dengan lama budidaya padi sawah dan luas panen dengan menggunakan persamaan di bawah ini.

$$CH_4 \text{ rice} = \sum_{ijk} (EF_{i,j,k} \times t_{i,j,k} \times A_{i,j,k}) \dots \dots \dots (9)$$

Dimana:

CH₄ rice = Emisi metan dari budidaya padi sawah, Gg CH₄ per tahun

EF_{i,j,k} = Faktor emisi untuk kondisi I, J, dan K; kg CH₄ per hari

T_{i,j,k} = Lama budidaya padi sawah untuk kondisi I, J, dan K; hari

A_{i,j,k} = Luas panen padi sawah untuk kondisi I, J, dan K; ha per tahun

I, J, dan K = Mewakili ekosistem berbeda: i: rezim air, j: Jenis dan jumlah pengembalian bahan organik tanah, dan k: Kondisi lain dimana emisi CH₄ dari padi sawah dapat bervariasi

Jenis sawah dapat dikelompokkan menjadi tiga rejim air yaitu sawah irigasi (teknis, setengah teknis dan sederhana), sawah tadah hujan, dan sawah dataran tinggi. Hal ini perlu dipertimbangkan karena kondisi (I, j, k, dst) mempengaruhi emisi CH₄. Emisi untuk masing-masing sub-unit (ekosistem) disesuaikan dengan mengalikan faktor emisi *default* (tier-1) dengan berbagai faktor skala.

$$EF_i = (EF_c \times SF_w \times SF_p \times SF_o \times SF_{s,r}) \dots \dots \dots (10)$$

Dimana:

EF_i = Faktor emisi harian yang terkoreksi untuk luas panen tertentu, kg CH₄ per hari

EF_c = Faktor emisi *baseline* untuk padi sawah dengan irigasi terus –menerus dan tanpa pengembalian bahan organik

SF_w = Faktor skala yang menjelaskan perbedaan rejim air selama periode budidaya

- SF_p = Faktor skala yang menjelaskan perbedaan rejim air sebelum periode budidaya
 SF_o = Faktor skala yang menjelaskan jenis dan jumlah pengembalian bahan organik yang diterapkan pada periode budidaya padi sawah
 $SF_{s,r}$ = Faktor skala untuk jenis tanah, varietas padi sawah dan lain-lain, jika tersedia

Faktor koreksi untuk rejim air selama periode budidaya dan Faktor skala untuk jenis tanah disajikan pada Tabel 2.11 dan 2.12.

Tabel 2.11 Faktor Skala Berdasarkan Rejim Air

Kategori	Sub Kategori		SF (<i>IPCC guidelines</i> 1996)	SF Koreksi (berdasarkan riset terkini)
Dataran Tinggi	Tidak ada		0	
Dataran Rendah	Irigasi	Penggenangan terus menerus	1	1
		Penggenangan Intermitten	<i>Single Aeration</i>	0.5 (0.2-0.7)
			<i>Multiple Aeration</i>	0.2 (0.1-0.3)
	Tadah Hujan	Rawan Banjir		0.8 (0.5-1.0)
		Rawan Kekeringan		0.4 (0-0.5)
	Air Dalam	Kedalaman Air 50-100 cm		0.8 (0.6-1.0)
		Kedalaman air < 50 cm		0.6 (0.5-0.8)

Sumber: Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional, 2012

Tabel 2. 12 Faktor Koreksi untuk Jenis Tanah

No	Jenis Tanah	SF _j Jenis Tanah
1	Alfisols	1,93
2	Andisols	1,02
3	Entisols	1,02
4	Histosols	2,39
5	Inceptisols	1,12
6	Oksisols	0,29
7	Ultisols	0,29
8	Vertisols	1,06

Sumber: Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional, 2012

Faktor koreksi untuk rejim air sebelum periode budidaya dikeompakan dalam tiga kategori yang tidak tergenang <180 hari, tidak tergenang >180 hari, dan tergenang lebih dari 30 hari. Pada periode penggenangan kurang dari 30 hari, faktor koreksi rejim air sebelum budidaya tidak dipertimbangkan (Tabel 2.12).

Tabel 2. 13 Default faktor skala emisi CH₄ untuk rejim air sebelum periode penanaman

No	Rejim air sebelum penanaman	Agregat		Disagregat	
		Faktor skala (SF _p)	Kisaran bias	Faktor skala (SF _p)	Kisaran bias
1	Tidak tergenang sebelum penanaman (<180 hari)	1,22-1,07	1,40	1,0	0,88-1,14
2	Tidak tergenang sebelum penanaman (>180 hari)			0,68	0,58-0,80

No	Rejim air sebelum penanaman	Agregat		Disagregat	
		Faktor skala (SF _p)	Kisaran bias	Faktor skala (SF _p)	Kisaran bias
3	Tergenang sebelum penanaman (>30 hari)			1,90	1,65-2,18

Sumber: Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional, 2012

Faktor skala untuk penggunaan bahan organik dihitung berdasarkan jumlah bahan organik yang diberikan dalam periode budidaya dengan persamaan 11 sebagaimana berikut ini.

$$SF_O = (1 + ROA_i \cdot CFOA_i)^{0.59} \dots\dots\dots(11)$$

Dimana:

SF_O = Faktor skala untuk jenis bahan organik yang digunakan

ROA_i = Jumlah bahan organik yang digunakan, dalam berat kering atau berat segar, ton/ha

CFOA_i = Faktor konversi bahan organik

Faktor konversi untuk penggunaan berbagai jenis bahan organik dengan menggunakan *default* IPCC (2006) sebagaimana Tabel 2.13.

Tabel 2. 14Default Faktor Konversi Untuk Penggunaan Berbagai Jenis Bahan Organik

No	Bahan Organik	Faktor Konversi (CFOA)	Kisaran Bias
1	Jerami di tambahkan dalam jangka waktu pendek (< 30 hari) sebelum penanaman	1,0	0,97 - 1,04

No	Bahan Organik	Faktor Konversi (CFOA)	Kisaran Bias
2	Jerami ditambahkan dalam jangka waktu lama (> 30 hari) sebelum penanaman	0,29	0,20 - 0,40
3	Kompos	0,05	0,01 - 0,08
4	Pupuk kandang	0,14	0,07 - 0,20
5	Pupuk hijau	0,50	0,30 - 0,60

Sumber: Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi GRK Nasional, 2012

Penggunaan pupuk urea pada budidaya pertanian menyebabkan lepasnya CO₂ yang diikat selama proses pembuatan pupuk. Kategori sumber ini perlu dimasukkan karena pengambilan (fiksasi) CO₂ dari atmosfer selama pembuatan urea diperhitungkan di sektor Industri. Dalam menghitung jumlah pupuk tersebut digunakan beberapa asumsi agar jumlah pupuk urea yang dihitung sesuai dengan penerapan di lapangan. Untuk tanaman pangan caranya:

Jumlah Pupuk = Luas tanam x Dosis Anjuran

Perhitungan emisi CO₂ penggunaan pupuk urea sebagai berikut.

Emisi CO₂ = (M_{urea} x EF_{urea}).....(12)
dimana:

Emisi CO₂ = Emisi C tahunan dari aplikasi urea, ton CO₂ per tahun

M_{urea} = Jumlah pupuk urea yang diaplikasikan, ton per tahun

EF_{urea} = Faktor emisi, ton C per (Urea). *Default* IPCC (tier-1) untuk faktor emisi urea adalah 0,20 atau setara dengan kandungan karbon pada pupuk urea berdasarkan berat atom (20% dari CO(NH₂)₂)

Tabel 2. 15 Dosis anjuran pupuk urea beberapa komoditas pertanian

No	Jenis Tanaman	Dosis N (kg/ha)	Urea (kg/ha)
A	Tanaman Pangan		
1	Padi	113	250
2	Jagung	158	350
2	Kacang Tanah	25	56
3	Kacang Hijau	25	56
4	Ubikayu	68	150
5	Kedelai	25	56

Sumber: Pawitan *dkk*, 2009

Peningkatan N-tersedia dalam tanah meningkatkan proses nitrifikasi dan denitrifikasi yang memproduksi N_2O . peningkatan N-tersedia dapat terjadi melalui penambahan pupuk yang mengandung N atau perubahan penggunaan lahan dan atau praktek-praktek pengelolaan yang menyebabkan mineralisasi N organik tanah. Sumber-sumber N yang menyebabkan emisi langsung N_2O dari tanah yang dikelolai adalah sebagai berikut:

- Pupuk N sitetis (misalnya urea, ZA, NPK), F_{SN}
- N-organik yang digunakan sebagai pupuk (misalnya pupuk kandang, kompos, lumpur limbah, limbah), F_{ON}
- Urin dan kotoran mengandung N yang disimpan di padang rumput, padang penggembalaan atau tempat hewan merumput, F_{PRP}
- N dalam sisa tanaman (di atas tanah dan di bawah tanah), termasuk dari tanaman yang memfiksasi N dan dari pembaharuan hijauan atau padang rumput, F_{CR}
- Mineralisasi N yang berhubungan dengan hilangnya bahan organik tanah akibat perubahan penggunaan lahan atau pengelolaan tanah mineral, F_{SOM}
- Drainase atau pengelolaan tanah organik (histosol), F_{OS}

Persamaan untuk menduga emisi N_2O langsung dari tanah yang dikelola adalah sebagaimana berikut ini.

$$N_2O_{Direct} = N_2O-N_{N\ input} + N_2O-N_{OS} + N_2O-N_{PRP} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana:

$$N_2O-N_{N\ Input} = \{(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \times EF_1\} + \{(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \times EF_{1FR}\}$$

$$N_2O-N_{OS} = \{(F_{OS,CG,Temp} \times EF_{2CG,temp}) + (F_{OS,CG,Trop} \times EF_{2CG,Trop}) + (F_{OS,F,Temp,NR} \times E_{2F,temp,NR}) + (F_{OS,CG,Temp,NP} \times EF_{2CG,temp,NP}) + (F_{OS,F,Trop} \times EF_{2F,Trop})\}$$

$$N_2O-N_{PRP} = [(F_{PRP,CPP} \times EF_{3PRP,SO,CPP}) + (F_{PRP,SO} \times EF_{3PRP,SO})]$$

$$N_2O-Direct = \text{Emisi tahunan } N_2O \text{ langsung dari tanah yang dikelola, kg } N_2O-N \text{ per tahun}$$

$$N_2O-N_{N\ input} = \text{Emisi tahunan } N_2O \text{ langsung dari input N ke tanah yang dikelola, kg } N_2O-N \text{ per tahun}$$

$$N_2O-N_{OS} = \text{Emisi tahunan } N_2O \text{ langsung dari pengelolaan tanah organik, kg } N_2O-N \text{ per tahun}$$

$$N_2O-N_{PRP} = \text{Emisi tahunan } N_2O \text{ langsung dari input urin atau kotoran ternak ke padang rumput atau penggembalaan, kg } N_2O-N \text{ per tahun}$$

$$F_{SN} = \text{Jumlah tahunan pupuk sintetis N yang diaplikasikan ke tanah, kg N per tahun}$$

$$F_{ON} = \text{Jumlah tahunan dari pupuk kandang, kompos, urin, dan kotoran ternak serta N organik lainnya yang diaplikasikan ke tanah, kg N per tahun}$$

$$F_{CR} = \text{Jumlah tahunan dari sisa tanaman (diatas tanah dan dibawah tanah), termasuk tanaman yang memfiksasi N dan dari pembaharuan hijauan atau padang rumput, kg N per tahun}$$

F_{SOM}	= Jumlah tahunan dari N pada tanah yang dimineralisasi, yang berhubungan dengan hilangnya bahan organik tanah akibat perubahan penggunaan lahan atau pengelolaan tanah mineral, kg N per tahun
F_{PRP}	= Jumlah tahunan dari input urin dan kotoran N yang di deposit di padang rumput atau padang penggembalaan, kg N per tahun (CPP: sapi, ungags, dan babi, dan SO: domba dan ternak lainnya)
F_{OS}	= Luas dari tanah organik yang dikelola/didrainase, ha (CG, F, Temp, Trop, NR, dan NO adalah kependekan dari <i>Cropland</i> dan <i>grassland</i> , <i>forest land</i> , <i>temperate</i> , <i>tropical</i> , <i>tropical</i> , kaya hara (<i>nutrient rich</i>), dan miskin hara (<i>nutrient poor</i>))
EF_1	= Faktor emisi untuk emisi N_2O dari input N untuk lahan kering, kg $\text{N}_2\text{O-N}$ per (kg N <i>input</i>)
$EF_{1\text{FR}}$	= Faktor emisi untuk emisi N_2O dari input N untuk sawah irigasi, kg $\text{N}_2\text{O-N}$ per (kg N <i>input</i>)
$EF_{2\text{CG,F,Temp,Trop,R,P}}$	= Faktor emisi untuk emisi N_2O dari tanah organik yang dikelola/didrainase <i>input</i> N untuk sawah irigasi, kg $\text{N}_2\text{O-N}$ per (ha tahun);(CG,F,Temp,Trop,R dan P adalah kependekan dari <i>crop land</i> dan <i>grass land</i> , <i>forest land</i> , <i>temperate</i> , <i>tropical</i> , kaya hara (<i>nutrient rich</i>), dan miskin hara (<i>nutrient poor</i>))
$EF_{3\text{PRP}}$	= Faktor emisi untuk emisi N_2O dari urin dan kotoran N yang dideposit di padang rumput atau padang penggelembaan, kg $\text{N}_2\text{O-N}$ per (kg N <i>input</i>); (CPP: sapi,

unggas, dan babi, dan SO: domba, dan ternak lain)

Tabel 2. 16 Standar Faktor Emisi Untuk Memperkirakan Emisi Langsung N₂O Dari Tanah (Dengan Perlakuan)

No.	Perlakuan Terhadap Sumber Emisi	Faktor Emisi (Nilai Standar)	Kisaran Ketidakpastian
1.	EF ₁ untuk faktor emisi untuk emisi N ₂ O dari input N untuk lahan kering, kg N ₂ O-N per kg N input	0,01	0,003 – 0,03
2.	EF _{1FR} untuk faktor emisi untuk emisi N ₂ O dari input N untuk sawah irigasi, kg N ₂ O-N per kg <i>input</i>	0,003	0,000 – 0,006
3.	EF _{2CG,Trop} untuk tanaman organik dan tanah padang rumput di daerah tropis, kg N ₂ O-N per ha)	16	5 – 48
4.	EF _{2CG,Temp} untuk tanaman organik dan tanah padang rumput di daerah <i>temperate</i> , kg N ₂ O-N per ha)	8,0	2 - 24
5.	EF _{2F,Temp,Org,R} untuk tanah hutan yang kaya hara tanah di daerah <i>temperate</i> dan <i>boreal</i> , kg N ₂ O-N per ha	0,1	0,02 – 0,3
6.	EF _{2F,Trop} untuk tanah hutan organik di daerah tropis, kg N ₂ O-N per ha	8,0	0 – 24

No.	Perlakuan Terhadap Sumber Emisi	Faktor Emisi (Nilai Standar)	Kisaran Ketidakpastian
7.	EF _{3PRP} Untuk Ternak (susu, non-susu dan kerbau), unggas dan babi [kg N ₂ O-N (kg N)-1]	0,02	0,007 – 0,06
8.	EF _{3PRP,SO} Untuk domba dan binatang lain [kg N ₂ O-N (kg N)-1]	0,01	0,003 – 0,03

Sumber: Pedoman Inventarisasi Gas Rumah Kaca, IPCC, 2006

Sumber-sumber N dari emisi N₂O tidak langsung dari tanah yang dikelola adalah sebagai berikut:

- Pupuk N sintetis (misalnya Urea, ZA, NPK), F_{SN}
- N organik yang digunakan sebagai pupuk (misalnya pupuk kandang, kompos, lumpur limbah, limbah), F_{ON}
- Urin dan kotoran mengandung N yang disimpan padang rumput, padang penggembalaan atau tempat hewan merumput, F_{PRP}
- N dalam sisa tanaman (diatas tanah dan dibawah tanah), termasuk dari tanaman yang memfiksasi N dan dari pembaharuan hijauan atau padang rumput, F_{CR}
- Mineralisasi N yang berhubungan dengan hilangnya bahan organik tanah akibat perubahan penggunaan lahan atau pengelolaan tanah mineral, F_{SOM}

Persamaan untuk menduga emisi N₂O tidak langsung dari tanah yang dikelola adalah:

$$N_2O_{\text{indirect}} = (N_2O_{(ATD)}-N + N_2O_{(L)}-N) \dots \dots \dots (14)$$

Dimana:

N_2O_{indirect} = Emisi tahunan N₂O langsung dari tanah yang dikelola, *kg N₂O-N per tahun*

$N_2O_{(ATD)}-N$ = $[(F_{SN} \times \text{Frac}_{GASF}) + ((F_{ON} + F_{PRP}) \times \text{Frac}_{GASM})] \times EF_4$

$N_2O_{(L)}-N$	$= (F_{SN} + F_{ON} + F_{PRP} + F_{CR} + F_{SOM}) \times \text{Frac}_{\text{LEACH-(H)}} \times EF_5$
$N_2O_{(ATD)}-N$	= Jumlah tahunan N_2O-N yang dihasilkan volatilisasi N ke atmosfer dari tanah yang dikelola, <i>kg N_2O per tahun</i>
F_{SN}	= Jumlah tahunan pupuk N sintetis yang diberikan ke tanah, <i>kg N per tahun</i>
$\text{Frac}_{\text{GASF}}$	= Fraksi pupuk N sintetis yang bervolatilisasi sebagai NH_3 dan NO_x , <i>kg N tervolatilisasi per kg N yang digunakan</i>
F_{ON}	= Jumlah tahunan pupuk kandang, kompos, urin, kotoran dan bahan organik lain yang diaplikasikan ke tanah, <i>kg N per tahun</i>
F_{PRP}	= Jumlah tahunan urin dan kotoran ternak yang dideposit di padang rumput atau padang penggembalaan, <i>kg N per tahun</i>
$\text{Frac}_{\text{GASM}}$	= Fraksi pupuk organik N (F_{ON}) dan urin, kotoran ternak yang dideposit ternak (F_{PRP}) yang tervolatilisasi sebagai NH_3 dan NO_x , <i>kg N tervolatilisasi per kg N yang diaplikasikan atau dideposit</i>
EF_4	= Faktor emisi N_2O dari deposit N pada tanah dan permukaan air, [<i>kg N-N_2O per (kg $NH_3-N + NO_x-N$ volatilized)</i>]
F_{CR}	= Jumlah tahunan dari sisa tanaman (diatas tanah dan dibawah tanah), termasuk tanaman yang memfiksasi N dan dari pembaharuan hijauan atau padang rumput, <i>kg N per tahun</i>
F_{SOM}	= Jumlah tahunan dari N pada tanah yang dimineralisasi, yang berhubungan dengan hilangnya bahan organik tanah akibat perubahan penggunaan lahan atau

$\text{Frac}_{\text{LEACH-(H)}}$ = pengelolaan tanah mineral, *kg N per tahun*
 = Fraksi dari semua N yang ditambahkan/dimineralisasi pada tanah yang dikelola di wilayah yang mengalami pencucian/aliran permukaan yang melalui pencucian dan aliran permukaan, *kg N per tahun*
 EF_5 = Faktor emisi untuk emisi N_2O dari deposit N di Atmosfer akibat pencucian dan aliran permukaan N, *KG $\text{N}_2\text{O-N}$*

Faktor-faktor emisi menduga emisi N_2O tidak langsung dari tanah yang dikelola dapat menggunakan *default* Faktor emisi IPCC (2006) seperti pada Tabel 2.17.

Tabel 2. 17 Default Emisi, Faktor Volatisasi dan pencucian untuk emisi N₂O Tidak Langsung dari Tanah

No	Faktor	Nilai	Kisaran
1	EF ₄ [volatisasi dan redeposit N], kg N ₂ O-N per kg NH ₃ -N + NO _x -N tervolatisasi	0,01	0,002 – 0,05
2	EF ₄ [volatisasi dan redeposit N], kg N ₂ O-N per kg NH ₃ -N + NO _x -N tervolatisasi	0,0075	0,0005 – 0,025
3	Frac _{GASF} [volatisasi dari pupuk sintetis], kg NH ₃ -N + NO _x -N per kg N yang digunakan	0,1	0,03 – 0,3
4	Frac _{GASM} [Volatisasi dari semua pupuk N organik, urin dan kotoran yang dideposit ternak], kg NH ₃ -N + NO _x -N per kg N yang digunakan atau dideposit	0,2	0,05 – 0,5
5	Frac _{LEACH-(H)} [N yang hilang karena pencucian/aliran permukaan untuk daerah dengan Σ(CH pada musim hujan) - Σ (evapotranspirasi potensial pada periode yang sama) > kapasitas tanah memegang air, OR dengan menggunakan irigasi (kecuali irigasi tetes)], kg N per N yang ditambahkan atau dideposit oleh ternak	0,3	0,1 – 0,8

Sumber: Pedoman Inventarisasi Gas Rumah Kaca, IPCC, 2006

- **Bidang Peternakan**

Metana (CH₄) dihasilkan oleh hewan memamah biak (herbivora) sebagai hasil samping dari fermentasi enterik, suatu proses dimana karbohidrat dipecah menjadi molekul sederhana oleh mikroorganisme untuk diserap ke dalam aliran darah. Ternak ruminansia (misalnya; sapi, domba, dan lain-lain) menghasilkan metana lebih tinggi daripada ternak non ruminansia (misalnya; babi, kuda). Selain itu, emisi metana

juga dihasilkan dari sistem pengelolaan kotoran ternak disamping gas dinitro oksida (N_2O).estimasi emisi metana dari peternakan dihitung dengan menggunakan IPCC 2006.Metode perhitungan untuk tier-1 adalah populasi ternak dan faktor emisi fermentasi enterik untuk berbagai jenis ternak.Berikut persamaan populasi ketiga jenis ternak yang diasumsikan sebagai *animal unit* (AU).

$$N_{(T)in \text{ animal unit}} = N_{(x)} * K_{(T)} \dots \dots \dots (15)$$

Dimana:

$N_{(T)}$ = Jumlah ternak dalam *Animal Unit*

$N_{(x)}$ = Jumlah ternak dalam ekor

$K_{(T)}$ = Faktor koreksi (sapi pedaging = 0.72, sapi perah = 0.75, kerbau = 0.72)

T = Jenis/kategori ternak (sapi pedaging, sapi perah dan kerbau)

Emisi metana dari fermentasi enterik dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Emissions = EF_{(T)} * N_{(T)} * 10^{-6} \dots \dots \dots (16)$$

Dimana:

Emissions = Emisi metana dari fermentasi enterik, Gg CH_4 yr⁻¹

$EF_{(T)}$ = Faktor emisi populasi jenis ternak tertentu, kg CH_4 head-1 yr-1

$N_{(T)}$ = Jumlah populasi jenis/kategori ternak tertentu, *animal unit*

T = Jenis/kategori ternak

Tabel 2.18 Faktor Emisi Metana Pengelolaan Kotoran Ternak

No.	Produk	Faktor Emisi CH_4	Satuan
1.	Hewan Ternak (Fermentasi Pencernaan)		
	Sapi Perah	61	Kg/ekor/tahun
	Sapi Potong	47	Kg/ekor/tahun
	Kerbau	55	Kg/ekor/tahun
	Kuda	18	Kg/ekor/tahun
	Kambing	5	Kg/ekor/tahun

No.	Produk	Faktor Emisi CH ₄	Satuan
	Domba	5	Kg/ekor/tahun
	Babi	1	Kg/ekor/tahun
2.	Hewan ternak (Pupuk Kandang)		
	Sapi Perah	31	Kg/ekor/tahun
	Sapi Potong	1	Kg/ekor/tahun
	Kerbau	2	Kg/ekor/tahun
	Kuda	2.19	Kg/ekor/tahun
	Kambing	0.2	Kg/ekor/tahun
	Domba	0.22	Kg/ekor/tahun
	Babi	7	Kg/ekor/tahun
3.	Hewan Unggas (Pupuk Kandang)		
	Ayam Pedaging	0.02	Kg/ekor/tahun
	Ayam Petelur	0.03	Kg/ekor/tahun
	Itik	0.03	Kg/ekor/tahun

Sumber: Pedoman Inventarisasi Gas Rumah Kaca, IPCC, 2006

Estimasi emisi metana dari pengelolaan kotoran ternak dilakukan dengan menggunakan persamaan dari IPCC (2006), sebagai berikut.

$$CH_{4\text{manure}} = \sum_T \frac{EF_T \cdot N_T}{10^6} \dots\dots\dots(17)$$

Dimana:

$CH_{4\text{manure}}$ = Emisi metana dari pengelolaan kotoran ternak, Gg
 $CH_4 \text{ yr}^{-1}$ =

$EF_{(T)}$ = Faktor emisi populasi jenis ternak tertentu, kg CH_4
head-1 yr-1

$N_{(T)}$ = Jumlah populasi jenis/kategori ternak tertentu,
animal unit

T = Jenis/kategori ternak

- **Bidang Pemukiman**

Emisi GRK berasal dari kegiatan manusia, terutama yang berhubungan dengan penggunaan bahan bakar fosil (seperti minyak bumi, batu bara dan gas alam). Emisi yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil menyumbang 2/3 dari total

emisi yang dikeluarkan ke udara. Sedangkan 1/3 lainnya dihasilkan kegiatan manusia dari sektor kehutanan, pertanian dan sampah (Stern, 2006). Menurut penelitian Amiruddin (2009) seseorang lebih suka menggunakan LPG daripada minyak tanah dengan alasan utama yaitu cepat, hemat, praktis dan bersih. Estimasi perhitungan pada bidang pemukiman difokuskan pada aktivitas penggunaan bahan bakar LPG. Metode perhitungan menggunakan IPCC tahun 2006. Berikut persamaan perhitungan emisi CO₂.

$$\text{Emisi CO}_2 = a \times \text{EF}_{\text{CO}_2} \times \text{NCV} \dots \dots \dots (18)$$

dimana:

Emisi CO₂ = total emisi CO₂ (kg CO₂)

a = Konsumsi LPG (kg)

EF_{CO₂} = Faktor emisi LPG

NCV = *Net calorific volume*

Tabel 2.19 Karakteristik Bahan bakar LPG

Bahan Bakar	Faktor Emisi (kg CO ₂ /TJ)	NCV (TJ/kg)
LPG	63.100	47.3 x 10 ⁻⁶

Sumber: Pedoman Inventarisasi Gas Rumah Kaca, IPCC, 2006

2.2.4 Pengendalian Pemanasan Global

Konsumsi total bahan bakar fosil di dunia meningkat 1% pertahun. Langkah-langkah yang dilakukan atau yang sedang di diskusikan saat ini tidak ada yang dapat mencegah pemanasan global di masa depan. Tantangan yang ada saat ini adalah mengatasi efek yang timbul sambil melakukan langkah-langkah untuk mencegah semakin berubahnya iklim di masa depan.

Kerusakan yang parah dapat diatasi dengan berbagai cara. Daerah pantai dapat dilindungi dengan dinding dan penghalang untuk mencegah masuknya air laut. Cara lainnya, pemerintah dapat membantu populasi di pantai untuk pindah ke daerah yang lebih tinggi. Beberapa negara, seperti Amerika Serikat dapat menyelamatkan tumbuhan dan hewan dengan tetap menjaga koridor (jalur) habitatnya, mengosongkan tanah yang belum

dibangun dari selatan ke utara. Spesies-spesies dapat secara perlahan-lahan berpindah sepanjang koridor ini untuk menuju ke habitat yang lebih dingin.

Ada dua pendekatan utama untuk memperlambat semakin bertambahnya GRK. Pertama, mencegah terlepasnya CO_2 ke atmosfer dengan menyimpan gas tersebut atau komponen karbonnya ke tempat lain. Cara ini disebut *carbon sequestration* (penangkapan dan penyimpanan karbon). Kedua, mengurangi produksi gas rumah kaca (IPCC, 2007).

a. Menangkap Karbon

Cara paling mudah untuk menangkap CO_2 di udara dengan memelihara pepohonan dan menanam lebih banyak lagi. Pohon, terutama yang muda dan cepat pertumbuhannya, menyerap karbon dioksida yang sangat banyak, memecahnya melalui fotosintesis dan menyimpan karbon dalam batangnya. Di seluruh dunia, tingkat penambahan hutan telah mencapai level yang mengkhawatirkan. Di banyak area, tanaman yang tumbuh kembali sedikit sekali karena tanah kehilangan kesuburannya ketika diubah untuk kegiatan yang lain, seperti untuk lahan pertanian atau pembangunan rumah tinggal. Langkah untuk mengatasi hal ini adalah dengan penghutanan kembali yang berperan dalam mengurangi semakin bertambahnya GRK.

Gas CO_2 dapat dihilangkan secara langsung. Caranya dengan menyuntikan (injeksi) gas tersebut ke sumur-sumur minyak untuk mendorong agar minyak bumi keluar ke permukaan (lihat *enhanced oil*). Teknik ini bisa dilakukan untuk mengisolasi gas dibawah tanah seperti dalam sumur minyak, lapisan batubara, atau *aquifer*. Hal ini telah dilakukan di salah satu anjungan pengeboran lepas pantai di pantai Norwegia, dimana CO_2 yang terbawa ke permukaan bersama gas alam ditangkap dan diinjeksikan kembali ke *aquifer* sehingga tidak dapat kembali ke permukaan.

Salah satu sumber penyumbang CO₂ adalah pembakaran bahan bakar fosil. Penggunaan bahan bakar fosil mulai meningkat pesat sejak revolusi industri pada abad ke-18. Pada saat itu, batu bara menjadi sumber energi dominan untuk kemudian digantikan oleh minyak bumi pada pertengahan abad ke-19. Pada abad ke-20, energi gas mulai biasa digunakan di dunia sebagai sumber energi. Perubahan tren penggunaan bahan bakar fosil ini sebenarnya secara tidak langsung mengurangi jumlah CO₂ yang terlepas ke atmosfer, karena gas melepaskan CO₂ lebih sedikit dibanding bahan bakar fosil apalagi batu bara. Walaupun demikian, penggunaan energi terbarukan dan energi nuklir lebih mengurangi pelepasan CO₂ ke atmosfer. Energi nuklir walaupun kontroversial karena alasan keselamatan dan limbahnya yang berbahaya tetapi tidak melepas gas CO₂ sama sekali.

b. Persetujuan Internasional

Pembahasan hukum lingkungan internasional tidak dapat dipilah secara tegas dengan pembahasan hukum lingkungan nasional. Hal ini karena hal-hal yang diatur dalam hukum lingkungan internasional harus ditindaklanjuti di tingkat nasional sehingga bukti implementasinya hanya bisa dilihat di tataran nasional. Beberapa perjanjian internasional di bidang lingkungan telah diratifikasi pemerintah Republik Indonesia. Di antaranya:

1. Protokol Montreal

Merupakan kelanjutan konvensi Wina tentang Perubahan Iklim. Protokol Montreal ini mengatur kesepakatan antarnegara yang meratifikasi untuk mengurangi ecar bertahap penggunaan CFC sampai menjelang tahun 2000. Tujuan protokol ini adalah untuk melindungi kesehatan manusia dan lingkungan dari dampak negatif kegiatan manusia yang merusak lapisan ozon.

2. Protokol Kyoto

Protokol Kyoto mengatur kerangka kerja tentang konvensi perubahan iklim, protokol ini dilengkapi dengan dua Annex, yaitu Annex A dan Annex B. Annex A mengenai gas-gas rumah kaca yang terdiri dari atas: CO₂, CH₄, N₂O, PFC, dan FC₆. Annex B mengenai kategori energi, industri energi, industri manufaktur. Annex ini merupakan perhitungan pembatasan atau reduksi gas-gas rumah kacayang menjadi komitmen para pihak.

3. Konvensi Basel

Lengkapnya adalah: Convention on thr Control of Transboundary Movements on Hazardous Waste and their Disposal. Konvensi ini mengatur tentang pengawasan perpindahan lalu lintas batsa limbah B3 dan pembuangannya/penyimpanannya. Konvensi ini melarang ekspor limbah beracun ke negara yang tidak mampu mengelola secara berwawasanlingkungan. Indonesia telah meratifikasi konvensi basel melalui Keputusan Presiden Nomor 5 tahun 1993.

4. Deklarasi Rio

Kesepakatan tidak mengikat (*nonlegally binding*) yang dihasilkan dalam KTT Rio 1992 memuat Pinsip-Prinsip Dasar Pengelolaan Lingkungan Hidup dalam Kerangka Pembangunan Berkelanjutan. Prinsip- prinsip Deklarasi Rio meliputi hal-hal sebagai berikut:

- a. Hal-hal untuk mencapai pembangunan berkelanjutan perlindungan lingkungan harus menjadi bagian integral dari proses pembangunan dan tidak terpisah dari proses tersebut.
- b. Isu-isu lingkungan harus ditangani dengan partisipasi dari rakyat dalam tiap langkahnya.
- c. Negara harus memfasilitasi dan mendorong kesadaan masyarakat dan partisipasi mereka dengan menyediakan informasi secara luas.

5. Konvensi Keragaman Hayati

Konvensi ini mengatur perlindungan keragaman hayati. Setiap negara mempunyai hak berdaulat untuk memanfaatkan sumber daya hayatinya sesuai dengan kebijakan lingkungannya. Konvensi ini bertujuan mengatur pemanfaatan komponen-komponennya secara berkelanjutan dan membagi keuntungan yang dihasilkan dari pemanfaatan sumber daya genetik secara adil dan merata. Indonesia meratifikasi Undang-Undang nomor 5 tahun 1992 tentang Pengesahan Konvensi Keragaman Hayati tanggal 1 Agustus 1994.

6. Konvensi tentang Perubahan Iklim

Konvensi tentang perubahan Iklim diadopsi melalui KTT Rio 1992. Konvensi ini bertujuan untuk mencapai kestabilan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer pada tingkat yang dapat mencegah kondisi yang membahayakan sistem iklim dalam jangka waktu cukup agar ekosistem dapat menyesuaikan diri dengan perubahan iklim. Indonesia meratifikasi Undang-Undang Nomor 6 tahun 1994 tentang Konvensi PBB mengenai Perubahan Iklim tanggal 23 Agustus 1994.

7. Agenda 21

Agenda 21 merupakan dokumen yang dihasilkan pada saat KTT Rio, bersifat sangat penting karena sifatnya yang komprehensif. Agenda ini memuat program dan strategi rinci untuk mendorong pembangunan berkelanjutan di seluruh negara di dunia, agenda ini bersifat *Non-legally Binding*. Untuk menajaga penerapan Agenda-21 UNCED membentuk Commission for Sustainable Development (CSD).

Dari uraian di atas, maka sudah tampak jelas bahwa terdapat kesesuaian antara norma “berwawasan lingkungan” dengan perubahan iklim. Segala strategi dan kebijakan yang berkaitan dengan lingkungan secara khusus ketika aktor-aktor negara ingin melaksanakan aktivitas perekonomian.

Secara teoritis dan praktis, penilaian sumber daya alam dengan berdasarkan biaya moneter dari kegiatan ekstraksi dan distribusi sumber daya semata sering telah mengakibatkan kurangnya insentif bagi penggunaan sumber daya yang sustainable (berkelanjutan). Ada dua kepentingan yang saling dibutuhkan suatu bangsa saat ini yakni kepentingan pembangunan dan pelestarian lingkungan. Kuatnya saling interaksi dan ketergantungan dua faktor itu maka diperlukan pendekatan yang cocok bagi kepentingan pembangunan berkelanjutan atau pembangunan berwawasan lingkungan (sustainable development).

Selanjutnya dengan kegiatan konsumsi yang berlebihan terhadap sumber daya untuk kegiatan produksi mengakibatkan terjadinya degradasi lingkungan yang menjadi beban dan biaya lingkungan masyarakat. Untuk mendukung penggunaan sumber daya yang sustainable maka biaya lingkungan akibat degradasi itu harus diintegrasikan dalam seluruh aspek kegiatan ekonomi yang tidak hanya pada pola konsumsi dan perdagangan tetapi juga sumber daya seperti laut, air segar, dan hutan-hutan, dan sumber daya alam lainnya.

2.3 Kebijakan Pengendalian Gas Rumah Kaca di Indonesia

Indonesia tidak memiliki kewajiban untuk menurunkan emisi gas rumah kaca, namun Indonesia sangat berkepentingan untuk berperan aktif dalam upaya global untuk menghambat laju penurunan kondisi biosfer karena perubahan iklim. Indonesia meratifikasi konvensi kerangka PBB mengenai perubahan iklim lewat UU No. 6 tahun 1994. Sepuluh tahun kemudian Indonesia meratifikasi Protokol Kyoto lewat UU No. 17 tahun 2004. Komitmen tersebut saat ini membutuhkan usaha dan tindakan nyata yang menyeluruh, mencakup seluruh sektor sumber penghasil emisi gas rumah kaca. Komitmen tersebut harus pula secara serentak diterapkan dengan usaha pemenuhan syarat kualitas hidup rakyat dan kualitas lingkungan hidup, dan

tercermin dalam pengelolaan sektor-sektor produksi dan prioritas konsumsi energi untuk tindakan mitigasi dan adaptasi.

Pemerintah Indonesia telah menghasilkan beberapa peraturan dari kebijakan mengenai adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Beberapa dokumen utama antara lain:

a. Rencana Aksi Nasional Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN - GRK)

Peraturan ini berisi dokumen perencanaan jangka panjang yang mengatur usaha-usaha pengurangan gas rumah kaca yang terkait dengan substansi rencana pembangunan jangka panjang (RPJP) dan rencana pembangunan jangka menengah (RPJM). RAN – GRK merupakan acuan utama bagi actor pembangunan di tingkat nasional, provinsi, dan kabupaten/kota dalam perencanaan, implementasi, monitor, dan evaluasi pengurangan emisi gas rumah kaca. Proses legalisasi RAN GRK dibuat melalui peraturan presiden.

b. Rencana Aksi Daerah Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca (RAD – GRK).

Setelah RAN GRK dibuat, maka selanjutnya disusun ke tingkat provinsi disebut RAD – GRK. Isi pokok dari dokumen ini adalah sebagai dasar bagi setiap provinsi dalam mengembangkan RAD GRK sesuai dengan kemampuan serta keterkaitannya terhadap kebijakan pembangunan masing-masing provinsi. Lebih lanjut lagi, setiap provinsi menghitung besar emisi gas rumah kaca yang dihasilkan, target pengurangan, dan jenis sektor emisi yang dikurangi.

2.3.1 Rencana Aksi Nasional Dalam Menghadapi Perubahan Iklim

Indonesia sudah melakukan beberapa strategi nasional (*National Strategy Studies*) untuk sektor energi dan kehutanan. Disamping itu program-program potensial untuk menurunkan emisi baik dari sektor migas, kehutanan, transportasi, limbah padat, pemanfaatan energi baru dan terbarukan juga sudah diidentifikasi melalui kajian yang cukup komprehensif.

Berikut merupakan perencanaan aksi dalam rencana aksi nasional dalam mengatasi perubahan iklim terkait gas rumah kaca:

a. Transportasi

- Inventarisasi GRK dan penurunannya
- Pemberian insentif dan keringanan fiskal untuk teknologi rendah emisi GRK melalui pajak kendaraan bermotor
- Penggunaan energi alternatif terbarukan, terutama untuk kendaraan umum perkotaan, misalnya penggunaan gas alam
- Memperbanyak fasilitas pendukung penggunaan bahan bakar nabati
- Pembangunan fasilitas pejalan kaki dan sepeda
- Peremajaan angkutan umum, erencanaan sitem transportasi massal yang rendah emisi GRK dan reformasi sistem transit (*bus rapid transport*)
- Pengembangan sarana transportasi rendah emisi GRK, seperti KRL
- Manajemen parkir

b. Industri

- Inventarisasi GRK dan penurunannya
- Melaksanakan audit energi dan penerapan manajemen energi
- Penerapan teknologi bersih dan prinsip 5R (termasuk untuk usaha kecil menengah)
- Pemberian insentif dan keringanan fiskal untuk teknologi rendah emisi GRK (termasuk untuk usaha kecil menengah)
- Penggunaan sumber energi yang rendah emisi, seperti gas alam (termasuk untuk usaha kecil menengah)
- Penggunaan energi alternatif terbarukan
- Penerapan *waste to energi*

- Peningkatan proyek CDM (*Clean Development Mechanism*)
- Industri baru harus di kawasan industri
- Pencegahan dan pengendalian pencemaran melalui penerapan sistem manajemen pencegahan dan pengendalian pencemaran
- Penghapusan bahan perusak ozon (BPO) dan implementasinya di industri *refrigerant, foam, chiller*, dan pemadam api.

c. Pertanian

- Meningkatkan pemanfaatan peta wilayah pertanian rawan kering
- Mengembangkan sistem deteksi dini kekeringan
- Melakukan usaha tani hemat air
- Pemanfaatan pupuk organik dan bio-pestisida dalam budidaya tanaman untuk mencegah laju peningkatan emisi GRK melalui penggunaan alat pengolah pupuk organik
- Meningkatkan potensi sumber daya air alternatif
- Menerapkan *Good Agricultural Practices* (GAP)
- Melakukan percepatan tanam dengan teknologi tepat guna
- Melakukan rehabilitasi dan peningkatan jaringan irigasi
- Mengoptimalkan sistem gilir-giring dalam distribusi air sungai
- Melakukan perencanaan yang detail tentang kebijakan pengembangan pertanian

2.3.2 Rencana Aksi Daerah Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca

Peyusunan RAD GRK akan mengacu pada proses dan substansi sektoral yang terdapat dalam dokumen RAN GRK (*top-down approach*), selain juga akan mempertimbangkan karakteristik dan potensi emisi daerah, kewenangan administrasi

dan sektoral daerah serta prioritas pembangunan daerah (*bottom-up*).

Berikut kebijakan yang tertuang dalam RAD GRK:

- a. Kebijakan sektor industri
 - Melakukan efisiensi energi dengan menggunakan teknologi mesin yang lebih efisien
 - Menggunakan bahan bakar alternatif
 - Melakukan efisiensi dalam proses produksi
- b. Kebijakan sektor energi dan transportasi
 - Penetapan standar emisi untuk kendaraan baru dan lama
 - Mempersiapkan regulasi dan dokumen lebih detail untuk mitigasi emisi yang sesuai dengan strategi *avoid/reduce-shift-improve*.
- c. Kebijakan sektor pertanian
 - Meningkatkan pemahaman petani dan pihak terkait dalam mengantisipasi perubahan iklim
 - Meningkatkan kemampuan sektor pertanian untuk beradaptasi dengan perubahan iklim, termasuk didalamnya membangun sistem asuransi perubahan iklim
 - Merakit dan menerapkan teknologi tepat guna dalam mitigasi emisi GRK
 - Meningkatkan kinerja penelitian dan pengembangan di bidang adaptasi dan mitigasi perubahan iklim

2.4 Penataan Ruang

2.4.1 Pengertian

Yang dimaksud tentang rencana tata ruang dalam Peraturan Pemerintah RI yang tertuang dalam Undang-Undang Nomor 26 tahun 2007 tentang pelaksanaan hak dan kewajiban serta bentuk dan tata cara peran serta masyarakat dalam penataan ruang meliputi:

- a. Ruang adalah wadah yang meliputi ruang darat, ruang laut, dan ruang udara, termasuk ruang di dalam bumi sebagai kesatuan wilayah tempat manusia dan makhluk lain hidup

- melakukan kegiatan dan memelihara kelangsungan hidupnya.
- b. Tata ruang adalah wujud struktur ruang dan pola ruang.
 - c. Struktur ruang adalah susunan pusat-pusat pemukiman dan sistem jaringan prasarana dan sarana yang berfungsi sebagai pendukung kegiatan sosial ekonomi masyarakat yang secara hirarkis memiliki hubungan fungsional.
 - d. Pola ruang adalah distribusi peruntukan ruang dalam suatu wilayah yang meliputi peruntukan ruang untuk fungsi lindung dan peruntukan ruang untuk fungsi budi daya.
 - e. Penataan ruang adalah suatu sistem perencanaan tata ruang, pemanfaatan ruang dan pengendalian ruang.
 - f. Wilayah adalah ruang yang merupakan kesatuan geografis beserta segenap unsur terkait yang batas dan sistemnya ditentukan berdasarkan aspek administratif dan/atau aspek fungsional

2.4.2 Lingkungan Sebagai Aspek dalam Penataan Ruang

Undang-undang No. 26 tahun 2007 tentang penataan ruang menyatakan secara tegas bahwa pada dasarnya penyelenggaraan penataan ruang adalah bertujuan untuk mewujudkan 3 hal, yakni keharmonisan antar lingkungan alam dan buatan, keterpaduan dalam penggunaan sumber daya alam dan sumber daya buatan dengan memperhatikan sumber daya manusia, dan perlindungan fungsi ruang dan pencegahan dampak negatif terhadap lingkungan akibat pemanfaatan ruang.

Ketiga aspek tersebut kemudian diatur dalam arahan pengendalian pemanfaatan ruang yang meliputi serangkaian jenis sanksi atas pelanggaran aspek penataan ruang yang tidak berwawasan lingkungan dan mekanisme insentif-disentif sebagai *push and pullfactor* dalam membangun dengan tetap memperhatikan lingkungan. Namun masalahnya dengan kurangnya fungsi produk rencana tata ruang secara efektif, mengakibatkan banyak kegiatan pembangunan kota yang tidak mengacu pada arahan perencanaan penataan ruang yang sudah ada. Selain itu walau arahnya sudah ditegaskan, namun

pelindungan terhadap fungsi ruang terbukti masih belum dapat mencegah dampak negative dari pembangunan terhadap daya dukung lingkungan.

Masalah ini sebenarnya ditimbulkan dari kurangnya integrasi antara satu produk perundang-undangan dengan lainnya sebagai payung hukum yang membawahi produk-produk perencanaan penataan ruang, sehingga terkesan berjalan sendiri-sendiri. Undang-undang penataan ruang yang baru (Nomor 26 tahun 2007) tidak memuat penjelasan mengenai pengaturan daya dukung lingkungan, sebaliknya Undang-undang Nomor 32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup tidak memberikan batasan aturan ruang, sehingga undang-undang tersebut terkesan tidak fleksibel kepada situasi dan kondisi terkait pengaturan ruang-ruang tertentu. Padahal dengan saling memperkuatnya satu produk perundang-undangan dengan lainnya dapat mengurangi ancaman kerusakan lingkungan hidup terutama pada kawasan-kawasan yang secara tata ruang pengaturannya secara ketat diawasi dan dilindungi.

Pembangunan lingkungan hidup dan penataan ruang merupakan upaya pengelolaan dan pendayagunaan sumber alam melalui pembangunan yang terencana, nasional, optimal, bertanggung jawab serta sesuai dengan potensi dan kemampuan daya dukungnya. Keduanya diselenggarakan dalam rangka meningkatkan penataan dan pelestarian fungsi lingkungan hidup sesuai daya dukung, potensi dan keseimbangan pemanfaatan sumber daya alam serta pengendalian yang handal dan konsisten terhadap pemanfaatan ruang dan sumber daya alam. Dengan demikian pembangunan pada kawasan perkotaan dapat diselenggarakan secara berkelanjutan, tertib, efisien, dan efektif.

Pembangunan lingkungan hidup sendiri berdasarkan petunjuk dari Undang-undang Nomor 32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, diarahkan pada terwujudnya kelestarian fungsi lingkungan hidup dalam keseimbangan dan keserasian yang dinamis dengan perkembangan kependudukan dan upaya pembangunan nasional

untuk menjamin pembangunan yang berkelanjutan. Hal yang sama juga selaras dengan tujuan pembangunan penataan ruang yang berupaya menjamin pembangunan kawasan yang berkelanjutan.

2.4.3 Integrasi Prinsip Lingkungan Hidup dalam Penataan Ruang

Leitman dalam *Sustaining Cities* mengungkapkan bahwa terdapat dua cara untuk mengintegrasikan permasalahan lingkungan kedalam suatu kerangka perencanaan dan manajemen kota, yaitu menggunakan metode *reactive approach* dan *strategic approach*. Pendekatan *reactive* termasuk didalamnya adalah perencanaan pasca bencana dan *project-specific environmental impact assessments*. Sedangkan pendekatan strategik lebih ditekankan untuk proaktif dan melibatkan pengembangan dan implementasi rencana kerja lingkungan lokal/*local environmental action plan* (LEAP).

Sebagai produk perencanaan, rencana tata ruang wilayah perkotaan didesain melalui pendekatan yang bersifat strategis, dalam arti arahan-arahannya telah mengatur perencanaan, penataan, dan pengendalian pembangunan kawasan perkotaan sehingga dengan mengikuti arahan-arahan tersebut, kerusakan lingkungan dapat dihindari. Walau ada juga produk perencanaan yang bersifat pengendalian dampak terhadap kerusakan lingkungan yang sudah terjadi atau rencana rehabilitasi bagi kawasan yang rusak secara lingkungan hidup.

Pilar utama pembangunan kawasan adalah aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan. Karena itu suatu keberhasilan pembangunan kawasan selain dicirikan oleh peningkatan pertumbuhan dan pemerataan kesejahteraan juga ditandai dengan adanya jaminan atas berkelanjutan pembangunan kawasan tersebut. Untuk konteks Indonesia, pembangunan berkelanjutan telah diterapkan sebagai landasan operasional pembangunan, sebagaimana tercantum dalam RPJP dan RPJM nasional. Setiap proses perencanaan sampai dengan pelaksanaan pembangunan diharuskan mengandung pelestarian lingkungan hidup. Perhatian

terhadap pelestarian lingkungan hidup idealnya sudah muncul dan ditempatkan sejak proses awal perumusan strategi hingga pelaksanaan pembangunan. Konsekuensi dari tuntutan ini adalah hadirnya instrument pengkajian terhadap lingkungan hidup pada tataran strategis setara dengan strategi pembangunan itu sendiri. menjawab tuntutan diatas sejak tahun 1990-an di dunia internasional telah berkembang kajian lingkungan hidup strategis (KLHS) atau *strategic environmental assessment* (SEA). Konsep KLHS sebenarnya merupakan penyempurnaan dari analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL) sebagai instrumen lingkungan hidup yang sudah ada sebelumnya. Namun jika kajian AMDAL hanya hadir pada tingkat proyek, maka KLHS ada pada kebijakan, rencana, dan atau program (KRP) pembangunan.

Dasar hukum dari kajian lingkungan hidup strategis tertuang dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 27 tahun 2009 mengenai kajian lingkungan hidup strategis. Dalam peraturan ini diamanatkan bahwa pada tingkat rencana dan program secara berturut-turut dapat diaplikasikan KLHS yang berbasis kewilyahan atau regional, terutama pada produk rencana tata ruang wilayah. Perbedaan ini membawa implikasi mendasar pada perbedaan peran dan fungsi AMDAL dan KLHS.

Sebagaimana dicantumkan dalam Undang-undang No. 32 tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup pasal 15 ayat 1 menegaskan bahwa “Pemerintah dan pemerintah daerah wajib membuat KLHS untuk memastikan bahwa prinsip pembangunan berkelanjutan telah menjadi dasar dan terintegrasi dalam pembangunan suatu wilayah dan/atau kebijakan, rencana, dan/atau program”

Dalam tataran penataan ruang, aspek lingkungan hidup dapat diintegrasikan sebagai sebuah bentuk strategik dalam menuntun, mengarahkan dan menjamin tidak terjadinya efek negatif terhadap lingkungan dan berkelanjutan dipertimbangkan secara inheren dalam kebijakan, rencana, dan program. Oleh karena tidak ada mekanisme baku dalam siklus dan bentuk pengambilan keputusan dalam perencanaan tata ruang, maka

manfaat aspek lingkungan hidup bersifat khusus bagi masing-masing hirarki rencana tata ruang wilayah. Aspek lingkungan hidup dapat menentukan substansi RTRW, bisa memperkaya proses penyusunan dan evaluasi keputusan, bisa dimanfaatkan sebagai instrument metodologis pelengkap (komplementer) atau tambahan (suplementer) dari penjabaran RTRW, atau kombinasi beberapa atau semua fungsi-fungsi diatas.

Penerapan standar baku mutu lingkungan hidup dalam penataan ruang juga bermanfaat untuk meningkatkan efektifitas pelaksanaan AMDAL dan atau instrument pengelolaan lingkungan lainnya, menciptakan tata pengaturan yang lebih baik melalui pembangunan keterlibatan para pemangku kepentingan yang strategis dan partisipatif, kerja sama lintas batas wilayah administrasi serta memperkuat pendekatan kesatuan ekosistem dalam satuan wilayah. Dengan demikian, kebijakan penataan ruang yang melindungi lingkungan hidup dapat mewujudkan kualitas tata ruang yang semakin baik, aman, produktif, dan berkelanjutan.

2.4.4 Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Gresik 2004-2014

Dalam rencana tata ruang, terdapat aspek-aspek yang menjadi pembahasan dalam penyusunan RTRW Kabupaten Gresik, yaitu meliputi penggunaan lahan, pemukiman, transportasi, fasilitas industri dan ruang terbuka hijau, persampahan, lingkungan hidup, sosial demografis dan ekonomi.

a. Penggunaan Lahan

Pada peta tata guna lahan Kabupaten Gresik tahun 2004 menunjukan lahan di Kecamatan Driyorejo masih banyak lahan persawahan tadah hujan.

b. Aspek Pemukiman

Pengembangan wilayah permukiman memperhatikan nyaman, aman, seimbang seta mempertimbangkan daya dukung lingkungan. Wilayah pemukiman banyak dijumpai di kawasan Kecamatan Driyorejo Utara, Tengah, dan Selatan.

- c. Transportasi
Fungsi jalan pada Kecamatan Driyorejo terdapat dua fungsi yaitu jalan kolektor dan lokal.
- d. Fasilitas industri dan ruang terbuka hijau
Wilayah industri di Kecamatan Driyorejo memanjang mulai dari desa Krikilan hingga desa Bambe. Eksisting ruang terbuka hijau di Kecamatan Driyorejo sebesar 693,63 ha dengan perbandingan luas wilayah Kecamatan Driyorejo 2.037,02 ha dengan prosentase 34,05%. Yang direncanakan dari RTRW Kabupaten Gresik di wilayah Kecamatan Driyorejo sebesar 884,52 ha dengan prosentase 43,42%.

2.5 Pemodelan Simulasi Perkiraan Sumber Emisi GRK

Pemodelan simulasi perkiraan emisi GRK menggunakan analisis pada sistem informasi geografis (SIG). Pemodelan simulasi ada banyak jenis dan media yang digunakan, salah satunya menggunakan media *software* ArcGIS yang didalamnya terdapat fitur-fitur dalam melakukan analisis dan membuat model-model yang diinginkan.

SIG adalah sistem yang berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi-informasi geografis. SIG dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisis objek-objek dan fenomena dimana lokasi geografis merupakan karakteristik yang penting atau kritis untuk dianalisis. Dengan demikian, SIG merupakan sistem komputer yang memiliki empat kemampuan dalam menangani data yang berreferensi geografi:

- a. Masukan
- b. Manajemen data (penyimpanan dan pengambilan data)
- c. Analisis dan manipulasi data
- d. Keluaran (Aranoff, 1989, dalam Kusuma, 2008)

Data yang diperlukan untuk membuat SIG terdiri atas data spasial (ruang) yang dalam hal ini berupa data peta digital, serta data tekstual (atribut, keterangan, atau angka-angka) yang masing-masing melekat pada data spasialnya. Dengan demikian,

setiap data tekstual akan memiliki kaitan posisi geografis (*georeferenced*), demikian pula setiap bagian dari data grafis peta memiliki informasi tekstual (Yulianto, 2003, dalam Kusuma, 2008).

Data SIG secara mendasar dibagi menjadi dua macam, yaitu data grafis dan data atribut atau tabular. Data grafis adalah data yang menggambarkan bentuk atau kenampakan obyek di permukaan bumi (referensi geografis). Data atribut atau tabular adalah data deskriptif yang menyatakan nilai dari data grafis tersebut. Secara struktur bentuk data SIG berupa data vektor (titik, garis, area) dan data raster (grid) dengan bentuk penyimpanan data atribut sesuai strukturnya dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan 2.2.



Gambar 2. 1 Penyimpanan Data Atribut pada Data Vektor (ESRI, 2008)

		3			2	2	2	2	2	2		
	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2		
3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2		
3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	3	3	2	2	1	2	2	1	1	2	
	3	3	3	3		1	1	1	1	1		
		3	3			1	1	1	1	1		
						1	1	1	1			

Gambar 2. 2 Penyimpanan Data Atribut pada Data Raster (ESRI, 2008)

2.5.1 Pemodelan Spasial

Penggunaan istilah model dapat digunakan dalam tiga pengertian yang berbeda maknanya. Bermakna sebagai sesuatu yang mewakili jika diartikan sebagai kata benda, bermakna sebagai hal yang ideal jika diartikan sebagai kata sifat dan bermakna untuk memeragakan diartikan sebagai kata kerja. Model dibuat karena adanya kompleksitas kenyataannya. Suatu model adalah gambaran penyederhanaan dari keadaan-keadaan yang sebenarnya (Hagget, 2001).

Model merupakan representasi dari realita. Tujuan dari pembuatan model adalah untuk membantu mengerti, menggambarkan, atau memprediksi bagaimana suatu fenomena bekerja di dunia nyata melalui penyederhanaan bentuk fenomena tersebut. Permodelan keruangan terdiri dari sekumpulan proses yang dilakukan pada data spasial untuk menghasilkan suatu informasi umumnya dalam bentuk peta. Sistem informasi geografis adalah perangkat (*tool*) yang paling populer untuk mengaplikasikan pemodelan area atau wilayah ini.

Secara umum model keruangan dapat dibedakan menjadi dua, yaitu model yang bersifat statis (*statics spatial model*) dan yang bersifat dinamis (*dynamics spatial model*). Dalam pemodelan spasial terutama yang bersifat dinamis, selalu menggunakan data raster yang menampilkan, menempatkan dan menyimpan data

spasial dengan menggunakan struktur matriks atau piksel-piksel yang membentuk grid (Krugman, 1992). Setiap piksel atau sel ini memiliki atribut tersendiri, termasuk koordinat yang unik. *Entity* spasial raster disimpan di dalam layer yang secara fungsionalitas direlasikan dengan unsur-unsur peta.

Model spasial dinamis memiliki tiga komponen utama, yaitu dimensi ruang, waktu dan proses dinamikanya, baik yang terkait dengan proses-proses dalam ilmu kebumih, ekologi, sosiologi maupun ekonomi. Pendekatan seluler automata (*cellular automata*) sering digunakan untuk aplikasi model spasial dinamik, baik pemodelan sistem alam maupun sistem manusia, misalnya model dinamik aliran air permukaan di atas tanah, pergerakan material erupsi gunung api dan penilaian wilayah bahaya erupsi, distribusi biomassa dan nutrient, pergerakan mamalia besar, pola pergerakan *urban sprawl*, dan ekspansi outlet perusahaan retail (Krugman, 1992).

Beberapa model spasial menggunakan sistem grid dan sebagian tidak menggunakan sistem grid. Contoh model spasial yang tidak menggunakan grid dan bersifat statis adalah model konsentris dan model sektoral. Terrain model merupakan salah satu model spasial yang menggunakan sistem grid, dengan input berupa *heightmap* yang memuat kedudukan titik yang diwakili oleh piksel (grid) dalam tiga dimensi pada koordinat kartesian.

Dalam pemodelan spasial dinamis, data yang digunakan sebagai input adalah data spasial yang selalu mengalami perkembangan dan berubah-ubah tergantung pada variabel yang digunakan, bukan variabel yang bersifat konstan atau statis (Krugman, 1992). Setiap variabel yang digunakan mempunyai interval tertentu serta setiap variabel juga mempunyai bobot yang nilainya bervariasi, yang penentuannya tergantung dari besarnya pengaruh dari variabel tersebut terhadap analisis yang dilakukan dalam sistem grid.

Sistem grid adalah layer geografi yang menampilkan kenampakan objek dalam bentuk sel segi empat pada *view*. Setiap sel menyimpan informasi numerik yang mengekspresikan

informasi geografis yang diwakili. Nilai pada suatu *theme grid* dapat berupa bilangan bulat (*integer*) atau tidak (*floating*). *Theme grid* yang menyimpan nilai integer dapat dihubungkan dengan tabel. Sel yang mempunyai nilai yang sama akan memiliki nilai atribut yang sama (Muehrcke, 1992)

2.5.2 Model Geostatistical Analyst

Model *geostatistical analyst* merupakan pemodelan untuk memprediksi kualitas udara pada suatu lokasi di sekitar beberapa titik sampel. Model ini terdiri dari beberapa metode, salah satunya metode *Inverse distance Weighting*.

Inverse distance weighting (IDW) adalah interpolator *deterministic* cepat yang eksak. Hanya terdapat sedikit keputusan yang dapat dibuat berdasarkan parameter model. Hal ini dapat menjadi cara yang baik untuk membuat gambaran umum suatu pemodelan dari permukaan yang diinterpolasi. Namun dalam model ini tidak ada penilaian kesalahan prediksi dan IDW dapat menghasilkan “*bulls eyes*” di sekitar lokasi data dan tidak ada asumsi yang dibutuhkan terhadap data.

Interpolasi IDW secara eksplisit menerapkan asumsi bahwa hal-hal yang dekat satu sama lain lebih mirip daripada hal-hal yang lebih jauh. Untuk memprediksi nilai untuk setiap lokasi yang belum terukur, IDW akan menggunakan nilai yang terukur di sekitar lokasi prediksi. Nilai-nilai terukur yang terdekat dengan lokasi prediksi akan lebih berpengaruh pada nilai prediksi di lokasi tersebut daripada nilai terukur yang lebih jauh dari lokasi tersebut. Jadi IDW mengasumsikan bahwa setiap titik terukur memiliki pengaruh lokal yang berkurang seiring dengan bertambahnya jarak. IDW menentukan titik yang lebih dekat ke lokasi prediksi memiliki bobot lebih besar daripada titik yang lebih jauh dari lokasi prediksi, oleh karena itulah model ini disebut *inverse distance weighted*.

- Fungsi Daya

Nilai daya yang optimal (p) ditentukan dengan meminimalkan *root mean square prediction error* (RMSPE).

RMSPE adalah perhitungan statistik yang dihitung dari validasi silang. Dalam validasi silang, setiap titik terukur dipindahkan dan dibandingkan dengan nilai prediksi untuk lokasi tersebut. RMSPE adalah penjumlahan statistik yang mengukur kesalahan dari prediksi.

Analisis geostatistika mencoba beberapa nilai daya yang berbeda atas IDW untuk mengidentifikasi daya yang menghasilkan RMSPE minimal. Diagram menunjukkan bagaimana analisis geostatistik menghitung daya optimal. RMSPE diplot untuk beberapa nilai daya yang berbeda untuk set data yang sama. Kurva A sesuai dengan titik-titik (persamaan polynomial kuadrat lokal), dan dari kurva daya yang menghasilkan RMSPE terkecil ditentukan sebagai daya yang optimal.

Bobot yang dihasilkan sebanding dengan *inverse* (kebalikan) jarak yang menghasilkan daya p . akibatnya, dengan meningkatnya jarak bobot berkurang dengan cepat. Seberapa cepat penurunan bobot tergantung pada nilai untuk p . jika $p = 0$, tidak ada pengurangan dengan jarak karena masing-masing bobotnya sama, prediksi merupakan rata-rata dari semua nilai yang terukur. Apabila p meningkat, bobot untuk titik dengan jarak yang jauh akan berkurang. Apabila nilai p sangat tinggi, hanya beberapa titik di sekitarnya yang mempengaruhi prediksi.

Analisis geostatistika menggunakan fungsi daya lebih besar dari $1 < p < 2$ dikenal sebagai *inverse distance squared weighted interpolation* (interpolasi pembobotan jarak terbalik kuadrat).

- Wilayah Penelitian

Karena titik-titik yang berdekatan lebih mirip dibandingkan titik-titik yang berjauhan, apabila lokasinya semakin jauh maka, nilai terukur akan sedikit mempengaruhi nilai di lokasi prediksi. Untuk mempercepat perhitungan, titik-titik yang jauh dengan titik terukur yang memiliki pengaruh yang kecil dapat diabaikan. Akibatnya secara

umum jumlah nilai terukur yang digunakan dibatasi untuk memprediksi nilai untuk suatu lokasi dengan menentukan sebuah wilayah penelitian. Bentuk tertentu dari wilayah penelitian membatasi seberapa jauh dan dimana lokasi nilai terukur yang dapat digunakan untuk perhitungan prediksi. Parameter wilayah yang lain membatasi lingkup lokasi yang digunakan. Pada gambar, lima titik terukur (dalam wilayah penelitian) akan digunakan ketika memprediksi nilai lokasi yang belum diukur (titik kuning).

Bentuk wilayah penelitian dipengaruhi oleh *input* data dan permukaan yang dibuat oleh peneliti. Jika tidak ada pengaruh arah pada pembobotan data, berarti seluruh titik memiliki nilai seimbang/merata ke seluruh arah. Hal ini bentuk wilayah penelitian yang dibuat adalah lingkaran. Namun jika diinginkan pengaruh arah pada data, seperti arah angin, maka peneliti menyesuaikan mengubah bentuk wilayah penelitian menjadi elips dengan sumbu mayor sejajar dengan arah angin. Penyesuaian dengan pengaruh arah angin ini dibenarkan karena peneliti mengetahui bahwa lokasi yang melawan arah angin dari lokasi prediksi akan lebih mirip dengan lokasi prediksi walaupun berada pada jarak jauh dibandingkan dengan lokasi yang tegak lurus terhadap arah angin.

Setelah bentuk wilayah ditentukan, peneliti dapat membatasi lokasi mana dalam wilayah penelitian yang harus digunakan. Peneliti dapat menentukan jumlah maksimum dan minimum dari lokasi yang akan digunakan dan anda dapat membagi wilayah penelitian menjadi sektor. Jika peneliti membagi wilayah dalam sektor, hambatan maksimum dan minimum akan diterapkan untuk masing-masing sektor. Ada beberapa sektor yang berbeda yang dapat digunakan.

Titik yang disorot dalam data *view* dari kotak dialog *searchingneighborhood* mengidentifikasi lokasi dan bobot yang akan digunakan untuk memprediksi lokasi dan bobot

yang akan digunakan untuk memprediksi lokasi di pusat elips. Wilayah penelitian berada pada elips yang ditampilkan. Pada contoh dua titik (merah) di sektor barat dan satu titik di sektor selatan akan berbobot lebih dari 10 persen. Di sektor utara, satu titik (kuning) akan tertimbang antara 3 persen dan 5 persen.

- Penggunaan *inverse distance weighting*

Perhitungan permukaan dengan menggunakan IDW tergantung pada pemilihan nilai daya (p) dan strategi penentuan wilayah penelitian. IDW adalah interpolator eksak, dimana nilai-nilai maksimum dan minimum di permukaan yang diinterpolasi hanya berlaku pada titik-titik sampel. Permukaan output sensitive terhadap elustering dan kehadiran outlier. IDW mengasumsikan bahwa permukaan dipengaruhi oleh variasi lokal, yang dapat dihitung melalui nilai-nilai di wilayah penelitian.

2.5.3 Model Builder

Semua data yang dianalisis sebagian besar berupa data spasial dalam bentuk peta tematik. Untuk itu, dalam lanjutan analisis data dilakukan dengan menggunakan alat (*tools*) dalam bentuk analisa tumpang-susun (*overlay*). SIG dirancang untuk memadukan komputerisasi pemetaan tingkat tinggi dengan kemampuan pengelolaan *database* secara luas (Catanese, Sayder, 1998: 153, dalam Kusuma, 2008). Analisa *overlay* dilakukan dengan melakukan pembobotan berdasarkan kriteria yang disyaratkan secara teoritis.

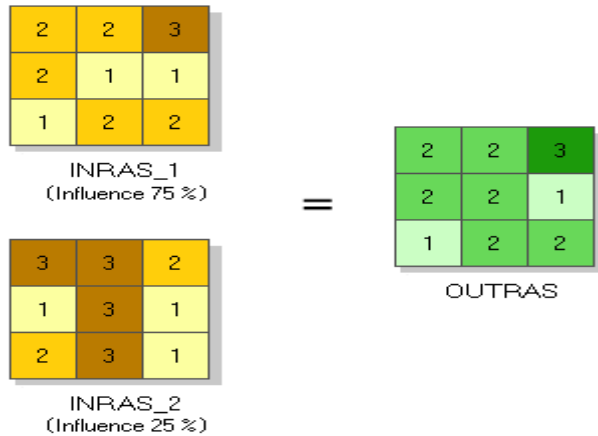
ArcGIS saat ini telah tergantung ke dalam jajaran perangkat lunak “*mainstream*” seperti halnya *spreadsheets*, *database* dan semakin luas jelajah bidang aplikasinya, semakin dibutuhkan dan sangat populer sekarang ini dan kedepannya. ArcGIS memiliki ciri khas arsitektur perangkat lunak yang dapat diperluas dan menyediakan *scalable platform* untuk proses-proses komputasi dan analisis-analisis yang diperlukan di dalam SIG. arsitektur ini diimplementasikan sebagai sekumpulan modul-

modul “*plug-in*” yang dapat disesuaikan dan dikombinasikan untuk memperluas secara dramatis kemampuan-kemampuan fungsionalitas perangkat lunak ArcGIS. Salah satu modul yang ada yaitu “*model builder*”.

Model *builder* adalah *extention* yang merupakan partner sekaligus komplemen bagi spasial *analyst*. Ia bertindak sebagai pengembang model analisis spasial yang handal. Bicara tentang model maka tidak terlepas dari *input* – proses – *output*. Model dalam analisis spasial disini diartikan sebagai sekumpulan proses spasial yang mengkonversikan data-data masukan ke dalam peta-peta keluaran dengan menggunakan fungsi-fungsi spasial tertentu. Maka dengan memperhitungkan faktor-faktor yang dominan, sebuah model dapat dipresentasikan realitas yang lebih sederhana dan dapat dikelola dengan baik. Dengan menggunakan model *builder*, model spasial terdiri dari proses yang sangat mudah dibuat, dieksekusi, disimpan, dimodifikasi, dan digunakan bersama. Model *builder* dipresentasikan sebagai suatu diagram yang mirip dengan *flowchart*. Dengan model ini pengguna dapat:

- Menilai area-area geografis sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan.
- Melakukan prediksi apa yang akan terjadi pada area-area geografis atas perlakuan yang diberikan.
- Mendapatkan solusi, mencari pola, dan memperluas pemahaman terhadap sistem yang bersangkutan.

Overlay adalah teknik analisis spasial dengan melakukan tumpang tindih pada peta-peta tematik untuk menghasilkan tujuan atau peta yang diharapkan. Dalam model *builder* terdapat 2 teknik analisa *overlay*, yaitu *arithmetic overlay* dan *weighted overlay*. *Arithmetic overlay* digunakan untuk menambah, mengurangi, mengali, atau membagi faktor-faktor dalam area geografis. *Weighted overlay* berdasarkan pada persepsi responden/literature (berupa pembobotan). Contoh model skema *weighted overlay* ditampilkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Contoh Skema *WeightedOverlay* dalam model *Builder* (ESRI, 2008)

Dengan adanya fasilitas model *builder*, maka semakin memudahkan peneliti dalam melakukan analisa *overlay* terutama dalam hal membuat model yang diinginkan.

2.6 Penelitian Lain

Penelitian mengenai model kualitas udara sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh para akademisi di Indonesia khususnya Institut Teknologi Sepuluh Nopember jurusan teknik lingkungan. Penelitian tersebut mengenai aspek keruangan dari segi aspek udara dengan tujuan pemodelan spasial persebaran emisi gas rumah kaca di Surabaya. Pemodelan tersebut sebagai acuan dalam penataan ruang dan pengendalian pencemaran udara di Surabaya.

“halaman sengaja dikosongkan”

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Umum

Pada penelitian ini akan digunakan analisis deskriptif kualitatif dan kuantitatif melalui pengamatan-pengamatan di lapangan dan pemahaman dari literatur-literatur untuk mendapatkan keterangan tentang suatu masalah. Analisis ini akan memaparkan bagaimana menghitung dan memodelkan beban sumber emisi gas rumah kaca efek *global warming* di Kecamatan Driyorejo. Kemudian model emisi gas rumah kaca akan menjadi arahan dan masukan untuk analisis dan rencana penataan ruang sebagai gambaran eksisting daerah, dalam kaitannya dengan pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

Penelitian sejenis sudah pernah dilakukan untuk wilayah Surabaya, DKI Jakarta dan Kota Bandung berdasarkan sumber-sumber pencemaran udara lainnya (CO, NO_x, SO_x, NO₂ dan partikel debu). Penelitian ini merupakan penelitian baru, yang mengalami modifikasi penelitian sejenis, yaitu pada sumber pencemaran yang menggunakan sumber emisi gas rumah kaca, dan hasil pemodelannya akan digunakan sebagai masukan dalam analisis keruangan (pola pemanfaatan ruang) dan arahan penataan ruang sebagai gambaran eksisting daerah.

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

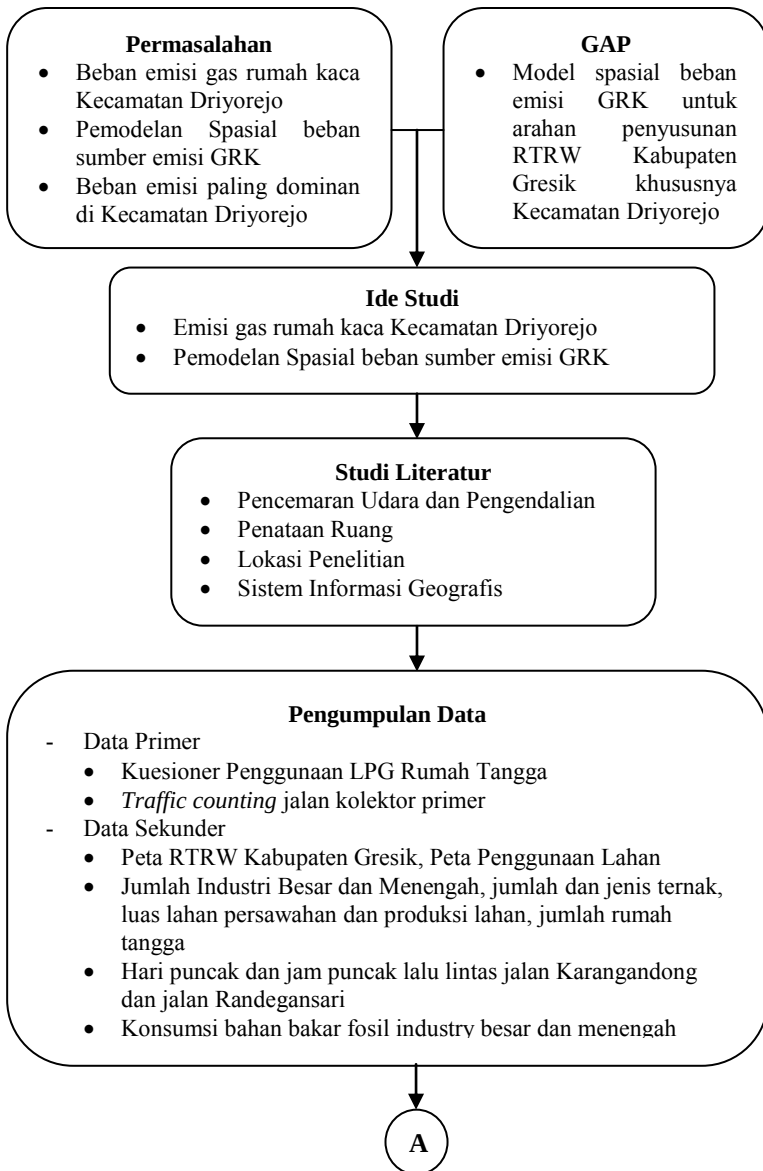
3.2.1 Waktu Penelitian

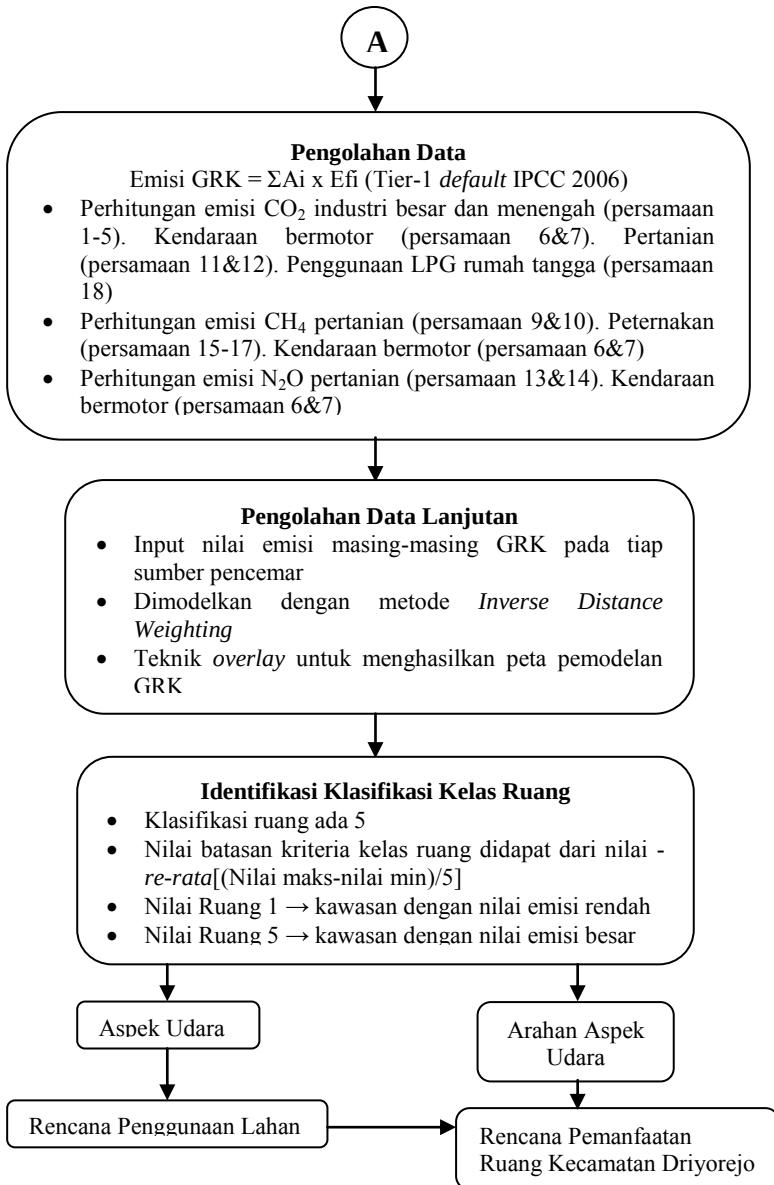
Penelitian dilaksanakan dalam jangka waktu 3 bulan, yang dimulai pada bulan Maret 2014 sampai dengan bulan Mei 2014

3.2.2 Lokasi Penelitian

Ruang lingkup yang menjadi lokasi penelitian ini sesuai dengan batasan dalam penataan ruang, yaitu dalam wilayah administrasi Kecamatan Driyorejo. Sumber GRK maupun model distribusi emisi gas rumah kaca yang dihasilkan mencakup sumber dan batasan di dalam wilayah Kecamatan Driyorejo.

3.3 Kerangka Penelitian





Gambar 3.1 Bagan Alur Kerangka Penelitian

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan yang akan ditempuh dalam penelitian ini meliputi tahap persiapan, pengumpulan data, analisis dan pembahasan, serta kesimpulan dan saran.

3.4.1 Persiapan

Tahap persiapan meliputi studi pustaka awal dan identifikasi masalah, serta kebutuhan kelengkapan data awal. Studi pustaka awal dan identifikasi masalah dilakukan untuk mengetahui latar belakang sebagai dasar untuk melakukan penelitian, tinjauan pustaka sebagai kajian-kajian untuk pendukung analisis, serta langkah-langkah yang akan dilakukan untuk melakukan analisis. Studi pustaka awal ini termasuk juga mempelajari penelitian sejenis ataupun penelitian yang mendukung penelitian ini, yang pernah dilakukan sebelumnya.

Kelengkapan data awal diperlukan terlebih dahulu untuk mengetahui jenis data yang akan dihasilkan, dan agar dalam proses penyusunan laporan penelitian ini tidak mengalami hambatan dalam proses penyusunan penelitian. Data-data awal dibutuhkan sebagai masukan untuk proses analisis.

3.4.2 Pengumpulan data

Data yang akan digunakan dalam penelitian berupa sumber data primer dan sekunder. Data primer didapat dengan melakukan observasi lapangan dan survei secara langsung terhadap kebutuhan data yang diperlukan, sedangkan data sekunder diperoleh dengan mengumpulkan data-data dari berbagai instansi terkait. Sumber data sekunder berasal dari:

- Dinas Tata Ruang Kabupaten Gresik
Data yang dibutuhkan adalah laporan rencana RTRW Kabupaten Gresik, Kecamatan Driyorejo untuk melihat arahan rencana pembangunan dan pengembangan wilayah, serta peta tematik Kecamatan Driyorejo
- Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Gresik

Data yang dibutuhkan adalah jenis dan jumlah industri yang terdapat di Kabupaten Gresik, terutama pada kawasan industri Driyorejo. Data utama yang dibutuhkan adalah jenis dan jumlah penggunaan bahan bakar dan jenis-jenis industri.

- Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Gresik
Data yang dibutuhkan adalah data-data pendukung ataupun apabila tidak tersedianya data pada dinas-dinas terkait.
- Dinas Perhubungan Kabupaten Gresik
Data yang dibutuhkan adalah data klasifikasi jalan dan volume lalu lintas jalan di Kecamatan Driyorejo.
- Kantor Kecamatan Driyorejo
Data yang dibutuhkan adalah luas areal persawahan, peternakandi Kecamatan Driyorejo.
- Perpustakaan Teknik Lingkungan dan Pusat ITS
Data yang dibutuhkan adalah data-data awal dari penelitian sebelumnya yang terkait dengan data-data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian ini.
- Badan atau instansi pemerintah/swasta yang terkait dengan data-data yang dibutuhkan untuk penelitian, baik yang terduga maupun tidak terduga.

3.4.3 Analisis dan Pembahasan

Sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini, analisis yang akan digunakan akan dijelaskan dalam tiap-tiap tujuan penelitian, mulai dari perhitungan emisi gas CO₂, CH₄, N₂O, membuat model sumber pencemar emisi gas CO₂, CH₄, N₂O dan pemodelan beban sumber emisi gas CO₂, CH₄, N₂O di Kecamatan Driyorejo.

- a. Kegiatan sumber pencemar dan perhitungan nilai emisi gas rumah kaca
Gas rumah kaca yang digunakan pada penelitian ini adalah gas yang didasarkan pada *guidelines* IPCC dan digunakan sebagai penyelimubung (menyelimuti) permukaan bumi pada lapisan atmosfer (stratosfer) bumi, yaitu Karbondioksida (CO₂), Metana (CH₄), dan Dinitrogen Oksida (N₂O).

Kegiatan sumber pencemar yang menghasilkan emisi gas CO₂ berdasarkan beberapa sumber kegiatan sesuai dengan acuan pada *guidelines* IPCC, yaitu:

- Penggunaan bahan bakar fosil, diantaranya dari kegiatan transportasi, industri besar.
- Tata guna lahan

Perhitungan nilai emisi dari tiap-tiap sumber pencemar yaitu jumlah emisi yang dihasilkan dihitung menggunakan faktor emisi. Rumus umum yang digunakan adalah rumus dari persamaan1:

$$\text{Emisi GRK} = \sum A_i \times E_{fi} \dots\dots\dots(1)$$

Pengumpulan data dilakukan dengan dua data yaitu data primer dan data sekunder. Untuk data primer, pengumpulan data meliputi *traffic counting* kendaraan bermotor dan juga kuesioner pemakaian LPG pemukiman. Berikut data primer yang dipakai dalam penelitian ini.

❖ **Data Primer**

• **Bidang Energi (Transportasi)**

Untuk Sumber emisi bergerak dari transportasi jalan raya meliputi mobil pribadi (sedan, minivan, jeep dll), kendaraan niaga (bus, minibus, pick-up, truk dll) dan sepeda motor. Estimasi emisi CO₂, CH₄, N₂O dari transportasi jalan ray dilakukan dengan Tier-1.

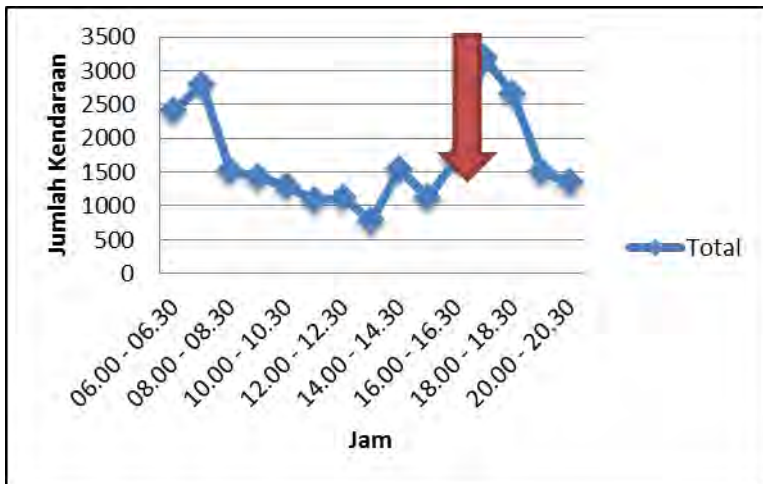
$$\text{Emisi CO}_2 = \sum_a \text{Konsumsi BB}_a * \text{Faktor Emisi}_a \dots\dots(6)$$

$$\text{Emisi CH}_4 \text{ dan N}_2\text{O} = \sum_a \text{Konsumsi BB}_a * \text{Faktor Emisi}_a \quad (7)$$

Bidang transportasi yang diukur jalannya kelas jalan kolektor primer. Pada wilayah studi kelas jalan kolektor primer dibagi dua jenis yaitu kolektor primer 2 dan kolektor primer 4. Untuk kolektor primer 2 pada ruas jalan Karang Andong, kolektor primer 4 pada ruas jalan Randegansari. Kelas jalan arteri primer dan sekunder, dan lokal primer dan sekunder tidak dimasukkan karena tidak ada kelas jalan tersebut dalam wilayah studi.

Berikut Tabel 3.1 tentang informasi masing-masing ruas jalan.

Waktu pengambilan sampel ditentukan berdasarkan data hari dan jam puncak pada masing-masing jalan yang akan disurvei. Data hari dan jam puncak ini didapat dari Dinas Perhubungan Kabupaten Gresik. Menurut data yang ada, didapatkan jam puncak yang kemudian diambil 3 jam dari interval jam puncak tersebut. Contoh data survey tersebut dapat dilihat menjadi grafik seperti Gambar 3.2



Gambar 3.2 Jumlah Kendaraan Saat Jam Puncak Jalan Randegansari 2 Arah

Grafik diatas menjelaskan bahwa jumlah kendaraan maksimal yang melintasi jalan Randegansari kira-kira pada pukul 16.00-19.00. Masing-masing interval waktu pengukuran dilakukan setiap 15 menit selama 3 jam, untuk lebih jelasnya akan dibahas pada bab 4. Jadwal survey dapat dilihat dalam lampiran.

Survey volume kendaraan ini dilakukan dengan metode *traffic counting*. Jenis kendaraan yang dihitung adalah sepeda motor, mobil penumpang (bahan bakar solar dan bahan bakar bensin), truk/bus kecil, truk besar dan bus besar. Jenis kendaraan yang disurvei ini

berdasarkan faktor emisi yang digunakan untuk menghitung jumlah emisi karbon dioksida (CO_2). Cara pengambilan sampel kendaraan dengan metode *traffic counting* sebagai berikut:

1. Perhitungan jumlah kendaraan pada ruas jalan dua arah dilakukan dengan metode *traffic counting* yaitu metode menghitung jumlah kendaraan untuk mendapatkan volume kendaraan puncak menggunakan alat hitung jumlah kendaraan yang disebut *counter*.
2. Pencatatan jumlah kendaraan diamati dalam berbagai jenis kendaraan dimulai dari sepeda motor, mobil penumpang (bahan bakar bensin dan solar), truk dan bus kecil, truk dan bus besar.
3. Pencatatan kendaraan dilakukan dengan metode tiga orang pada titik di ruas jalan. Jarak ketiga pengamatan kira-kira 20 meter. Pada saat sebuah kendaraan melintas pengamat pertama memberikan tanda dan pengamat kedua memulai menekan stopwatch.
4. Petugas surveyor mencatat setiap kendaraan yang melintasi titik yang telah ditentukan. Pencacahan dengan alat (*counter*) dilakukan secara kumulatif dan memindahkan nilai kumulatif tersebut pada formulir survey setiap akhir periode.
5. Pencacahan dilakukan secara terpisah untuk tiap jenis kendaraan pada masing-masing arah arus lalu lintas selanjutnya menjumlahkannya guna memperoleh volume 2 arah. Surveyor mencatat total kendaraan yang diamati pada setiap interval 15 menit dengan jenis kendaraan yang telah disesuaikan berdasarkan penggunaan bahan bakarnya dan data sekunder yang ada.

Survey dilakukan selama 3 jam dan itu hanya pada jam puncak masing-masing lokasi sampling. Jam puncak pada lokasi sampling dapat diketahui pada data sekunder

yang telah didapatkan dari Dinas Perhubungan Kabupaten Gresik.

Perhitungan jumlah kendaraan rata-rata tiap jalan diperoleh dengan menganalogikan data sekunder yang didapat (data dari Dinas Perhubungan Kabupaten Gresik) dengan data primer survey volume kendaraan selama tiga jam puncak.

Perhitungan rasio analogi dilakukan untuk mengetahui perbandingan data primer yang telah didapat dengan data sekunder yang ada. Penganalogian ini dilakukan karena data primer yang didapat dari survey memiliki kondisi waktu yang berbeda (perbedaan waktu survey). Perhitungan rasio analogi dilakukan dengan persamaan (19) berikut.

$$\text{Rasio Analogi} = \frac{\text{Data 1 (kendaraan/3 jam)}}{\text{Data 2 (kendaraan/3 jam)}} \dots \dots \dots (19)$$

Dimana:

Data 1 = data puncak dari data primer (kendaraan/3 jam)

Data 2 = data jam puncak dari data sekunder
(kendaraan/3 jam)

Rasio analogi akan digunakan dalam perhitungan total kendaraan rata-rata tiap jalan.

Perhitungan total kendaraan rata-rata tiap jalan ini dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Total kendaraan rata-rata tiap jalan ini (kendaraan/jam)} = \text{Rasio analogi} \times \text{Total kendaraan rata-rata data sekunder (kendaraan/jam)} \dots \dots \dots (20)$$

perhitungan ini dilakukan pada tiap jalan yang disurvei, kemudian dirata-rata untuk tiap jenis jalan.

- **Bidang Pemukiman**

Emisi GRK berasal dari kegiatan manusia, terutama yang berhubungan dengan penggunaan bahan bakar fosil (seperti minyak bumi, batu bara dan gas alam). Estimasi perhitungan pada bidang pemukiman difokuskan pada aktivitas penggunaan bahan bakar LPG. Pemukiman jenis

rumah tangga yang dihitung rumah tinggal saja. Apartemen, rusun, ruko diabaikan. Metode perhitungan menggunakan IPCC tahun 2006. Berikut persamaan perhitungan emisi CO₂.

$$\text{Emisi CO}_2 = a \times \text{EF}_{\text{CO}_2} \times \text{NCV} \dots \dots \dots (18)$$

Penentuan sampling kuesioner penggunaan bahan bakar LPG ke penduduk menggunakan rumus standar statistik pengambilan sampel. Jumlah Penduduk dapat dilihat pada Tabel 4.16. Metode sampling dengan menggunakan kuesioner dengan teknik wawancara. Pengambilan sampel menggunakan metode *accidental* yaitu mengambil responden dengan memilih siapa yang kebetulan ada/dijumpai. Berikut ini penjelasan rumus:

$$n = \frac{Z^2 p(1-p) / d^2}{1 + \frac{1}{N} \left(\frac{Z^2 p(p-1)}{d^2} - 1 \right)}$$

Dimana:

- n : jumlah sampel responden
- N : jumlah anggota populasi (KK)
- Z : nilai tabel normal standar (1,96)
- D : sampling error (tingkat kesalahan yang diperbolehkan) 10%
- p : proporsi yang disetujui, (0,5 – 0,99)
- (1-p) : proporsi yang tidak disetujui

Dengan menggunakan rumus diatas, berikut penjelasan perhitungan:

$$n = \frac{1,96^2 0,5(1-0,5) / 0,1^2}{1 + \frac{1}{26238} \left(\frac{1,96^2 0,5(0,5-1)}{0,1^2} - 1 \right)}$$

$$n \approx 100 \text{ sampel}$$

Dari 100 sampel dibagi dengan jumlah kelurahan dalam satu kecamatan. Kecamatan Driyorejo memiliki 16 kelurahan. Jadi tiap kelurahan terdapat 6-7 sampel.

❖ Data Sekunder

• Bidang Energi (Industri)

GRK yang diemisikan oleh pembakaran bahan bakar pada sumber pencemar di industri adalah CO₂. Besarnya emisi GRK hasil pembakaran bahan bakar fosil bergantung pada banyak dan jenis bahan bakar yang dibakar saat produksi. Banyaknya bahan bakar direpresentasikan sebagai data aktivitas sedangkan jenis bahan bakar direpresentasikan oleh faktor emisi. Persamaan umum yang digunakan untuk estimasi emisi GRK dari pembakaran bahan bakar adalah:

$$\text{Emisi GRK} \left(\frac{kg}{Tahun} \right) = \text{Konsumsi energi} \left(\frac{tj}{Tahun} \right) \times \text{faktor emisi} \left(\frac{kg}{Tj} \right) \dots \dots \dots (2)$$

Kemudian digunakan persamaan 2 ini untuk dikonversikan ke dalam satuan energi TJ (terra joule) dengan persamaan 3.

$$\text{Konsumsi Energi (TJ)} = \text{Konsumsi Energi (sat.fisik)} \times \text{Nilai Kalor} \left(\frac{TJ}{Sat.Fisik} \right) \dots \dots \dots (3)$$

Lalu dari hasil persamaan 3 tadi, perhitungan untuk tier-1 memerlukan data seperti banyaknya bahan bakar yang dibakar, dikelompokkan menurut jenis bahan bakar untuk masing-masing kategori sumber emisi serta menggunakan faktor emisi *default* IPCC untuk masing-masing jenis bahan bakar dan penggunaan.

Daftar Industri besar dan menengah dikelompokkan berdasar komoditi. Jumlah industri dapat dilihat pada Tabel 4.

Data nama-nama industri diatas didapat dari Badan Penanaman Modal dan Perizininan Kabupaten Gresik

dapat dilihat pada Bab 4. Klasifikasi industri besar dan menengah dilihat dari jumlah modal tiap industri dalam membuka usaha di Kecamatan Driyorejo dari data Badan Penanaman Modal dan Perizinan Kabupaten Gresik. Industri digolongkan besar apabila jumlah modal diatas 1 milyar rupiah sedangkan industri digolongkan menengah apabila jumlah modal antara 250 juta hingga dibawah 1 milyar.

Besar konsumsi bahan bakar tiap komoditi berdasarkan data dari penelitian sebelumnya. Perhitungan emisi karbon menggunakan rumus seperti dibawah ini.

$$\text{Emisi}_{\text{GRK, BB}} = \text{Konsumsi}_{\text{BB}} * \text{Faktor Emisi}$$

$$\text{GRK, BB} \dots\dots\dots(4)$$

Total emisi menurut jenis GRK:

$$\text{Emisi}_{\text{GRK}} = \sum_{\text{BB}} \text{Emisi}_{\text{GRK, BB}} \dots\dots\dots(5)$$

Nilai konsumsi bahan bakar tiap komoditas industri menggunakan data dari hasil tugas akhir tentang kajian *carbon footprint* industri di kota Surabaya tahun 2010.

- **Bidang Pertanian**

Data jumlah luas lahan dan produksi pertanian berasal dari Kecamatan Driyorejo dalam angka tahun 2012. Sumber emisi pertanian berasal dari emisi CO₂ penggunaan pupuk urea bagi tanaman pangan seperti sawah, CH₄ dari dekomposisi bahan organik, biomassa diabaikan karena pada tier-1 bernilai nol, emisi N₂O langsung dan tidak langsung dari tanah yang dikelola untuk tanaman pangan. Metode perhitungan yang diikuti dalam pedoman *IPCC* untuk menghitung emisi GRK adalah melalui perkalian anatar informasi aktivitas manusia dalam jangka waktu tertentu (data aktivitas, DA) dengan emisi per unit aktivitas (faktor emisi, FE). Rumus dasarnya:

$$\text{Emisi GRK} = \text{DA} \times \text{FE} \dots\dots\dots(8)$$

Emisi CH_4 dihitung dengan mengalikan faktor emisi harian dengan lama budidaya padi sawah dan luas panen dengan menggunakan persamaan di bawah ini.

$$\text{CH}_4 \text{ rice} = \sum_{ijk} (\text{EF}_{i,j,k} \times t_{i,j,k} \times A_{i,j,k}) \dots \dots \dots (9)$$

Emisi untuk masing-masing sub-unit (ekosistem) disesuaikan dengan mengalikan faktor emisi *default* (tier-1) dengan berbagai faktor skala.

$$\text{EF}_i = (\text{EF}_c \times \text{SF}_w \times \text{SF}_p \times \text{SF}_o \times \text{SF}_{s,r}) \dots \dots \dots (10)$$

Faktor skala untuk penggunaan bahan organik dihitung berdasarkan jumlah bahan organik yang diberikan dalam periode budidaya dengan persamaan 11 sebagaimana berikut ini.

$$\text{SF}_o = (1 + \text{ROA}_i \cdot \text{CFOA}_i)^{0.59} \dots \dots \dots (11)$$

Perhitungan emisi CO_2 penggunaan pupuk urea sebagai berikut.

$$\text{Emisi CO}_2 = (\text{M}_{\text{urea}} \times \text{EF}_{\text{urea}}) \dots \dots \dots (12)$$

Persamaan untuk menduga emisi N_2O langsung dari tanah yang dikelola adalah sebagaimana berikut ini.

$$\text{N}_2\text{O}_{\text{Direct}} = \text{N}_2\text{O-N}_{\text{N input}} + \text{N}_2\text{O-N}_{\text{OS}} + \text{N}_2\text{O-N}_{\text{PRP}} \dots \dots \dots (13)$$

Persamaan untuk menduga emisi N_2O tidak langsung dari tanah yang dikelola adalah:

$$\text{N}_2\text{O}_{\text{indirect}} = (\text{N}_2\text{O}_{(\text{ATD})-\text{N}} + \text{N}_2\text{O}_{(\text{L})-\text{N}}) \dots \dots \dots (14)$$

• Bidang Peternakan

Data jumlah populasi ternak berasal dari Kecamatan Driyorejo dalam angka tahun 2012. Metode perhitungan untuk tier-1 adalah populasi ternak dan faktor emisi fermentasi enterik untuk berbagai jenis ternak. Emisi CO_2 dari peternakan tidak diperkirakan karena emisi CO_2 diserap oleh tanaman melalui fotosintesis dikembalikan ke atmosfer sebagai O_2 melalui respirasi dan emisi N_2O diabaikan karena minim yang dihasilkan. Berikut persamaan populasi ketiga jenis ternak yang diasumsikan sebagai *animal unit* (AU).

$$\text{N}_{(\text{T})\text{in animal unit}} = \text{N}_{(\text{x})} * \text{K}_{(\text{T})} \dots \dots \dots (15)$$

$$\text{Emissions} = \text{EF}_{(\text{T})} * \text{N}_{(\text{T})} * 10^6 \dots \dots \dots (16)$$

Estimasi emisi metana dari pengelolaan kotoran ternak dilakukan dengan menggunakan persamaan dari IPCC (2006), sebagai berikut.

$$CH_{4\text{manure}} = \sum_T \frac{EF_T * N_T}{10^6} \dots\dots\dots(17)$$

Faktor emisi dari tiap-tiap jenis sumber pencemar dan gas rumah kaca berbeda-beda dan perhitungannya didasarkan pada nilai faktor emisi pedoman inventarisasi gas rumah kaca tahun 2006 yang telah ditetapkan pada *guidelines* IPCC. Perhitungan emisi hanya sampai tier-1.

b. Pemodelan sumber pencemar emisi gas rumah kaca

Pemodelan ini dilakukan dengan menggunakan media komputasi sistem informasi geografis. Pemodelan sumber pencemar terdiri dari 3 model yaitu model sumber pencemar emisi karbondioksida (CO₂), metana (CH₄), dan dinitrogen oksida (N₂O).

Setelah dilakukan perhitungan nilai emisi, maka masing-masing sumber pencemar tersebut akan dimasukkan dalam bentuk spasial. Langkah- langkah yang dilakukan untuk membuat pemodelan antara lain:

1) Penentuan Sumber Pencemar

Dalam memperkirakan dan menilai dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan udara, sumber pencemar (kegiatan) umumnya dikelompokkan dalam beberapa golongan, antara lain:

- Sumber Titik (*Point Source*)

Yang termasuk dalam golongan ini adalah titik cerobong asap industri, misalnya emisi CO₂ dari cerobong bahan pembakaran bahan bakar suatu industri.

- Sumber Garis (*Line Source*)

Merupakan integrasi dari sumber-sumber titik yang tak terhingga banyaknya, sehingga dapat dianggap menjadi sumber garis yang seluruhnya memancarkan pencemar udara contohnya adalah jalan raya

- Sumber Area (*Area Source*)

Sumber area yang merupakan integrasi dari banyak sumber titik dan sumber garis. Contohnya aglomerasi industri sejenis, daerah penimbunan sampah dan lain sebagainya.

Setelah menentukan sumber pencemar, langkah berikutnya adalah memetakan sumber pencemar pada media yaitu membuat peta sumber pencemar berdasarkan sumber emisi GRK (CO_2 , CH_4 , N_2O). Media yang digunakan untuk memetakan adalah media berbasis sistem informasi geografis, yaitu software ArcGIS 10.1.

2) Input Nilai Emisi

Setelah memetakan sumber pencemar pada media, hasil perhitungan nilai emisi menjadi masukan (*input*) pada *database* peta tematik sumber pencemar emisi GRK (CO_2 , CH_4 , N_2O). Database dibagi berdasarkan tiap *layer* dimana terdapat 3 *layer* berdasarkan sumber emisi, yaitu *layer* emisi CO_2 , *layer* emisi CH_4 , *layer* emisi N_2O .

3) Memodelkan Sumber Pencemar Emisi Gas Rumah Kaca

Model yang digunakan untuk pemodelan sumber pencemar emisi adalah menggunakan model visual. Model ini biasanya digunakan untuk menampilkan warna gradasi warna dengan tingkat pencemaran yang dibagi menjadi 5 kelas. Tiap model visual ini menampilkan 3 peta masing-masing sumber emisi. Model yang digunakan untuk pemodelan sumber pencemar emisi adalah menggunakan model *geostatistical analyst*. Model ini biasanya digunakan untuk memprediksi dan menganalisis kualitas udara pada lokasi-lokasi sekitar selain lokasi sampling. Model ini memiliki 6 macam metode dan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *inverse distance weighting* (IDW) karena input variabel yang

digunakan hanya berasal dari 1 variabel (Emisi GRK) dan tidak dipengaruhi oleh variabel yang lain. Metode IDW mampu menghasilkan model interpolasi penyebaran beberapa sumber pencemar dengan satu jenis variabel sebagai data masukannya (*input*).

- c. Pemodelan beban sumber emisi gas rumah kaca
Pemodelan beban emisi gas rumah kaca dilakukan dengan proses *overlay* dari masing-masing peta dasar sumber emisi dijadikan satu peta terdampak beban sumber emisi. Model beban sumber pencemar emisi gas rumah kaca setelah *overlay* dibandingkan dengan peta RTRW Kabupaten Gresik. Tahapan pemodelan dilakukan dengan:

1. Analisis tingkat sumber emisi gas rumah kaca (Nilai Ruang)

Penentuan tingkatan nilai ruang udara didasarkan pada klasifikasi tingkatan kualitas dari sumber pencemar emisi, memiliki nilai kualitatif (tidak terukur secara langsung) yang ditetapkan melalui penafsiran. Penafsirannya harus memiliki dasar dalam penilaiannya. Penilaian kesesuaian dapat dibuat secara mutlak atau nisbi. Dapat pula dibuat berdasarkan peraturan baku mutu kualitas udara yang ada atau berdasarkan nilai re-rata (*equal interval*) emisi yang dimodelkan. Namun dalam penelitian ini menggunakan nilai re-rata (*equal interval*).

Metode penilaian biasanya berbentuk sistem klasifikasi nilai kelas dengan struktur kategori ganda, dari kategori tertinggi sampai yang terendah (perangkingan), yaitu mengkonsepkan kelas sebagai daerah harga sekumpulan nilai konsentrasi pencemar udara. Kriteria kelas dicantumkan berupa faktor pertimbangan (*description*) daerah harga tiap ciri kualitas udara. Perangkingan bertujuan untuk menggambarkan tingkat kepentingan terhadap suatu

kriteria. Prosedur dan metode perankingan bermacam-macam dan dapat ditentukan oleh pengambil keputusan. Dalam penelitian ini, perankingan nilai emisi sumber pencemar ditentukan oleh peneliti yang didasarkan pada nilai *equal interval* sumber pencemar emisi yang dimodelkan.

Perangkingan tingkat emisi msing-masing jenis sumber pencemar terdiri dari 5 tingkat klasifikasi, yaitu:

- Nilai ruang 1 → kawasan dengan nilai emisi rendah
- Nilai ruang 2 → kawasan dengan nilai emisi cukup rendah
- Nilai ruang 3 → kawasan dengan nilai emisi sedang
- Nilai ruang 4 → kawasan dengan nilai emisi cukup tinggi
- Nilai ruang 5 → kawasan dengan nilai emisi tinggi

Pada pemaparan peta prediksi diperlihatkan peta tiap-tiap sumber emisi per kegiatan supaya tampilan lebih kaya. Tujuan diperlihatkan peta prediksi sumber emisi tiap kegiatan sebagai pembanding antar kegiatan dengan sumber emisi yang ditimbulkan. Sehingga nantinya dapat memudahkan dalam membuat arahan aspek udara untuk penyusunan peta tata ruang.

2. Penerapan model

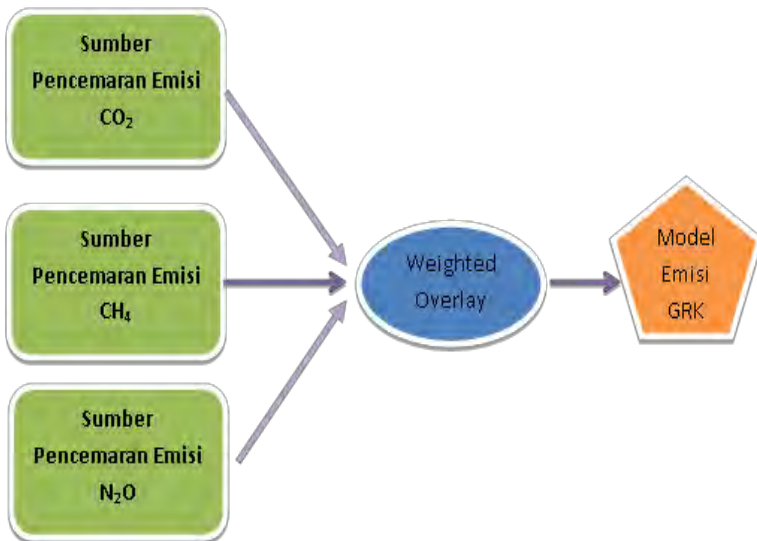
Sesuai dengan namanya, analisis ini digunakan untuk membuat model visual yaitu dengan menggunakan *model builder* dengan teknik *weighted overlay* dalam *software ArcGIS*. Dengan *model builder* ini akan semakin memudahkan untuk mengatur kumpulan data, prosedur pemrosesannya, parameter, dan asumsi yang telah digunakan sebelumnya. Input yang akan di-*overlay* dengan *model builder* adalah model sumber pencemar emisi yang sudah dalam bentuk pembagian nilai ruang.

Overlay adalah teknik analisis spasial dengan melakukan tumpang tindih pada peta-peta tematik

untuk menghasilkan tujuan atau peta yang diharapkan. Dalam *model builder* terdapat teknik analisis overlay, yaitu *arithmetic overlay* dan *weighted overlay*. *Arithmetic overlay* digunakan untuk menambah, mengurangi, mengali, atau membagi faktor - faktor dalam area geografis. *Weighted overlay* berdasarkan pada persepsi responden/literatur (berupa pembobotan), yaitu komposisi pengaruh tiap variable terhadap model.

Komposisi (pembobotan) pengaruh masing-masing sumber pencemar terhadap emisi gas rumah kaca di Kecamatan Driyorejo menggunakan perhitungan pengaruh sumber emisi secara global, yaitu perhitungan emisi gas rumah kaca berdasarkan sektor yang memberikan dampak terhadap total keseluruhan emisi gas rumah kaca di dunia. Perhitungan komposisi *antrophogenic* gas rumah kaca secara global adalah 72% berasal dari emisi CO₂, 18% berasal dari emisi CH₄, 9% berasal dari emisi N₂O.

Skema *weighted overlay* yang digunakan untuk membuat pemodelan beban sumber emisi gas rumah kaca di Kecamatan Driyorejo dapat dilihat gambar 3.3



Gambar 3. 3 Skema *weighted overlay* yang Digunakan dalam Penelitian

Keluaran (Output) dari model *builder* adalah model spasial (pemetaan) berupa data dan degradasi warna berdasarkan tingkat klasifikasi sebelumnya, yaitu 5 ruang.

- d. Arahan aspek udara untuk penataan ruang di Kecamatan Driyorejo

Sesuai dengan tujuan penelitian, hasil pemodelan sumber pencemar dan model persebaran emisi gas rumah kaca, akan digunakan sebagai arahan dalam penataan ruang, khususnya di Kecamatan Driyorejo. Arahan ini berupa transformasi nilai penilaian atau kriteria lahan dari model yang dihasilkan. Kriteria lahan tersebut kemudian disesuaikan dengan aspek-aspek dalam penataan ruang, dan disesuaikan dengan kebijakan-kebijakan penataan ruang dan pengendalian lingkungan.

3.5 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan akan dibuat suatu kesimpulan terkait tujuan-tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian, dan saran terkait apabila terdapat kelemahan dan kekurangan dari penelitian ini, agar penelitian lainnya bisa lebih baik dari penelitian sebelumnya.

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Wilayah Penelitian

Kecamatan Driyorejo merupakan bagian dari Kabupaten Gresik. Letak geografis Kecamatan Driyorejo terletak dibagian selatan Kabupaten Gresik. Batas wilayah Kecamatan Driyorejo sebelah utara Kota Surabaya, sebelah timur Kota Surabaya, sebelah Selatan Kabupaten Sidoarjo, sebelah barat Kecamatan Wringinanom. Luas wilayah di Kecamatan Driyorejo sebesar 5129, 72 Ha. Ketinggian daerah adalah $\pm$ 11 meter diatas permukaan laut. Jumlah penduduk pada tahun 2012 sebanyak 98172 orang.

4.1.1 Wilayah Administrasi

Pembagian wilayah administrasi Kecamatan Driyorejo dibagi menjadi 16 kelurahan. Ibukota Kecamatan berada pada Kelurahan Driyorejo. Berikut Tabel 4.1 nama kelurahan di Kecamatan Driyorejo.

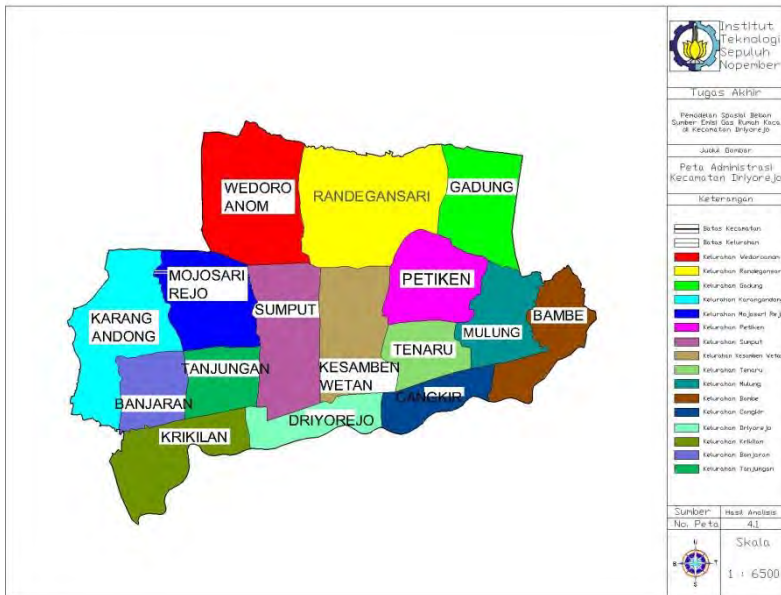
Tabel 4. 1 Kelurahan dan Luas Wilayah

Desa/Kelurahan	Luas
	Ha
Krikilan	296
Driyorejo	162
Cangkir	158
Bambe	284
Mulung	310
Tenaru	223
Petiken	300
Kesamben Wetan	306

Desa/Kelurahan	Luas
	Ha
Sumput	444
Tanjungan	224
Banjaran	244
Karangandong	375
Mojosari Rejo	371
Wedoroanom	534
Randegansari	624
Gadung	274

Sumber: Kecamatan Driyorejo dalam angka 2012

Wilayah penelitian mencakup semua kelurahan di Kecamatan Driyorejo. Wilayah Kecamatan Driyorejo terbagi atas 16 kelurahan. Objek penelitian ini meliputi berbagai kegiatan seperti industri, permukiman, transportasi, peternakan, dan pertanian. Wilayah Kecamatan Driyorejo termasuk wilayah *buffer* dari wilayah sekitar seperti Kota Surabaya dan Kabupaten Sidoarjo. Ini dapat terlihat semakin berkurangnya lahan pertanian yang telah dikonversi ke lahan industri. Hal ini disebabkan adanya kebijakan dalam RTRW Kabupaten Gresik tahun 2008 – 2028 yang mengarahkan industri berada di Kecamatan Driyorejo. Sebagian besar lahan industri yang telah berubah tersebut berasal dari lahan pertanian. Selain konversi lahan, daerah pinggiran seperti Kecamatan Driyorejo menjadi sasaran perkembangan permukiman akibat semakin tingginya harga tanah di perkotaan yang membuat lahan pertanian berubah jadi lahan permukiman. Berikut pembagian wilayah administrasi Kecamatan Driyorejo dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Peta administrasi Kecamatan Driyorejo

4.1.2 Kegiatan Industri

Kecamatan Driyorejo memiliki beberapa jenis Industri. Fenomena perkembangan Industri di Kecamatan Driyorejo sangat dipengaruhi alih fungsi lahan dari pertanian ke lahan Industri dan juga akibat kawasan *hinterland* dari wilayah Kota Surabaya. Menurut data Kecamatan Driyorejo dalam angka tahun 2012 total industri besar sebanyak 35 buah dan kelurahan paling banyak industri besar berada pada kelurahan Krikilan sebanyak 9 industri besar. Sedangkan untuk total industri menengah sebanyak 59 buah dan kelurahan paling banyak berada pada kelurahan Bambe. Data nama industri pada tugas akhir ini mengacu pada data sekunder dari Badan penanaman modal dan perizinan Kabupaten Gresik tahun 2012. Penggolongan jenis industri berdasar dari modal usaha masing-masing industri. Industri besar tergolong memiliki modal usaha lebih dari

1 miliar rupiah, sedangkan untuk industri menengah memiliki modal usaha antara >250 juta rupiah - <1 miliar rupiah. Berikut Tabel 4.2 jumlah industri besar di Kecamatan Driyorejo dan kawasan yang dijadikan penelitian untuk kegiatan Industri di Kecamatan Driyorejo dapat dilihat pada Gambar 4.2.

Tabel 4. 2 Jumlah Industri Besar

No	Kelurahan	Komoditi	Jumlah Industri
1	Driyorejo	Hasil Hutan	1
		Tekstil	3
		Pulp & Kertas	4
		Industri Logam dan Barang Dari Logam	2
		Kimia	1
2	Bambe	Tekstil	1
		Hasil Hutan	1
		Pulp dan Kertas	2
		Kimia	3
		Industri Logam dan Barang dari Logam	1
3	Krikilan	Hasil Hutan	2
		Tekstil	11
		Kimia	2
		Industri Logam dan Barang dari Logam	2
4	Sumput	Hasil Hutan	1
5	Cangkir	Tekstil	1
		Kimia	1
		Industri Logam dan Barang dari Logam	2
6	Tanjungan	Hasil Hutan	1
		Industri Logam dan Barang	1

No	Kelurahan	Komoditi	Jumlah Industri
		dari Logam	
7	Kesamben Wetan	Kimia	1
		Hasil Hutan	1
8	Mojosari Rejo	Agro	1
9	Karangandong	Industri Logam dan Barang dari Logam	1

Sumber: Badan penanaman modal dan perizinan, 2012



Gambar 4. 2 Peta industri

4.1.3 Kegiatan Transportasi

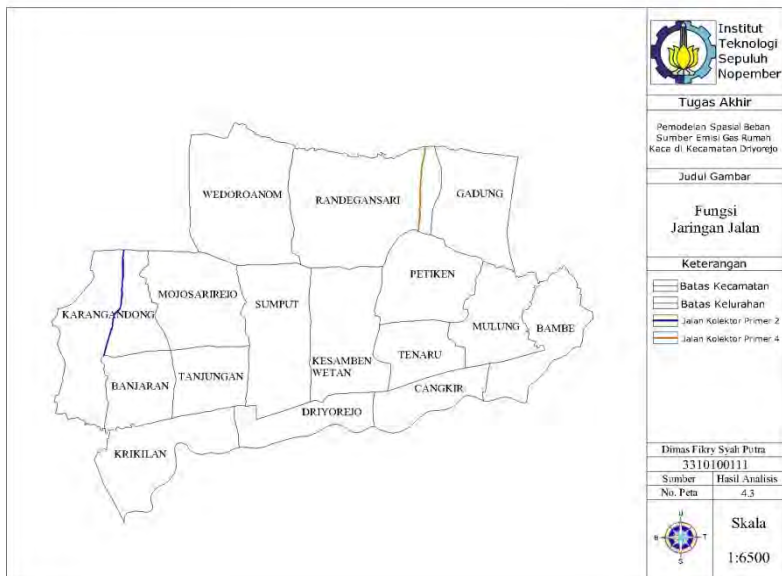
Sumber emisi bergerak pada kegiatan transportasi menggunakan data jumlah dan jenis kendaraan yang melintaspada ruas jalan kolektor primer 2 dan kolektor primer 4. Untuk jalan kolektor primer 2 ruas jalan Karangandong dan jalan kolektor primer 4 ruas jalan Randegansari. Wilayah

Kecamatan Driyorejo merupakan pusat industri di wilayah Gresik bagian selatan, selain itu juga terdapat banyak fasilitas umum seperti sekolah dan pasar tradisional sehingga pada wilayah ini banyak dilalui kendaraan pribadi, truk, bus dan angkutan umum. Pada ruas jalan Karangandong dan Randegansari merupakan ruas padat dan menjadi lalu lalang kendaraan industri yang notabene kawasan industri dan perdagangan sehingga banyak jenis kendaraan berat yang melaluinya untuk kepentingan distribusi bahan dan produk. Penentuan waktu survey berdasarkan hari dan jam puncak pada masing-masing jalan yang akan di survey. Data hari dan jam puncak ini didapat dari Dinas Perhubungan Kabupaten Gresik. Informasi tentang masing-masing ruas jalan dijelaskan pada Tabel 4.3 dan berikut pembagian ruas jalan berdasarkan fungsi jalan dapat dilihat pada Gambar 4.3.

Tabel 4. 3 Data Informasi Jalan

No.	Nama Ruas Jalan	Fungsi Jalan	Panjang (km)
1	Jalan Karangandong	Kolektor Primer 2	4
2	Jalan Randegansari	Kolektor Primer 4	5.9

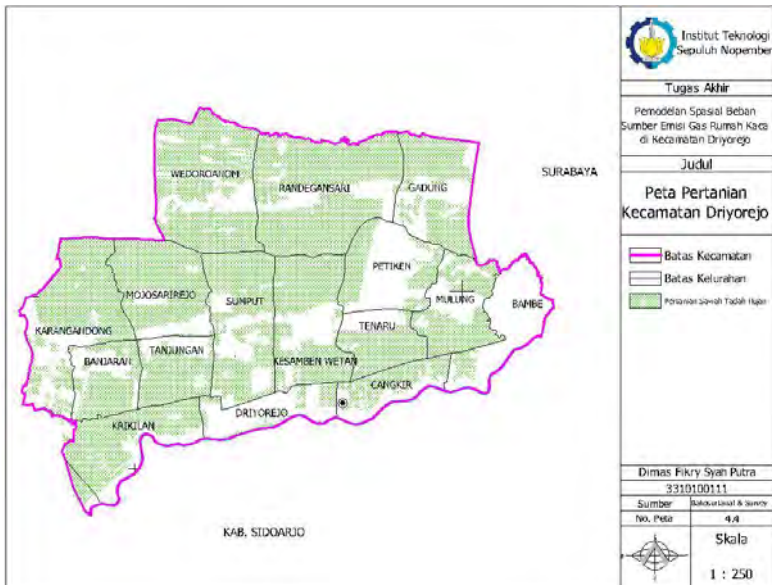
Sumber: Dinas PU Bina Marga, 2012



Gambar 4. 3 Peta Fungsi Jalan

4.1.4 Kegiatan Pertanian

Kawasan pertanian yang menjadi objek penelitian berdasarkan pada peta penggunaan lahan eksisting di Kecamatan Driyorejo yaitu dari data rencana tata ruang wilayah Kabupaten Gresik. Kawasan pertanian yang dijadikan penelitian di Kecamatan Driyorejo adalah lahan sawah yang ditanami tanaman pangan seperti padi, jagung, kacang tanah, kacang hijau, ubikayu, kedelai. Menurut data dari Kecamatan Driyorejo dalam angka tahun 2012 luas lahan sawah sebesar ± 1650 Ha. Persebaran Lahan sawah padi pada wilayah studi dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Peta Pertanian

4.1.5 Kegiatan Peternakan

Menurut data Kecamatan Driyorejo Dalam Angka tahun 2012 menyebutkan jenis hewan ternak pada wilayah studi ada 7 jenis yaitu sapi perah, kerbau, kambing, domba, ayam kampung, ayam ras pedaging dan itik. Hewan ternak yang dominan dternakan pada wilayah studi adalah ayam kampung. Namun pada bahasan tugas akhir ini memakai rumus *default* IPCC tahun 2006 tentang emisi pada peternakan tidak ada untuk jenis hewan ternak selain Sapi perah, kerbau, kambing, dan domba. Maka fokus bahasan emisi peternakan terletak pada empat jenis hewan saja yaitu sapi perah, kerbau, kambing dan domba. Sumber emisi dari kegiatan peternakan dihasilkan oleh fermentasi enterik dan pengelolaan kotoran jenis hewan ternak. Data jumlah ternak didapat dari data Kecamatan Driyorejo Dalam Angka tahun 2012. Berikut Tabel 4.4 tentang jumlah ternak di Kecamatan Driyorejo.

Tabel 4. 4 Data Jumlah Ternak Tiap Kelurahan

Desa/Kelurahan	Sapi	Kerbau	Kambing	Domba
Krikilan	4		48	17
Driyorejo	7		56	26
Cangkir	4		51	19
Bambe	2		56	12
Mulung	21		66	24
Tenaru	14		87	22
Petiken	16	2	71	14
Kesamben Wetan	9		62	28
Sumput	21		74	32
Tanjungan	42		83	27
Banjaran	12		74	54
Karangandong	32		52	18
Mojosari Rejo	29	3	61	36
Wedoroanom	53		64	18
Randegansari	3	2	92	32
Gadung	12		76	22

Sumber: Kecamatan Driyorejo Dalam Angka, 2012

4.1.6 Kegiatan Permukiman

Kegiatan permukiman dihitung jumlah emisi dari kegiatan penggunaan bahan bakar LPG. Penggunaan bahan bakar LPG merupakan emisi CO₂ primer. Permukiman adalah kawasan perumahan/perkampungan dalam berbagai bentuk, ukuran prasarana dan sarana lingkungan yang terstruktur. Klaster rumah diasumsikan sama tipe rumah sederhana dan seperti ruko, apartemen, hotel diabaikan. Menurut data Kecamatan Driyorejo Dalam Angka tahun 2012 jumlah penduduk satu kecamatan

sebanyak 98172 jiwa dengan jumlah keluarga 26238 KK. Berikut Tabel 4.5 rincian jumlah penduduk dan jumlah rumah tangga di Kecamatan Driyorejo.

Tabel 4. 5 Jumlah Penduduk dan Rumah Tangga

Desa/Kelurahan	Jumlah Penduduk	Jumlah Rumah Tangga
Krikilan	6226	1671
Driyorejo	6714	1831
Cangkir	5238	1404
Bambe	8177	2207
Mulung	4501	1194
Tenaru	3853	1016
Petiken	10974	2924
Kesamben Wetan	5434	1455
Sumput	8956	2303
Tanjungan	4835	1279
Banjaran	5577	1550
Karangandong	4289	1164
Mojosari Rejo	8722	2244
Wedoroanom	3310	907
Randegansari	6953	1890
Gadung	4413	1199
Jumlah	98172	26238

Sumber: Kecamatan Driyorejo dalam angka 2012

4.2 Data Primer

4.2.1 Transportasi

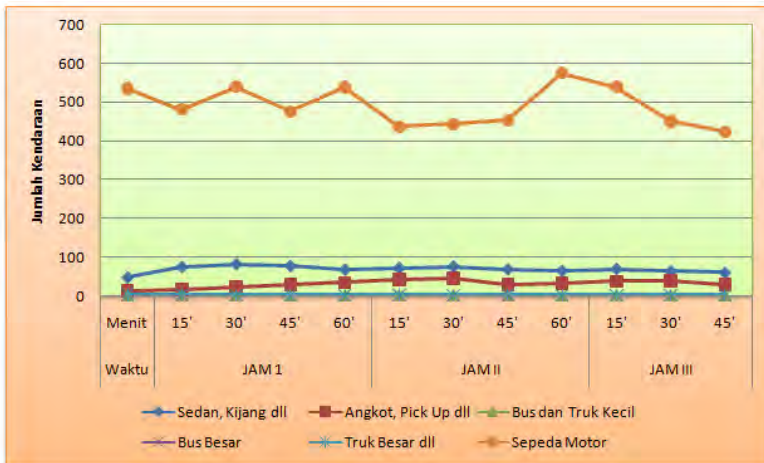
Penelitian studi kontribusi kegiatan transportasi terhadap emisi CO₂, CH₄ dan N₂O ini dilakukan pada kedua ruas jalan kolektor yaitu kolektor primer 2 yaitu ruas jalan

Karangandong, kolektor primer 4 pada ruas jalan Randegansari. Menurut data dari Dinas Perhubungan Kabupaten Gresik hari puncak untuk ruas jalan Karangandong pada hari Rabu dan untuk jalan Randegansari pada hari Selasa. Berdasarkan jurnal Teknik Sipil (Rulhendri, 1998), penentuan lokasi sampling ditetapkan dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Dilakukan pada ruas jalan yang lurus dengan arus lalu lintas berupa aliran konstan, pengaruh akibat adanya persimpangan dan gangguan lainnya harus dibuat sekecil mungkin
2. Lebar jalan yang dipakai sebagai pengamatan adalah lebar efektif jalan pada jalur lalu lintas yang tidak terganggu.
3. Kondisi lapisan perkerasan (lapisan permukaan) dan keadaan geometrik jalan baik.
4. Lalu lintas yang melewati lokasi bervariasi dalam hal jenis, kecepatan, dan ukuran kendaraan (kendaraan ringan dan Berat)

Survey dilakukan pada tanggal 15 April 2014 dengan metode *traffic counting* dibantu masing-masing 8 orang tiap ruas jalan. Penetapan hari puncak dan jam puncak survey didapat dari data sekunder dinas perhubungan Kabupaten Gresik pada masing-masing ruas jalan. Perhitungan volume kendaraan dilakukan selama tiga jam pada jam puncak masing-masing jalan karena tujuan survey ini adalah untuk mendapat volume kendaraan bermotor terbanyak. Hari survey menyesuaikan dari data sekunder Dinas Perhubungan Kabupaten Gresik yaitu untuk jalan Karangandong hari Rabu sedangkan jalan Randegansari pada hari Selasa.

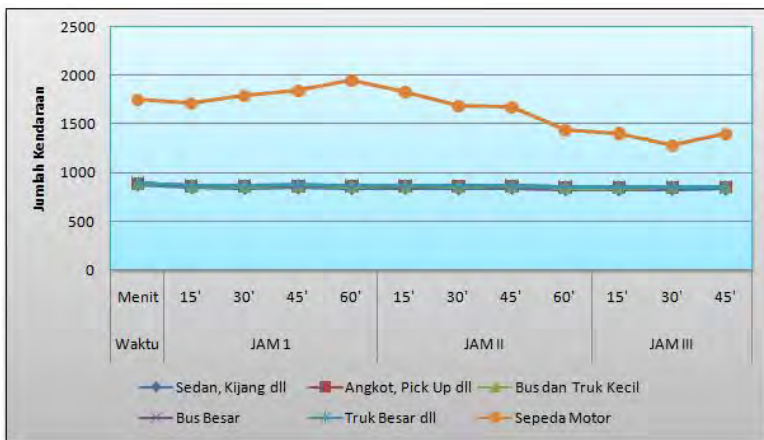
Ruas jalan Randegansari dilaksanakan survey hari Selasa tanggal 15 April 2014 pukul 16.00 – 19.00 dalam keadaan cuaca cerah. Tabel rincian jumlah kendaraan hasil survey dapat dilihat pada lampiran B. Grafik volume jumlah kendaraan yang diperoleh pada saat survey dapat dilihat pada Gambar 4.5



Gambar 4. 5 Volume Kendaraan Jl. Randegansari

Grafik diatas menunjukkan bahwa jumlah jenis kendaraan yang paling dominan di jalan Randegansari adalah sepeda motor dengan total kendaraan sebesar 5.885 kendaraan dan yang paling rendah adalah bus besar dengan total kendaraan sebesar 17 kendaraan.

Ruas jalan Karangandong dilaksanakan survey hari Rabu tanggal 23 April 2014, 16.00 – 19.00 dalam keadaan cuaca cerah. Perhitungan kendaraan dibantu 8 orang yang masing-masing mempunyai tugas menghitung tiap jenis kendaraan. Tabel rincian jumlah kendaraan hasil survey dapat dilihat pada lampiran B. Grafik volume jumlah kendaraan yang diperoleh pada saat survey dapat dilihat pada Gambar 4.6



Gambar 4. 6 Volume Kendaraan Jl. Karangandong

Grafik diatas menunjukkan bahwa jumlah jenis kendaraan yang paling dominan di jalan Karangandong adalah Kendaraan Penumpang (sedan,Kijang dll) dengan total kendaraan sebesar 10.077 kendaraan dan yang paling rendah adalah bus besar dengan total kendaraan sebesar 20 kendaraan.

Hasil survey pada kedua jalan tersebut dapat diketahui bahwa jumlah kendaraan yang paling banyak pada jalan kolektor primer terdapat perbedaan yaitu jenis kendaraan penumpang paling dominan pada jalan Karangandong dan sepeda motor paling dominan pada jalan Randegansari. Untuk kendaraan yang minimum pada jalan kolektor primer terdapat perbedaan Perbedaan ini disebabkan karena kondisi eksisting dari kedua jalan tersebut.Pada jalan Karangandong yang paling rendah adalah truk besar sedangkan jalan Randegansari bus besar.

Perbedaan ini disebabkan kondisi eksisting kedua jalan. Jalan Karangandong terdapat kawasan perdagangan dan jasa antar kota yang memiliki jumlah yang lebih besar dibanding jalan Randegansari. Pada jalan Karangandong merupakan jalan alternative antar Kota yaitu Kabupaten Mojokerto dengan Kabupaten Gresik sehingga banyak jenis kendaraan penumpang melintas pada jalan ini sebagai mobilitas pekerja menuju tempat

kerja di Kabupaten Gresik. Sepanjang jalan ini juga mulai banyak perumahan sehingga setiap harinya selalu ramai dilalui kendaraan bermotor. Sedangkan di jalan Randegansari berbatasan dengan wilayah Kota Surabaya dimana digunakan sebagai akses utama untuk pengiriman bahan mentah ataupun barang jadi ke Kota Surabaya.

Perhitungan jumlah kendaraan rata-rata tiap jalan diperoleh dengan menganalogikan data sekunder yang didapat (data dari Dinas Perhubungan Kabupaten Gresik) dengan data primer survey volume kendaraan selama tiga jam puncak. Langkah perhitungan jumlah kendaraan rata-rata tiap jalan adalah:

1. Data sekunder dan data primer pada jam puncak

Data sekunder yang akan digunakan dalam perhitungan didapat dari Dinas Perhubungan Kabupaten Gresik, sedangkan data primer didapatkan dari survey volume kendaraan yang dilakukan selama tiga jam. Masing-masing data sekunder dan primer tersebut akan diambil volume kendaraan selama tiga jama pada jam puncak dan digunakan dalam perhitungan rasio analogi. Satuan ada volume kendaraan ini berupa kendaraan/3 jam.

2. Rasio analogi

Perhitungan rasio analogi dilakukan untuk mengetahui perbandingan data primer yang telah didapat dengan data sekunder yang ada. Penganalogian ini dilakukan karena data primer yang didapat dari survey memiliki kondisi waktu yang berbeda (perbedaan waktu survey). Perhitungan rasio analogi ini dilakukan dengan menggunakan persamaan 19. Contoh perhitungannya adalah:

Perhitungan rasio analogi pada jalan Karangandong untuk jenis kendaraan penumpang:

- Data primer jumlah kendaraan penumpang pada jam puncak = $10.077/3\text{jam}$

- Data sekunder jumlah kendaraan penumpang pada jam puncak = 9.856/3jam

Sehingga didapatkan nilai rasio analoginya

$$\begin{aligned}\text{Rasio Analogi} &= 10.077 \text{ kendaraan/3jam} \div 9.856 \\ &\text{kendaraan/3 jam} \\ &= 1,02\end{aligned}$$

Perhitungan rasio analogi ini dilakukan pada tiap jenis kendaraan dan tiap jalan yang disurvei sehingga didapatkan nilai rasio analogi tiap jalan. Perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.19

3. Total kendaraan rata-rata tiap jalan

Perhitungan total kendaraan rata-rata tiap jalan ini dihitung dengan persamaan 20. Contoh perhitungannya adalah:

Perhitungan total kendaraan rata-rata pada jalan Karangandong untuk jenis kendaraan penumpang:

- Rasio analogi = 1,02
- Total kendaraan rata-rata sekunder = 1.525 kendaraan/jam
- Total kendaraan rata-rata tiap jalan
 $= 1,02 \times 1.525 \text{ kendaraan/jam}$
 $= 1.559 \text{ kendaraan/jam}$

Tiap – tiap jenis kendaraan dihitung total kendaraan rata-rata yang dihasilkan dari masing-masing jalan yang disurvei. Jumlah kendaraan yang dipakai untuk perhitungan emisi menggunakan hasil perhitungan analogi tersebut. Contoh perhitungan total kendaraan rata-rata tiap jenis kendaraan pada jalan Karangandong dapat dilihat pada tabel 4.6 dan jalan Randegansari pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 6 Total Kendaraan Rata-rata di Jalan Karangandong

Jenis Kendaraan	data jam puncak primer (kendaraan/per jam)	Data jam puncak sekunder (kendaraan/jam)	Rasio analogi	Total Kendaraan Rata-rata data sekunder (kendaraan/jam)	Total kendaraan Rata-rata (kendaraan/jam)
Sedan, Kijang dll	3.359	3.285	1,02	1.525	1.559
Angkot, Pick Up dll	72	75	0,96	124	120
Bus dan Truk Kecil	11	7	1,70	165	280
Bus Besar	8	7	1,14	7	8
Truk Besar dll	8	6	1,28	5	6
Sepeda Motor	3.135	3.411	0,92	3.002	2.759

Tabel 4. 7 Total Kendaraan Rata-rata di Jalan Randegansari

Jenis Kendaraan	data jam puncak primer (kendaraan/per jam)	Data jam puncak sekunder (kendaraan/jam)	Rasio analogi	Total Kendaraan Rata-rata data sekunder (kendaraan/jam)	Total kendaraan Rata-rata (kendaraan/jam)
Sedan, Kijang dll	275	190	1,45	143	207
Angkot, Pick Up dll	122	47	2,60	36	93
Bus dan	6	107	0,06	102	6

Jenis Kendaraan	data jam puncak primer (kendaraan/per jam)	Data jam puncak sekunder (kendaraan/jam)	Rasio analogi	Total Kendaraan Rata-rata data sekunder (kendaraan/jam)	Total kendaraan Rata-rata (kendaraan/jam)
Truk Kecil					
Bus Besar	6	0	17,0	0	6
Truk Besar dll	10	33	0,30	36	11
Sepeda Motor	1.962	3.186	0,62	1.968	1.212

Perhitungan volume kendaraan total tiap jenis jalan dilakukan untuk mengetahui jalan yang padat pada saat dilakukan survey. Jumlah kendaraan rata-rata terbanyak terdapat pada jalan Karangandong merupakan akses utama menuju kawasan industri, perdagangan dan jasa di Kelurahan Driyorejo sehingga kondisi jalannya selalu padat dilewati kendaraan bermotor. Jenis kendaraan yang mendominasi ruas jalan ini adalah sepeda motor hal ini dimungkinkan karena adanya pertumbuhan ekonomi yang menyebabkan banyaknya orang membeli sepeda motor, selain itu hal ini dapat menjelaskan bahwa sepeda motor masih menjadi alternatif yang dipilih masyarakat dengan alasan dalam menuju akses, pengoperasian dan kepemilikan kendaraan (dengan adanya sistem kredit). Alasan lain yang memungkinkan adalah pelayanan angkutan umum yang kurang karena tidak terdapat sistem angkutan umum yang memadai. Hal ini terlihat dari rendahnya jumlah bus sebagai angkutan massal. Tabel jumlah kendaraan pada masing-masing jalan dapat dilihat pada tabel 4.8 berikut.

Tabel 4. 8 Jumlah Kendaraan pada Masing-masing Jalan

Jenis Kendaraan	Jalan Karangandong	Jalan Randegansari
	Jumlah Kendaraan (Kendaraan/jam)	Jumlah Kendaraan (Kendaraan/jam)
Sedan, Kijang dll	1.559	207
Angkot, Pick Up dll	120	93
Bus dan Truk Kecil	280	6
Bus Besar	8	6
Truk Besar dll	6	11
Sepeda Motor	2.759	1.212

Contoh perhitungan jumlah emisi CO₂ rata-rata pada jalan Karangandong dari kendaraan sepeda motor adalah:

- Jumlah kendaraan rata-rata (n) = 2.759 kendaraan/jam
- Faktor emisi (FE) = 2.597,86 g/liter, dimana faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi untuk jenis kendaraan sepeda motor
- Konsumsi bahan bakar (K) sepeda motor
= 2,66 liter/100 km
= 0,0266 liter/km
- Jumlah emisi CO₂ rata-rata

$$Q = n \times FE \times K$$

$$= 2.759 \text{ kendaraan/jam} \times 2.597,86 \text{ g/liter} \times 0,0266 \text{ liter/km}$$

$$= 190.655,39 \text{ g/jam.km}$$

$$= 190,65 \text{ kg/jam.km}$$

Tiap-tiap jenis kendaraan dihitung jumlah emisi CO₂, CH₄, N₂O rata-rata yang dihasilkan dari masing-masing jenis jalan. Contoh perhitungan jumlah emisi tiap jenis kendaraan pada jalan Karang Andong dan jalan Randegansari dapat dilihat pada Tabel 4.9 dan Tabel 4.10 untuk setiap kendaraan.

Tabel 4. 9 Perhitungan Emisi CO₂ Rata-rata Tiap jenis Kendaraan pada Jalan Karang Andong

Jenis Kendaraan	n (Kendaraan/jam)	FE CO ₂ (g/liter)	Konsumsi Energi Spesifik (lt/100 km)	K (liter/km)	Emisi Rata-rata (g CO ₂ /jam.km)	Emisi Rata-rata (kg CO ₂ /jam.km)
Sedan, Kijang dll	1559	2597.86	11.79	0.1179	477583.09	477.58
Angkot, Pick Up dll	120		11.79	0.1179	36629.29	36.63
Bus dan Truk Kecil	280	2924.9	10.64	0.1064	87258.96	87.26
Bus Besar	8		16.89	0.1689	3817.39	3.82
Truk Besar dll	6		15.82	0.1582	2995.68	3.00
Sepeda Motor	2759	2597.86	2.66	0.0266	190659.35	190.66
Total					798943.75	798.94

Tabel 4. 10 Perhitungan Emisi CO₂ Rata-rata Tiap jenis Kendaraan pada Jalan Randegansari

Jenis Kendaraan	n (Kendaraan/jam)	FE CO ₂ (g/liter)	Konsumsi Energi Spesifik (lt/100 km)	K (liter/km)	Emisi Rata-rata (g CO ₂ /jam.km)	Emisi Rata-rata (kg CO ₂ /jam.km)
Sedan, Kijang dll	207	2597.86	11.79	0.1179	63401.55	63.40
Angkot, Pick Up dll	93		11.79	0.1179	28484.76	28.48
Bus dan Truk Kecil	6	2924.9	10.64	0.1064	1867.26	1.87
Bus Besar	6		16.89	0.1689	2964.09	2.96
Truk Besar dll	11		15.82	0.1582	5089.91	5.09
Sepeda Motor	1212	2597.86	2.66	0.0266	83752.93	83.75
Total					185560.50	185.56

Dari kedua tabel 4.9 dan 4.10 dapat diketahui bahwa emisi CO₂ rata-rata terbesar adalah pada jalan Karang Andong disebabkan karena jumlah kendaraan rata-rata pada jalan ini lebih besar daripada jenis jalan yang lainnya. Untuk emisi CH₄ rata-rata yang dihasilkan pada kedua ruas jalan dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan Tabel 4.12.

Tabel 4. 11 Perhitungan Emisi CH₄ Rata-rata Tiap jenis Kendaraan pada Jalan Karang Andong

Jenis Kendaraan	n (Kendaraan/jam)	FE CH ₄ (g/liter)	Konsumsi Energi Spesifik (lt/100 km)	K (liter/km)	Emisi Rata- rata (g CH ₄ /jam.km)	Emisi Rata- rata (kg CH ₄ /jam.km)
Sedan, Kijang dll	1559	0,71	11,79	0,1179	130,52	0,131
Angkot, Pick Up dll	120		11,79	0,1179	10,01	0,010
Bus dan Truk Kecil	280		10,64	0,1064	21,18	0,021
Bus Besar	8		16,89	0,1689	0,93	0,001
Truk Besar dll	6		15,82	0,1582	0,73	0,001
Sepeda Motor	2759	3,56	2,66	0,0266	261,27	0,261
Total					424,64	0,425

Tabel 4. 12 Perhitungan Emisi CH₄ Rata-rata Tiap jenis Kendaraan pada Jalan Randegansari

Jenis Kendaraan	n (Kendaraan/jam)	FE CH ₄ (g/liter)	Konsumsi Energi Spesifik (lt/100 km)	K (liter/km)	Emisi Rata- rata (g CH ₄ /jam.km)	Emisi Rata- rata (kg CH ₄ /jam.km)
Sedan, Kijang dll	207	0,71	11,79	0,1179	17,33	0,017
Angkot, Pick Up dll	93		11,79	0,1179	7,78	0,008
Bus dan Truk Kecil	6		10,64	0,1064	0,45	0,000
Bus Besar	6		16,89	0,1689	0,72	0,001
Truk Besar dll	11		15,82	0,1582	1,24	0,001
Sepeda Motor	1212	3,56	2,66	0,0266	114,77	0,115
Total					142,29	0,142

Dari kedua tabel 4.11 dan 4.12 dapat diketahui bahwa emisi CH₄ rata-rata terbesar adalah pada jalan Karangandong disebabkan karena jumlah kendaraan rata-rata pada jalan ini lebih besar daripada jenis jalan yang lainnya. Itu menunjukkan semakin banyak kendaraan bermotor yang melewati sepanjang jalan, maka beban emisi jalan juga semakin meningkat. Untuk emisi N₂O rata-rata yang dihasilkan pada kedua ruas jalan dapat dilihat pada Tabel 4.13 dan Tabel 4.14.

Tabel 4. 13 Perhitungan Emisi N₂O Rata-rata Tiap jenis Kendaraan pada Jalan Karang Andong

Jenis Kendaraan	n (Kendaraan/jam)	FE N ₂ O (g/liter)	Konsumsi Energi Spesifik (lt/100 km)	K (liter/km)	Emisi Rata- rata (g N ₂ O/jam.km)	Emisi Rata-rata (kg N ₂ O/jam.km)
Sedan, Kijang dll	1559	0,04	11,79	0,1179	7,35	0,00735
Angkot, Pick Up dll	120		11,79	0,1179	0,56	0,00056
Bus dan Truk Kecil	280		10,64	0,1064	1,19	0,00119
Bus Besar	8		16,89	0,1689	0,05	0,00005
Truk Besar dll	6		15,82	0,1582	0,04	0,00004
Sepeda Motor	2759		2,66	0,0266	2,94	0,00294
Total					12,14	0,01214

Tabel 4. 14 Perhitungan Emisi N₂O Rata-rata Tiap jenis Kendaraan pada Jalan Randegansari

Jenis Kendaraan	n (Kendaraan/jam)	FE N ₂ O (g/liter)	Konsumsi Energi Spesifik (lt/100 km)	K (liter/km)	Emisi Rata-rata (g N ₂ O/jam.km)	Emisi Rata-rata (kg N ₂ O/jam.km)
Sedan, Kijang dll	207	0,16	11,79	0,1179	3,90	0,00390
Angkot, Pick Up dll	93		11,79	0,1179	1,75	0,00175
Bus dan Truk Kecil	6		10,64	0,1064	0,10	0,00010
Bus Besar	6	0,12	16,89	0,1689	0,12	0,00012
Truk Besar dll	11		15,82	0,1582	0,21	0,00021
Sepeda Motor	1212	0,08	2,66	0,0266	2,58	0,00258
Total					8,67	0,00867

Dari kedua tabel 4.11 dan 4.12 dapat diketahui bahwa emisi N₂O rata-rata terbesar adalah pada jalan Randegansari disebabkan karena beban emisi yang ditimbulkan dikalikan dengan panjang jalan yang dilewati kendaraan. Itu menunjukkan semakin panjang jalan yang dilewati, maka beban emisi jalan juga semakin meningkat.

Perkiraan emisi CO₂ pada jalan di wilayah studi dapat dihitung dengan mengalikan emisi rata-rata dari tiap jalan dengan

panjang jalan masing-masing. Data panjang jalan dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Contoh hasil perhitungan jalan Karan Andong adalah:

- Emisi rata-rata jalan = 798,94 kg CO₂/jam.km
- Panjang jalan = 4 km
- Perkiraan emisi CO₂ di jalan Karang andong
 = emisi rata-rata (kgCO₂/jam.km) x panjang jalan (km)
 = 798,94 kg CO₂/jam.km x 4 km
 = 3.195,76 kgCO₂/jam
 = 2.300.958 Kg CO₂/bulan
 = 27.611.496,10 Kg CO₂/Tahun

Hasil perhitungan emisi CO₂, CH₄, dan N₂O untuk kedua jalan selengkapnya dapat dilihat pada masing-masing Tabel 4.15, Tabel 4.16, dan Tabel 4.17.

Tabel 4. 15 Emisi CO₂ pada kedua Jalan

No	Nama Jalan	Emisi Rata-rata (kgCO ₂ /jam.km)	Panjang Jalan (km)	Emisi (kgCO ₂ /jam)	Emisi (kgCO ₂ /bulan)	Emisi (kgCO ₂ /tahun)
1	Jalan Karang Andong	798,94	4	3195,78	2300958,01	27611496,10
2	Jalan Lakarsantri	185,56	5,9	1094,81	788260,99	9459131,90

Tabel 4. 16 Emisi CH₄ pada kedua Jalan

No	Nama Jalan	Emisi Rata-rata (kgCH ₄ /jam.km)	Panjang Jalan (km)	Emisi (kgCH ₄ /jam)	Emisi (kgCH ₄ /bulan)	Emisi (kgCH ₄ /tahun)
1	Jalan Karang Andong	0,42	4	1,70	1222,97	14675,64
2	Jalan Lakarsantri	0,14	5,9	0,84	604,46	7253,51

Tabel 4. 17 Emisi N₂O pada kedua Jalan

No	Nama Jalan	Emisi Rata-rata (kgN ₂ O/jam.km)	Panjang Jalan (km)	Emisi (kgN ₂ O/jam)	Emisi (kgN ₂ O/bulan)	Emisi (kgN ₂ O/tahun)
1	Jalan Karang Andong	0,01214	4	0,05	34,96	419,55
2	Jalan Lakarsantri	0,00867	5,9	0,05	36,83	442,01

Pada ketiga tabel diatas dapat dilihat bahwa emisi gas rumah kaca paling besar untuk kegiatan transportasi jalan ada pada ruas jalan Karangandong. Namun untuk emisi N₂O jalan Randegansari tinggi tingkat emisinya. Hal ini disebabkan masalah

panjang jalan yang berbeda. Untuk emisi CO_2 dan CH_4 hal ini dikarenakan dari jumlah kendaraan yang jauh lebih besar pada jalan Karang Andong dibanding jalan Randegansari. Perkiraan nilai beban emisi ini nanti diakumulasikan pada kelurahan yang dilewati kedua jalan. Pada jalan Karang Andong melewati kelurahan Karang Andong sedangkan jalan Randegansari melewati Kelurahan Randegansari.

4.2.2 Bidang Permukiman

Sumber emisi dari kegiatan domestik yang digunakan untuk menghitung emisi CO_2 adalah berasal dari penggunaan bahan bakar untuk kegiatan memasak sehari-hari dengan masing-masing jenis bahan bakar yang digunakan. Data yang digunakan adalah hasil penelitian perhitungan emisi CO_2 dari pemakaian energi bahan bakar untuk kegiatan memasak sehari-hari. Data didapat secara survei melalui wawancara dengan menggunakan kuesioner. Metode sampling menggunakan metode *accidental*. Pengolahan data primer dilakukan untuk memperoleh data nilai emisi CO_2 (emisi primer dari penggunaan bahan bakar LPG) ditiap titik sampling pada wilayah penelitian sehingga nantinya diperoleh nilai emisi CO_2 di satu jenis rumah yaitu kelas rumah sederhana. Berikut ini adalah contoh perhitungan berdasarkan sampling kuesioner di salah satu rumah tangga yang diambil. Rincian hasil survey dapat dilihat pada lampiran C.

Nilai jumlah emisi CO_2 dari bahan bakar LPG berdasarkan rumus *default* IPCC 2006, menggunakan persamaan perhitungan CO_2 (18) sebagai berikut:

$$\text{Emisi CO}_2 = a \times \text{EF}_{\text{CO}_2} \times \text{NCV}_{\text{LPG}}$$

Contoh perhitungan dalam rata-rata satu rumah/bulan pada Kelurahan Bambe konsumsi energi sebesar 8,14 Kg adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 &= 8,14 \text{ Kg} \times 63.100 \text{ Kg CO}_2/\text{TJ} \times 47,3 \times 10^{-6} \\ &\quad \text{TJ/Kg} \\ &= 24,30 \text{ Kg CO}_2/\text{bulan} \\ &= 291,64 \text{ Kg CO}_2/\text{tahun} \end{aligned}$$

Berikut Tabel 4.18 yang menjelaskan lengkap hasil perhitungan rata-rata emisi CO₂ penggunaan LPG Rumah Tangga.

Tabel 4. 18 Rata-rata emisi CO₂ Penggunaan LPG Rumah Tangga

No	Kelurahan	Rata-rata LPG (Kg)	Jumlah	Rata-Rata Emisi CO ₂	Rata-Rata Emisi CO ₂
			Rumah Tangga	Kg CO2/bulan	Kg CO2/Tahun
1	Kelurahan Krikilan	9.43	1503.9	42320.94	507851.34
2	Kelurahan Driyorejo	13.71	1647.9	67451.96	809423.47
3	Kelurahan Cangkir	9.43	1263.6	35558.71	426704.54
4	Kelurahan Bambi	8.14	1986.3	48273.87	579286.50
5	Kelurahan Mulung	6.00	1074.6	19243.70	230924.40
6	Kelurahan Tenaru	49.50	914.4	135092.71	1621112.53
7	Kelurahan Petiken	9.00	2631.6	70689.17	848270.05
8	Kelurahan Kesamben Wetan	15.00	1309.5	58625.59	703507.14
9	Kelurahan Sumpit	13.00	2072.7	80421.15	965053.85
10	Kelurahan Tanjungan	9.50	1151.1	32638.27	391659.27
11	Kelurahan Banjaran	7.50	1395	31226.69	374720.30
12	Kelurahan Karangandong	9.00	1164	31266.98	375203.81
13	Kelurahan Mojosari Rejo	6.50	2244	43533.81	522405.76
14	Kelurahan Wedoroanom	10.50	907	28424.12	341089.49
15	Kelurahan Randegansari	7.00	1890	39486.65	473839.86
16	Kelurahan Gadung	8.00	1199	28628.57	343542.85
Total			24354.60	792882.93	9514595.127

Berdasarkan tabel diatas menunjukan konsumsi energi LPG rumah tangga tertinggi pada Kelurahan Tenaru dan terkecil pada Kelurahan Mulung. Konsumsi energi LPG di Kelurahan Tenaru tinggi karena rata-rata masyarakatnya banyak membuka warung makan yang mengakibatkan tinggi konsumsi LPG. Sedangkan di Kelurahan Mulung terkecil karena kelurahan tersebut termasuk masih daerah tertinggal dibanding dengan kelurahan lainnya mengakibatkan banyak yang masih memakai kayu bakar dan minyak tanah.

4.3 Data Sekunder

4.3.1 Industri

Energi di industri digunakan untuk bahan bakar pembangkit listrik, bahan bakar motor, bahan bakar di *furnace*,

bahan bakar *boiler* untuk membuat *steam*. Emisi gas rumah kaca pada industri berasal dari proses produksi. Umumnya emisi dari proses produksi pada industri yang dihasilkan dari reaksi kimia atau secara fisik menghasilkan zat sisa.

Industri yang dipakai perhitungan carbon adalah Industri yang nilai produksinya rata – rata serta dengan kemudahan data diperoleh pada saat dilakukan penelitian di lapangan. Berikut data Industri yang dihimpun ada di Kecamatan Driyorejo berdasarkan data dari Badan Penanaman Modal dan Perizinan Kabupaten Gresik tahun 2012.

Berikut data Industri berdasarkan Komoditi

❖ Industri Besar

• Hasil Hutan

No	Nama Industri
1	PT Diamond Graha Furindo
2	PT Indo Mapan
3	PT Kreasi Alam Indonesia
4	PT Multi Manao Indonesia
5	PT Accasia Nusantara Indah
6	PT Sura Indah Wood Industries

• Tekstil

No	Nama Industri
1	PT Ever Indonesia Textile Mills
2	PT Ever Jih Cheng Non Woven
3	PT Ever Sunshinen Kniting
4	PT Evitex Naya Manggala
5	PT Forindo Pandutama
6	PT Fulindo Anggun Textile
7	Huey Chi Surabaya Co LTD
8	PT Indo Golden Standard

No	Nama Industri
9	CV Indradhanu
10	PT Jen Tsong Indonesia
11	PT Mitra Saruta Indonesia
12	PT Pangestu Guna Gloves
13	PT Patal Pangestu Segoro
14	PT Royal Oriental Raplastex
15	PT Sasmita Abadi Gloves
16	PT Super Mega Gloves

- Pulp dan Kertas

No	Nama Industri
1	PT Mulia Artha Sejati
2	PT Multi Duta Utari
3	PT Multipack Unggul
4	PT Sinar Era Box
5	PT Surabaya Agung Industri Pulp & Kertas Tbk
6	PT Surabaya Mekabox

- Kimia

No	Nama Industri
1	PT Emdeki Utama
2	PT Madu Langka Perkasa
3	PT Sinar Berlian Chemindo
4	PT Surabaya Acetylene Bambe
5	PT Wing Surya

- Logam dan Barang dari Logam

No	Nama Industri
1	PT Beton Jaya Manunggal

No	Nama Industri
2	PT Bumisaka Steelindo
3	PT Forgindo Prima Steel
4	PT Gemilang Perkasa Lestari
5	PT Indo Zinc Diecasting
6	PT Jatim Bromo Steel
7	PT Surabaya Wire
8	PT Wiharta Prametal
9	PT. Tosan Mitra Sejati

- Agro

No	Nama Industri
1	PT Jadi Mas

Nilai konsumsi bahan bakar diesel pada industri menggunakan data sekunder dari penelitian tugas akhir tentang kajian *carbon footprint* dari kegiatan industri di Kota Surabaya tahun 2010. Masing-masing komoditi mengambil data sekunder tentang konsumsi bahan bakar dengan konsumsi tertinggi. Hasil konsumsi bahan bakar dipakai dan disesuaikan dengan penelitian ini. Konsumsi bahan bakar masing-masing komoditas berbeda-beda. Industri menengah ditiadakan karena dalam data sekunder untuk komoditas di Kecamatan Driyorejo tidak ada. Berikut data konsumsi bahan bakar tiap komoditi:

- Komoditas
 - Hasil Hutan : 670 liter/bulan
 - Tekstil : 12.000 liter/bulan
 - Pulp dan kertas : 25.000 liter/bulan
 - Kimia : 4.000 liter/bulan
 - Logam dan Barang dari logam : 16.000 liter/bulan
 - Agro : 2.700 liter/bulan

Sumber: Setiawan, 2010

Perhitungan emisi CO₂ hanya primer saja karena emisi yang ditimbulkan langsung pada sumbernya. Sebagai contoh perhitungan emisi CO₂ primer dari Industri yang adayıtu komoditas tekstil . Maka jumlah emisi CO₂ primernya:

Diketahui: a. Data konsumsi bahan bakar

- *Industrial Diesel Oil* = 12.000 l/bulan

b. Data nilai kalor

- *Industrial Diesel Oil* = 38×10^{-6} TJ/liter

c. Data faktor emisi

- *Industrial Diesel Oil* = 74.100 kg/TJ

Konsumsi energi (TJ) = Konsumsi energi (sat.fisik) x
Nilai kalor (TJ/sat.fisik)

Konsumsi energi (TJ) = 12.000 L x 38×10^{-6} TJ/L =
0,456 TJ

Emisi CO₂ = Konsumsi energi (TJ/tahun) x FE
Industrial Oil (kg/TJ)

= 5,47 TJ/tahun x 74.100 kg/TJ =
405.475kg CO₂/tahun = 33.789,6 kg
CO₂/bulan

Berikut rincian hasil perhitungan beban sumber emisi CO₂ dari Industri besar dan Industri menengah dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Beban Sumber Emisi CO₂ Industri

No	Komoditi	Emisi CO ₂ (kg CO ₂)/bulan	Emisi CO ₂ (kg CO ₂)/tahun
1	Tekstil	33790	405475
2	Hasil Hutan	1887	22639
3	Pulp & Kertas	70395	844740
4	Kimia	11263	135158
5	Logam	45053	540634
6	Agro	7603	91232

Berdasarkan tabel diatas menunjukkan beban emisi CO₂ pada industri paling kecil pada industri komoditi hasil hutan yaitu sebesar 1.887kg CO₂/bulan = 22.639kg CO₂/tahun . Sedangkan emisi tertinggi pada industri komoditi pulp dan kertas yaitu sebesar 70.395 kg CO₂/bulan = 844.740 kg CO₂/tahun.

Sesuai dengan rumus perhitungan diatas juga dilakukan untuk industri lainnya. Setelah hasil perhitungan industri lainnya sudah dilakukan, maka industri tersebut dikelompokkan menurut alamat pabrik sesuai dengan kelurahan masing-masing. Hasil perhitungan jumlah emisi CO₂ yang ada di Kecamatan Driyorejo dibagi menurut jenis komoditinya sesuai dengan jenis industri besar dan menengah. Untuk jumlah total emisi CO₂ merupakan hasil perhitungan emisi CO₂ yang diperoleh melalui satu jenis Industri sebagai obyek penelitian, sehingga untuk gambaran representatif emisi CO₂ dari komoditi tersebut dikalikan dengan jumlah Industri yang sama pada tiap-tiap wilayah.

Sebagai contoh emisi CO₂ yang dihasilkan dari jenis komoditi Industri pulp dan kertas untuk industri besar di kelurahan Driyorejo sebesar 70.395 kg CO₂/bulan, maka dalam kelurahan Driyorejo kontribusinya dikalikan dengan banyaknya Industri serupa dalam satu wilayah kelurahan. Karena dalam kelurahan Driyorejo terdapat 4 industri serupa maka nilai emisi CO₂ menjadi 281.580 Kg CO₂/bulan = 3.378.960 kg CO₂/tahun.

❖ Kelurahan Bambe

Berikut ini adalah Tabel 4.20 yang memuat hasil selengkapnya untuk kontribusi beban sumber emisi CO₂ dari Industri besar di Kelurahan Bambe.

Tabel 4. 20 Emisi CO₂ di Kelurahan Bambe

No	Jenis	Kelurahan Bambe Besar	Jumlah	Total
	Komoditi	Emisi CO ₂	Industri	Emisi
		Primer	Serupa	
		Kg CO ₂ /Tahun		Kg CO ₂ /Tahun
1	Tekstil	405475,2	1	405475,2
2	Pulp dan Kertas	844740	2	1689480
3	Kimia	135158,4	3	1689480
4	Industri Logam	540633,6	1	405475,2
5	Hasil Hutan	22639,03	1	22639,03
Total				4212549,43

Melihat hasil total emisi CO₂ pada Kelurahan Bambe untuk industri besar menunjukkan angka 4.212.549,43Kg CO₂/Tahun. Nilai emisi di Kelurahan Bambe termasuk rendah itu disebabkan jenis industri pada wilayah tersebut dan jumlah industri serupa masih sedikit dikarenakan keterbatasan data sekunder untuk konsumsi bahan bakar semua industri yang ada di Kelurahan Bambe. Alasan dikatakan rendah karena dalam rentang penilaian kelas ruang beban emisi CO₂ berada pada skala nilai emisi ruang 1 yaitu masih dalam taraf rendah.

❖ Kelurahan Cangkir

Berikut ini adalah Tabel 4.21 Yang memuat hasil selengkapnya untuk kontribusi emisi CO₂ dari Industri besar di Kelurahan Cangkir.

Tabel 4. 21 Emisi CO₂ di Kelurahan Cangkir

No	Jenis	Kelurahan Cangkir Besar	Jumlah	Total
	Komoditi	Emisi CO ₂	Industri	Emisi
		Primer	Serupa	
		Kg CO ₂ /Tahun		Kg CO ₂ /Tahun
1	Tekstil	405475,2	1	405475,2
2	Kimia	135158,4	1	135158,4
3	Industri Logam	540633,6	2	1081267,2
Total				1621900,8

Melihat hasil total emisi diatas, pada Kelurahan Cangkir tergolong rendah nilai emisi CO₂ disebabkan jenis industri pada wilayah tersebut dan jumlah industri serupa masih sedikit dikarenakan keterbatasan data sekunder untuk konsumsi bahan bakar dan jenis komoditas dari Badan Penanaman Modal Kabupaten Gresik yang hanya untuk industri menengah dan besar saja, belum untuk industri kecil yang ada di Kelurahan Cangkir. Alasan dikatakan rendah karena dalam rentang penilaian kelas ruang beban emisi CO₂ berada pada skala nilai emisi ruang 1 yaitu masih dalam taraf rendah.

❖ **Kelurahan Driyorejo**

Berikut ini adalah Tabel 4.22 yang memuat hasil selengkapnya untuk kontribusi emisi CO₂ dari Industri besar di Kelurahan Driyorejo.

Tabel 4. 22 Emisi CO₂ Industri Besar di Kelurahan Driyorejo

No	Jenis	Kelurahan Driyorejo Besar	Jumlah	Total
	Komoditi	Emisi CO ₂	Industri	Emisi
		Primer	Serupa	
		Kg CO ₂ /Tahun		Kg CO ₂ /Tahun
1	Hasil Hutan	22639,03	1	22639,03
2	Tekstil	405475,2	3	1216425,6
3	Pulp dan Kertas	844740	4	3378960
4	Industri Logam dan Barang dari Logam	540633,6	2	1081267,2
5	Kimia	135158	1	135158,4
Total				5834450,23

Melihat hasil total emisi CO₂ pada Kelurahan Driyorejo menunjukkan tingkat pencemaran yang cukup rendah pada skala satu kelurahan. Melihat dari ragamnya jenis industri pada Kelurahan Driyorejo dan banyaknya industri serupa pada komoditi pulp dan kertas menyebabkan nilai emisi yang cukup rendah disebabkan jenis industri pada wilayah tersebut dan jumlah industri serupa masih sedikit dikarenakan keterbatasan data sekunder untuk konsumsi bahan bakar dan jenis komoditas dari Badan Penanaman Modal Kabupaten Gresik yang hanya untuk industri menengah dan besar saja, belum untuk industri kecil yang ada di Kelurahan Driyorejo. Alasan dikatakan cukup rendah karena dalam rentang penilaian kelas ruang beban emisi CO₂ berada pada skala nilai emisi ruang² yaitu masih dalam taraf cukup rendah.

❖ Kelurahan Krikilan

Berikut ini adalah Tabel 4.23 yang memuat hasil selengkapnya untuk kontribusi emisi CO₂ dari Industri besar di Kelurahan Krikilan.

Tabel 4. 23 Emisi CO₂ Industri Besar di Kelurahan Krikilan

No	Jenis	Kelurahan Krikilan Besar	Jumlah	Total
	Komoditi	Emisi CO ₂	Industri	Emisi
		Primer	Serupa	
		Kg CO ₂ /Tahun		Kg CO ₂ /Tahun
1	Hasil Hutan	22639,03	2	45278,06
2	Tekstil	405475,2	11	4460227,2
3	Kimia	135158,4	2	270316,8
4	Industri Logam	540633,6	2	1081267,2
Total				5857089,26

Melihat hasil total emisi CO₂ diatas menunjukkan hasil emisi cukup rendah pada satu kelurahan. Ini dikarenakan banyaknya industri tekstil yang mencapai 11 buah pada satu kelurahan membuat hasil beban sumber emisi yang tinggi dan juga industri komoditas lainnya yang memberi andil besar dalam meningkatkan emisi CO₂ karena jumlah industri serupa yang lebih dari satu. Hal ini disebabkan jenis industri pada wilayah tersebut dan jumlah industri serupa masih tergolong sedikit dikarenakan keterbatasan data sekunder untuk konsumsi bahan bakar dan jenis komoditas dari Badan Penanaman Modal Kabupaten Gresik yang hanya untuk industri menengah dan besar saja, belum untuk industri kecil yang ada di Kelurahan Krikilan. Alasan dikatakan cukup rendah karena dalam rentang penilaian kelas ruang beban emisi CO₂ berada pada skala nilai emisi ruang 2 yaitu masih dalam taraf cukup rendah.

❖ Kelurahan Kesamben Wetan

Berikut ini adalah Tabel 4.24 yang memuat hasil selengkapnya untuk kontribusi emisi CO₂ dari Industri besar di Kelurahan Kesamben Wetan

Tabel 4. 24 Emisi CO₂ Industri Besar di Kelurahan Kesamben Wetan

No	Jenis	Kelurahan Kesamben Wetan Besar	Jumlah	Total
	Komoditi	Emisi CO ₂	Industri	Emisi
		Primer	Serupa	
		Kg CO ₂ /Tahun		Kg CO ₂ /Tahun
1	Kimia	135158,4	1	135158,4
2	Hasil Hutan	22639,03	1	22639,03
Total				157797,43

Pada kelurahan Kesamben Wetan hanya dua industri besar saja yang terdata namun tingkat emisi yang dihasilkan tergolong rendah hanya untuk dua industri saja dalam satu wilayah disebabkan jenis industri pada wilayah tersebut dan jumlah industri serupa masih sedikit dikarenakan keterbatasan data sekunder untuk konsumsi bahan bakar dan jenis komoditas dari Badan Penanaman Modal Kabupaten Gresik yang hanya untuk industri menengah dan besar saja, belum untuk industri kecil yang ada di Kelurahan Kesamben Wetan. Alasan dikatakan rendah karena dalam rentang penilaian kelas ruang beban emisi CO₂ berada pada skala nilai emisi ruang 2 yaitu masih dalam taraf rendah.

❖ Kelurahan Mojosari Rejo

Berikut ini adalah Tabel 4.25 yang memuat hasil selengkapnya untuk kontribusi emisi CO₂ dari Industri besar di Kelurahan Mojosari Rejo

Tabel 4. 25 Emisi CO₂ Industri Besar di Kelurahan Mojosari Rejo

No	Jenis	Kelurahan Mojosari Rejo Besar	Jumlah	Total
	Komoditi	Emisi CO ₂	Industri	Emisi
		Primer	Serupa	
		Kg CO ₂ /Tahun		Kg CO ₂ /Tahun
1	Agro	91231,92	1	91231,92
Total				91231,92

Pada Kelurahan Mojosari Rejo hanya terdapat satu industri besar komoditi agro dengan tingkat emisi 91.231,92 Kg CO₂/tahun yang tergolong emisi rendah disebabkan jenis industri pada wilayah tersebut dan jumlah industri serupa masih sedikit dikarenakan keterbatasan data sekunder untuk konsumsi bahan bakar dan jenis komoditas dari Badan Penanaman Modal Kabupaten Gresik yang hanya untuk industri menengah dan besar saja, belum untuk industri kecil yang ada di Kelurahan Mojosari Rejo. Alasan dikatakan rendah karena dalam rentang penilaian kelas ruang beban emisi CO₂ berada pada skala nilai emisi ruang 2 yaitu masih dalam taraf rendah.

❖ Kelurahan Tanjungan

Berikut ini adalah Tabel 4.26 yang memuat hasil selengkapnya untuk kontribusi emisi CO₂ dari Industri besar di Kelurahan Tanjungan.

Tabel 4. 26 Emisi CO₂ Industri Besar di Kelurahan Tanjungan

No	Jenis	Kelurahan Tanjungan Besar	Jumlah	Total
	Komoditi	Emisi CO ₂	Industri	Emisi
		Primer	Serupa	
		Kg CO ₂ /Tahun		Kg CO ₂ /Tahun
1	Hasil Hutan	22639,03	1	22639,03
2	Industri Logam dan Barang dari Logam	540633,6	1	540633,6
Total				563272,63

Pada Kelurahan Tanjungan ada dua industri besar dengan komoditi berbeda berakumulatif nilai emisinya menjadi tingkat rendah emisinya disebabkan jenis industri pada wilayah tersebut dan jumlah industri serupa masih sedikit dikarenakan keterbatasan data sekunder untuk konsumsi bahan bakar dan jenis komoditas dari Badan Penanaman Modal Kabupaten Gresik yang hanya untuk industri menengah dan besar saja, belum untuk industri kecil yang ada di Kelurahan Tanjungan. Alasan dikatakan rendah karena dalam rentang penilaian kelas ruang beban emisi CO₂ berada pada skala nilai emisi ruang 2 yaitu masih dalam taraf rendah.

❖ **Kelurahan Sumput**

Berikut ini adalah Tabel 4.27 yang memuat hasil selengkapnya untuk kontribusi emisi CO₂ dari Industri besar di Kelurahan Sumput

Tabel 4. 27 Emisi CO₂ Industri Besar di Kelurahan Sumput

No	Jenis	Kelurahan Sumput Besar	Jumlah	Total
	Komoditi	Emisi CO ₂	Industri	Emisi
		Primer	Serupa	
		Kg CO ₂ /Tahun		Kg CO ₂ /Tahun
1	Hasil Hutan	22639,03	1	22639,03
Total				22639,03

Emisi CO₂ di Kelurahan Sumput tergolong rendah melihat industri yang ada mengeluarkan emisi cukup kecil. Industri diatas hanya yang terdata pada Badan penanaman modal dan perizinan Kabupaten Gresik tahun 2012 yang dihitung tingkat emisinya disebabkan jenis industri pada wilayah tersebut dan jumlah industri serupa masih sedikit dikarenakan keterbatasan data sekunder untuk konsumsi bahan bakar dan jenis komoditas dari Badan Penanaman Modal Kabupaten Gresik yang hanya untuk industri menengah dan besar saja, belum untuk industri kecil yang ada di Kelurahan Sumput. Alasan dikatakan rendah karena dalam rentang penilaian kelas ruang beban emisi CO₂ berada pada skala nilai emisi ruang 2 yaitu masih dalam taraf rendah.

❖ Kelurahan Karangandong

Berikut ini adalah Tabel 4.28 yang memuat hasil selengkapnya untuk kontribusi emisi CO₂ dari Industri besar di Kelurahan Karangandong

Tabel 4. 28 Emisi CO₂ Industri Besar di Kelurahan Karangandong

No	Jenis	Kelurahan Karangandong Besar	Jumlah	Total
	Komoditi	Emisi CO ₂	Industri	Emisi
		Primer	Serupa	
		Kg CO ₂ /Tahun		Kg CO ₂ /Tahun
1	Industri Logam	540633,6	1	540633,6
Total				540633,6

Pada kelurahan Karangandong tingkat emisi tergolong rendah karena data industri yang terdata hanya satu jenis dan jumlahnya juga satu jadi emisi yang dihasilkan tergolong rendah disebabkan jenis industri pada wilayah tersebut dan jumlah industri serupa masih sedikit dikarenakan keterbatasan data sekunder untuk konsumsi bahan bakar dan jenis komoditas dari Badan Penanaman Modal Kabupaten Gresik yang hanya untuk industri menengah dan besar saja, belum untuk industri kecil yang ada di Kelurahan Karangandong. Alasan dikatakan rendah karena dalam rentang penilaian kelas ruang beban emisi CO₂ berada pada skala nilai emisi ruang 2 yaitu masih dalam taraf rendah.

Berdasarkan tabel-tabel diatas diperoleh bahwa penghasil emisi CO₂ paling besar yaitu wilayah Kecamatan Krikilan yaitu sebesar 5.857.089,26Kg CO₂/Tahun, sedangkan yang paling kecil terdapat pada Kelurahan Sumpat yaitu sebesar 22.639,03Kg CO₂/Tahun. Ini menunjukkan pusat industri ada pada kelurahan Krikilan karena wilayah tersebut bersebarangan dengan daerah aliran sungai (DAS) brantas yang memudahkan pihak industri membuang limbahnya dan juga merupakan jalur padat lalu lintas kendaraan bermotor bermuatan besar (truk) yang menandakan sepanjang jalan di Kelurahan Krikilan kegiatan industrinya beraktifitas tinggi. Berikut Tabel 4.29 yang

menunjukkan keseluruhan emisi CO₂ yang dihasilkan masing-masing Kelurahan.

Tabel 4. 29 Kontribusi Total Emisi CO₂ Tiap-Tiap Kelurahan

No	Kelurahan	Total Emisi CO ₂
		Kg CO ₂ /Tahun
1	Krikilan	5857089,26
2	Driyorejo	5699291,83
3	Cangkir	1621900,80
4	Bambe	4212549,43
5	Sumput	22639,03
6	Tanjungan	563272,63
7	Karangandong	540633,60
8	Kesamben Wetan	157797,43
9	Mojosari Rejo	91231,92

4.3.2 Bidang Pertanian

Sumber emisi CH₄ dari kegiatan pertanian dihasilkan pada lahan sawah. Lokasi dan luasan lahan sawah yang terdapat di Kecamatan Driyorejo didasarkan pada penggunaan lahan eksisting (sumber: RTRW Kabupaten Gresik). Setiap sawah yang ada di Kecamatan Driyorejo diasumsikan digunakan untuk menanam padi karena periode tanam padi ada pada bulan Januari - April.

Perhitungan emisi CH₄ dari kegiatan pertanian dengan menggunakan persamaan 9. Kondisi ini diasumsikan sama untuk semua persawahan di Kecamatan Driyorejo. Yang membedakan terletak pada luas lahan persawahan padi tiap kelurahan. Contoh perhitungan emisi CH₄ dari lahan sawah padi di Kelurahan Krikilan adalah:

- Luas lahan (A) = 44 ha
- Lama budidaya padi dalam 1 tahun (t) : 150 hari

- EF padi sawah dengan irigasi terus-menerus dan tanpa pengembalian bahan organik (EF_c) = 1,61 kg/ha/hari
 - Faktor skala lahan sawah tadah hujan rawan banjir = 0,49 (SF_w)
 - Faktor skala rezim air sebelum periode budidaya (SF_P) tidak digunakan karena tergenang sebelum penanaman < 30 hari
 - Faktor skala untuk jenis tanah entisols (SF_s) = 1,02
 - Faktor skala varietas padi Ciherang (SF_r) = 0,57
- (1) Menghitung faktor emisi harian dengan persamaan 10
 $= 1,61 \text{ kg CH}_4/\text{ha/hari} \times 0,49 \times 1,02 \times 0,57$
 $= 0,45 \text{ kg CH}_4/\text{ha/hari}$
- (2) Menghitung emisi metana dari lahan sawah dengan persamaan 9
 $= 0,45 \text{ kg CH}_4/\text{ha/hari} \times 150 \text{ hari} \times 44 \text{ ha} = 2.970 \text{ kg CH}_4/\text{tahun}$
- Berikut hasil perhitungan emisi CH_4 dari seluruh kelurahan di Kecamatan Driyorejo dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4. 30 Estimasi Emisi CH₄ persawahan Padi

No	Kelurahan	Luas Sawah (ha)	Lama Budidaya Padi 1 Tahun (hari)	Efi (kgCH ₄ /ha/hr)	Estimasi Emisi CH ₄ (kgCH ₄ /th)
1	Krikilan	44	150	0,45	2970
2	Driyorejo	20			1350
3	Cangkir	36			2430
4	Bambe	20			1350
5	Mulung	126			8505
6	Tenaru	90			6075
7	Petiken	48			3240
8	Kesamben Wetan	106			7155
9	Sumput	106			7155
10	Tanjungan	102			6885
11	Banjaran	89			6008
12	Karangandong	90			6075
13	Mojosari Rejo	82			5535
14	Wedoroanom	168			11340
15	Randegansari	290			19575
16	Gadung	93			6278

Menurut tabel diatas emisi CH₄ tertinggi ada pada kelurahan Randegansari karena lahan persawahan padi masih banyak yang produktif sedangkan emisi CH₄ terendah ada pada Kelurahan Bambe dan Kelurahan Driyorejo karena umumnya pada kedua kelurahan tersebut telah terjadi konversi lahan pertanian menjadi lahan industri yang menyebabkan sedikit sekali lahan persawahan padi yang produktif didaerah tersebut.

Penggunaan pupuk urea pada budidaya pertanian menyebabkan lepasnya CO₂ yang diikat selama proses pembuatan pupuk. Kategori sumber ini perlu dimasukkan karena

pengambilan (fiksasi) CO₂ dari atmosfer selama pembuatan urea diperhitungkan dalam sektor industri. Perhitungan emisi CO₂ dari penggunaan pupuk urea menggunakan persamaan 12. Jumlah pupuk urea yang digunakan dapat dihitung melalui pendekatan luas tanam dan dosis rekomendasi. Dalam wilayah studi saya pertanian yang dihitung berupa tanaman pangan seperti padi, kacang tanah, kacang hijau, ubikayu, dan kedelai. Contoh perhitungan emisi CO₂ penggunaan pupuk urea adalah:

- Kelurahan Randegansari luas lahan padi = 290 ha
- Luas lahan jagung = 86 ha; dosis urea = 350 kg/ha
- Luas lahan kedelai = 12 ha; dosis urea = 56 kg/ha
- Luas lahan kacang tanah = 21 ha; dosis urea = 56 kg/ha
- Luas lahan kacang hijau = 17 ha; dosis urea = 56 kg/ha
- Luas lahan ubikayu = 3 ha; dosis urea = 150 kg/ha
- Dosis urea padi = 250 kg/ha

(1) Menghitung konsumsi pupuk

- Padi = 290 ha x 250 kg/ha = 72.500 kg
- Jagung = 86 ha x 350 kg/ha = 30.100 kg
- Kedelai = 12 ha x 56 kg/ha = 672 kg
- Kacang tanah = 21 ha x 56 kg/ha = 1.176 kg
- Kacang hijau = 17 ha x 56 kg/ha = 952 kg
- Ubikayu = 3 ha x 150 kg/ha = 450 kg
- Jumlah penggunaan pupuk urea = 105,85 ton

(2) Menghitung emisi CO₂ dari penggunaan pupuk urea

$$= 105,85 \text{ ton/tahun} \times 0,20 = 21,17 \text{ ton CO}_2/\text{tahun}$$

Perhitungan untuk kelurahan lain dapat dilihat pada Tabel

Tabel 4. 31 Konsumsi Pupuk Urea

Desa/Kelurahan	Padi			Jagung		
	Luas Lahan (ha)	Dosis Urea (kg/ha)	Konsumsi Pupuk (kg)	Luas Lahan (ha)	Dosis Urea (kg/ha)	Konsumsi Pupuk (kg)
Krikilan	44	250	11000	26	350	9100
Driyorejo	20		5000	10		3500
Cangkir	36		9000	28		9800
Bambe	20		5000	6		2100
Mulung	126		11000	77		26950
Tenaru	90		22500	58		20300
Petiken	48		12000	28		9800
Kesamben Wetan	106		26500	46		16100
Sumput	106		26500	52		18200
Tanjungan	102		25500	66		23100
Banjaran	89		22250	68		23800
Karangandong	90		22500	46		16100
Mojosari Rejo	82		20500	32		11200
Wedoroanom	168		42000	61		21350
Randegansari	290		72500	86		30100
Gadung	93		23250	34		11900
Desa/Kelurahan	Kacang Tanah			Kacang Hijau		
	Luas Lahan (ha)	Dosis Urea (kg/ha)	Konsumsi Pupuk (kg)	Luas Lahan (ha)	Dosis Urea (kg/ha)	Konsumsi Pupuk (kg)
Krikilan	-	56	-	-	56	-
Driyorejo	-		-	-		-
Cangkir	-		-	-		-
Bambe	-		-	-		-
Mulung	6		336	6		336
Tenaru	7		392	3		168
Petiken	-		-	-		-
Kesamben Wetan	6		336	4		224
Sumput	16		896	12		672
Tanjungan	4		224	2		112
Banjaran	4		224	2		112
Karangandong	12		672	8		448
Mojosari Rejo	4		224	4		224
Wedoroanom	6		336	12		672
Randegansari	21		1176	17		952
Gadung	3		168	4		224

Tabel 4.31 (lanjutan)

Kelurahan	Ubikayu			Kedelai			Total Penggunaan Pupuk (ton)
	Luas (ha)	Dosis Urea (kg/ha)	Konsumsi Pupuk (kg)	Luas (ha)	Dosis Urea (kg/ha)	Konsumsi Pupuk (kg)	
Krikilan		150	-	-	56	-	20.1
Driyorejo			-	-		-	8.5
Cangkir			-	-		-	18.8
Bambe			-	-		-	7.1
Mulung	3		450	-		-	39.072
Tenaru	4		600	-		-	43.96
Petiken	2		300	-		-	22.1
Kesamben Wetan	4		600	-		-	43.76
Sumput	3		450	-		-	46.718
Tanjungan	3		450	-		-	49.386
Banjaran	3		450	-		-	39.386
Karangandong	2		300	-		-	40.02
Mojosari Rejo	2		300	3		168	32.616
Wedoroanom	1		150	4		224	64.732
Randegansari	3		450	12		672	105.85
Gadung	2		300	-		-	35.842

Melihat tabel diatas menunjukan konsumsi pupuk urea tertinggi pada Kelurahan Randegansari karena pada kelurahan tersebut komoditas pertanian yang dihasilkan lebih produktif dan macam komoditas banyak seperti padi, jagung, kacang tanah, kacang hijau, ubi kayu, dan kedelai. Sedangkan konsumsi pupuk terendah pada Kelurahan Bambe karena wilayah pertanian di daerah tersebut mengecil karena adanya konversi lahan pertanian menjadi lahan industri. Untuk perhitungan emisi CO₂ tiap kelurahan penggunaan urea dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Tabel 4. 32 Emisi CO₂ Penggunaan Urea

Kelurahan	Total Penggunaan Pupuk (ton)	FE Urea	Emisi (ton CO ₂ /tahun)	Emisi (kg CO ₂ /tahun)
Krikilan	20,1	0,2	4,02	4020,0
Driyorejo	8,5		1,70	1700,0
Cangkir	18,8		3,76	3760,0
Bambe	7,1		1,42	1420,0
Mulung	39,072		7,81	7814,4
Tenaru	43,96		8,79	8792,0
Petiken	22,1		4,42	4420,0
Kesamben Wetan	43,76		8,75	8752,0
Sumput	46,718		9,34	9343,6
Tanjungan	49,386		9,88	9877,2
Banjaran	39,386		7,88	7877,2
Karangandong	40,02		8,00	8004,0
Mojosari Rejo	32,616		6,52	6523,2
Wedoroanom	64,732		12,95	12946,4
Randegansari	105,85		21,17	21170,0
Gadung	35,842		7,17	7168,4

Melihat tabel diatas menunjukan emisi CO₂ tertinggi untuk penggunaan pupuk urea pada tanaman pangan adalah Kelurahan Randegansari karena merupakan basis pertanian yang ada di Kecamatan Driyorejo sedangkan emisi terendah adalah Kelurahan Bambe yang telah terjadi konversi lahan pertanian menjadi lahan industri.

Sumber penghasil emisi N₂O dari kegiatan pertanian adalah akibat dari proses pemupukan pada lahan persawahan dan lahan sawah yang tergenang air. Untuk menghitung perkiraan emisi yang dihasilkan, diasumsikan bahwa seluruh lahan pertanian di Kecamatan Driyorejo menggunakan pupuk pada lahan persawahannya dan selalu tergenang air selama masa tanam. Lokasi dan luasan lahan sawah yang digunakan mengacu

pada fungsi ruang penggunaan lahan (sumber: RTRW Kabupaten Gresik). perhitungan N_2O pada bidang pertanian meliputi pemupukan dengan pupuk N- sintetis (misalnya urea, NPK, ZA), N organik, dan sisa tanaman. Emisi N_2O ada dua perhitungan yaitu perhitungan emisi N_2O langsung dan N_2O tidak langsung. Perbedaan langsung dengan tidak langsung adalah bila emisi N_2O langsung mineralisasi dapat terjadi secara langsung dari tanah dimana N ditambahkan/dilepaskan sedangkan emisi N_2O tidak langsung akibat melalui volatilisasi NH_3 dan NO_x dari tanah yang dikelola dan juga *run off* dari N terutama sebagai NO_3^- dari tanah yang dikelola.

Contoh Perhitungan emisi N_2O secara langsung dan tidak langsung dari kegiatan pertanian di Kelurahan Randegansari adalah:

- Konsumsi pupuk urea lahan sawah padi, jagung, kedelai, kacang tanah, kacang hijau, ubikayu masing-masing 72,5 ton, 30,1 ton, 0,67 ton, 1,17 ton, 0,95 ton, 0,45 ton.
 - Luas areal tanam padi = 290 ha, jagung = 86 ha, kedelai = 12 ha, kacang tanah = 21 ha, kacang hijau = 17 ha, ubikayu = 3 ha
 - Kandungan N pada urea = 46%
 - Produksi padi = 1.856 ton/tahun dan bagian biomas yang dikembalikan ke tanah 50% dengan rasio biomas dan biji 1:1
 - EF_1 (jagung, kedelai, dst) = 0,01 dan EF_{1FR} = 0,003, EF_4 = 0,01
 - $Frac_{GASF}$ = 0,10, $Frac_{GASM}$ = 0,20
- (1) Menghitung konsumsi N dari pupuk sintesis
- F_{SN} lahan kering(jagung, kedelai, dst) = 33,34 ton urea x 0,46 = 15,33 ton
 - F_{SN} lahan sawah padi = 72,5 ton urea x 0,46 = 33,35 ton
 - FCR Padi = 1.856 ton x 0,50 x 0,0186 = 17,26 ton

(2) Menghitung emisi langsung N_2O dengan persamaan 13

$$= \{[(15,33) \times 0,01] + [33,35 + 17,26) \times 0,003]\}$$

$$= (0,15 \text{ ton} + 0,15 \text{ ton}) = 0,30 \text{ ton } N_2O/\text{tahun}$$

(3) Menghitung emisi tidak langsung N_2O dengan persamaan 14

$$= \{[((15,33 + 33,35) \times 0,1) + (0,2 \times 0,01)]$$

$$= (4,868 + 0,002) = 4,87 \text{ ton } N_2O/\text{tahun}$$

Hasil perhitungan untuk kelurahan lain dapat dilihat pada Tabel 4.33.

Tabel 4. 33 Estimasi Emisi N_2O Langsung dan Tidak Langsung

Kelurahan	Emisi Langsung N_2O (ton/tahun)	Emisi Tidak Langsung N_2O (ton/tahun)	Total N_2O (kg/tahun)
Krikilan	0,16	0,03	187,45
Driyorejo	0,06	0,01	75,00
Cangkir	0,16	0,03	191,11
Bambe	0,04	0,01	52,56
Muhung	0,48	0,09	576,94
Tenaru	0,39	0,08	470,33
Petiken	0,18	0,04	211,64
Kesamben Wetan	0,35	0,07	418,12
Sumpat	0,43	0,09	520,81
Tanjungan	0,42	0,08	505,17
Banjaran	0,41	0,08	490,40
Karangandong	0,36	0,07	434,75
Mojosari Rejo	0,26	0,05	311,72
Wedoroanom	0,49	0,10	596,71
Randegansari	0,80	0,17	977,20
Gadung	0,26	0,06	316,91

Menurut tabel diatas dapat dilihat emisi N_2O langsung dan tidak langsung tertinggi adalah Kelurahan Randegansari karena pada wilayah tersebut areal pertanian masih banyak dibanding dengan kelurahan lain sedangkan tingkat emisi

terendah adalah Kelurahan Bambe karena pada daerah tersebut lahan pertanian mengecil akibat konversi lahan pertanian menjadi lahan industri.

4.3.3 Bidang Peternakan

Sumber emisi CH_4 dari kegiatan peternakan dihasilkan oleh proses fermentasi kotoran jenis-jenis hewan ternak. Data yang digunakan untuk melakukan perhitungan adalah data jumlah dan jenis hewan ternak berdasarkan data di Kecamatan Driyorejo. Sebelumnya jenis hewan ternak yang menghasilkan gas metana di Indonesia adalah sapi pedaging, sapi perah, kerbau, domba, kambing, babi, ayam negeri (ras) dan kampung (buras), ayam petelur dan bebek. Survey yang dilakukan oleh BPS di tahun 2006, menghasilkan struktur populasi ketiga ternak yaitu sapi perah, sapi pedaging dan kerbau di Indonesia. Berdasarkan struktur populasi tersebut diperoleh nilai faktor koreksi ($k(T)$) untuk sapi pedaging, sapi perah dan kerbau masing-masing 0.72, 0.75, dan 0.72. contoh perhitungan *animal unit* sebagai berikut:

Diketahui : a. jumlah ternak di Kelurahan Petiken, sapi

perah = 16 ekor; kerbau = 2

b. faktor koreksi sapi perah = 0,75;
kerbau = 0,72

c. Maka, $N_{(T)\text{in animal unit (sapi)}} = N_{(x)} * K_{(T)}$
 $= 16 * 0,75 = 12$
 unit

$N_{(T)\text{in animal unit (kerbau)}} = N_{(x)} * K_{(T)}$
 $= 2 * 0,72 = 1 \text{ unit}$

Berdasarkan persamaan diatas (*animal unit*) didapat hasil seperti pada Tabel 4.34.

Tabel 4. 34 *Animal unit*

No	Kelurahan	Hewan	Jumlah Ternak	Animal Unit
1	Krikilan	Sapi Perah	4	3
2	Driyorejo		7	5
3	Cangkir		4	3
4	Bambe		2	2
5	Mulung		21	16
6	Tenaru		14	11
7	Petiken	Sapi Perah	16	12
		Kerbau	2	1
8	Kesamben Wetan	Sapi Perah	9	7
9	Sumput		21	16
10	Tanjungan		42	32
11	Banjaran		12	9
12	Karangandong		32	24
13	Mojosari Rejo	Sapi Perah	29	22
		Kerbau	3	2
14	Wedoroanom	Sapi Perah	53	40
15	Randegansari	Sapi Perah	3	2
		Kerbau	2	1
16	Gadung	Sapi Perah	12	9

Dari hitungan tabel diatas, hasil dari *animal unit* dipakai dalam hitungan emisi metana dari fermentasi enterik. Perhitungan emisi metana dari fermentasi enterik dihitung dengan menggunakan persamaan 14 dari hewan *animal unit*. Contoh perhitungan sebagai berikut:

Kelurahan Sumput mempunyai hewan ternak sapi perah 21 ekor, kambing 74 ekor dan domba 28 ekor. *Animal unit* dari sapi perah di Kelurahan sumput menjadi 16 unit. Kemudian dengan persamaan 16 dihitung emisi CH_4 masing-masing.

$$\begin{aligned}\text{Emisi } \text{CH}_4(\text{sapi Perah}) &= \text{EF}_{(\text{T})} * \text{N}_{(\text{T})} \\ &= 61 * 16 = 976 \text{ kg } \text{CH}_4/\text{tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi } \text{CH}_4(\text{Kambing}) &= \text{EF}_{(\text{T})} * \text{N}_{(\text{T})} \\ &= 5 * 74 = 374 \text{ kg } \text{CH}_4/\text{tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Emisi } \text{CH}_4(\text{Domba}) &= \text{EF}_{(\text{T})} * \text{N}_{(\text{T})} \\ &= 5 * 28 = 140 \text{ kg } \text{CH}_4/\text{tahun}\end{aligned}$$

Berikut Tabel 4.35 emisi metana dari peternakan hewan sapi perah dan kerbau, selain kedua hewan (sapi perah dan kerbau) tersebut tetap dengan jumlah ternaknya tanpa dijadikan *animal unit*. Tiap kelurahan dihitung tingkat emisi CH_4 masing-masing hewan kemudian di total dengan tingkat emisi CH_4 hewan kambing dan dombadi Kecamatan Driyorejo

Tabel 4. 35 Emisi Metana dari Fermentasi Enterik *Animal Unit*

No	Kelurahan	Hewan	Jumlah Ternak	Animal Unit	Emisi CH_4
					Kg CH_4/th
1	Krikilan	Sapi Perah	4	3	183
2	Driyorejo		7	5	320
3	Cangkir		4	3	183
4	Bambe		2	2	92
5	Mulung		21	16	961
6	Tenaru		14	11	641
7	Petiken		16	12	732
		Kerbau	2	1	79
8	Kesamben Wetan	Sapi Perah	9	7	412
9	Sumput		21	16	961
10	Tanjungan		42	32	1922

No	Kelurahan	Hewan	Jumlah Ternak	Animal Unit	Emisi CH ₄
					Kg CH ₄ /th
11	Banjaran		12	9	549
12	Karangandong		32	24	1464
13	Mojosari Rejo		29	22	1327
		Kerbau	3	2	119
14	Wedoroanom	Sapi Perah	53	40	2425
15	Randegansari		3	2	137
		Kerbau	2	1	79
16	Gadung	Sapi Perah	12	9	549

Dilihat hasil CH₄ dari fermentasi enterik hewan *animal unit*, kelurahan tertinggi tingkat emisinya yaitu Kelurahan Wedoroanom sedangkan paling rendah emisi CH₄ yaitu Kelurahan Bambe yang hanya ada 2 ekor sapi di kelurahannya. Semakin tinggi jumlah ternak di satu wilayah mempengaruhi tingkat emisi CH₄ dari fermentasi enterik.

Emisi fermentasi enterik dari hewan ternak selain struktur populasi (sapi perah, sapi pedaging dan kerbau) yaitu kambing dan domba. Contoh perhitungan sama menggunakan persamaan 16 tapi tidak diawali dengan persamaan 15 karena bukan terasuk struktur populasi ternak yang dihitung oleh Negara. Rincian lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.36.

Tabel 4. 36 Emisi Metana dari Fermentasi Enterik Hewan Kambing dan Domba

No	Kelurahan	Hewan	Jumlah Ternak	Emisi Metana	Total Emisi Metana
				Kg CH ₄ /tahun	Kg CH ₄ /tahun
1	Kelurahan Krikilan	Kambing	48	240	325
		Domba	17	85	
2	Kelurahan Driyorejo	Kambing	56	280	410
		Domba	26	130	
3	Kelurahan Cangkir	Kambing	51	255	350
		Domba	19	95	
4	Kelurahan Bambe	Kambing	56	280	340
		Domba	12	60	
5	Kelurahan Mung	Kambing	66	330	450
		Domba	24	120	
6	Kelurahan Tenaru	Kambing	87	435	545
		Domba	22	110	
7	Kelurahan Petiken	Kambing	71	355	425
		Domba	14	70	
8	Kelurahan Kesamben Wetan	Kambing	62	310	450
		Domba	28	140	
9	Kelurahan Sumpit	Kambing	74	370	510
		Domba	28	140	
10	Kelurahan Tanjungan	Kambing	83	415	550
		Domba	27	135	
11	Kelurahan Banjaran	Kambing	74	370	640
		Domba	54	270	
12	Kelurahan Karangandong	Kambing	52	260	350
		Domba	18	90	
13	Kelurahan Mojosari Rejo	Kambing	61	305	485
		Domba	36	180	
14	Kelurahan Wedoroanom	Kambing	64	320	410
		Domba	18	90	
15	Kelurahan Randegansari	Kambing	92	460	620
		Domba	32	160	
16	Kelurahan Gadung	Kambing	76	380	490
		Domba	22	110	

Melihat tabel diatas menunjukan tingkat emisi CH₄ tertinggi dapat dilihat dari populasi hewan ternak yang dimiliki di Kelurahan yaitu pada Kelurahan Banjaran dengan tingkat emisi CH₄ sebesar 640 Kg CH₄/tahun sedangkan yang terkecil pada kelurahan Krikilan sebesar 325 Kg CH₄/tahun. Setelah semua populasi hewan ternak dihitung, lalu ditotal emisi CH₄ dari

kegiatan perternakan di tiap Kelurahan mulai hewan sapi perah, kerbau dan kambing, domba. Rincian lengkap ditampilkan pada Tabel 4.37.

Tabel 4. 37 Total emisi CH₄ Peternakan Tiap Kelurahan

No	Kelurahan	Emisi Metana (<i>Animal Unit</i>)	Emisi Metana	Total Emisi Metana
		Kg CH ₄ /tahun	Kg CH ₄ /tahun	Kg CH ₄ /tahun
1	Kelurahan Krikilan	183	325	508
2	Kelurahan Driyorejo	320	410	730
3	Kelurahan Cangkir	183	350	533
4	Kelurahan Bambe	92	340	432
5	Kelurahan Mutung	961	450	1411
6	Kelurahan Tenaru	641	545	1186
7	Kelurahan Petiken	732	425	1157
8	Kelurahan Kesamben Wetan	79	450	529
9	Kelurahan Sumput	412	510	922
10	Kelurahan Tanjungan	961	550	1511
11	Kelurahan Banjaran	1922	640	2562
12	Kelurahan Karangandong	549	350	899
13	Kelurahan Mojosari Rejo	1464	485	1949
14	Kelurahan Wedoroanom	1327	410	1737
15	Kelurahan Randegansari	119	620	739
16	Kelurahan Gadung	2425	490	2915

Berdasarkan tabel diatas tingkat emisi CH₄ fermentasi enterik hewan ternak tertinggi yaitu pada Kelurahan Gadung sedangkan yang terendah Kelurahan Bambe. Tinggi rendahnya hasil tersebut bergantung dari populasi hewan ternak dalam satu kelurahan. Semakin banyak hewan ternak maka semakin tinggi tingkat emisi CH₄ fermentasi enterik hewan ternak.

4.4 Pemodelan Beban Sumber Emisi Gas Rumah Kaca

Pemodelan emisi GRK dilakukan dengan melakukan proses *inverse distance weight* dari model sumber pencemar emisi, yaitu model emisi CO₂, CH₄, dan N₂O. dalam melakukan *inverse distance weight* (IDW) langkah awal yang dilakukan yaitu mengakumulasi nilai beban sumber emisi tiap kelurahan

sesuai dengan masing-masing gas pencemar. Kemudian pengklasifikasian nilai ruang terhadap masing-masing model sumber pencemar emisi, diubah kedalam nilai ruang yang memiliki skor 1 sampai 5, sebagai berikut:

- Tingkat Emisi rendah $\rightarrow$ Nilai Ruang 1
- Tingkat emisi cukup rendah $\rightarrow$ Nilai Ruang 2
- Tingkat emisi sedang $\rightarrow$ Nilai Ruang 3
- Tingkat emisi cukupbesar $\rightarrow$ Nilai Ruang 4
- Tingkat emisi besar $\rightarrow$ Nilai Ruang 5

Batasan nilai kriteria adalah:

Nilai Ruang 1 = 1000,24 Kg CO₂e /Tahun – 1072600,5 Kg CO₂e /Tahun

Nilai Ruang 2 = 1072601 Kg CO₂e /Tahun – 1535065,8 Kg CO₂e /Tahun

Nilai Ruang 3 = 1535066 Kg CO₂e /Tahun – 1997531,14 Kg CO₂e /Tahun

Nilai Ruang 4 = 1997532 Kg CO₂e /Tahun – 2459996,4 Kg CO₂e /Tahun

Nilai Ruang 5 = 2459997 Kg CO₂e /Tahun – 2922461,75 Kg CO₂e /Tahun

Batasan kriteria masing-masing nilai ruang pada setiap gas GRK berbeda-beda karena nilai maksimum dan minimum dari masing-masing sumber pencemar tiap kegiatan. Satuan yang digunakan menggunakan Kg/tahun karena satuan kg lebih mudah dipahami dan menstandarkan satuan yang digunakan di Indonesia untuk beban emisi.

4.4.1 Klasifikasi Nilai Ruang Model Emisi CO₂

Nilai emisi CO₂ masing-masing kegiatan dijumlahkan pada kelurahan yang terkena beban sumber emisi yang nantinya nilai total tersebut dijadikan pemodelan dengan proses IDW. Berdasarkan perhitungan emisi CO₂ yang telah dilakukan, berikut hitungan lengkap dari seluruh kelurahan total emisi CO₂ di Kecamatan Driyorejo dapat dilihat pada Tabel 4.38.

Tabel 4. 38 Total Beban Sumber Emisi CO₂

No	Kelurahan	Sumber Emisi				Total CO ₂
		Transportasi	Industri	Pertanian	Pemukiman	
		Kg CO ₂ /Tahun	Kg CO ₂ /Tahun	Kg CO ₂ /Tahun	Kg CO ₂ /Tahun	Kg CO ₂ /Tahun
1	Krikilan	-	5857089.26	4020.00	507851.34	6368960.60
2	Driyorejo	-	5699291.83	1700.00	809423.47	6510415.30
3	Cangkir	-	1621900.80	3760.00	426704.54	2052365.34
4	Bambe	-	4212549.43	1420.00	579286.50	4793255.93
5	Mulung	-	-	7814.40	230924.40	238738.80
6	Tenaru	-	-	8792.00	1621112.53	1629904.53
7	Petiken	-	-	4420.00	848270.05	852690.05
8	Kesamben Wetan	-	157797.43	8752.00	703507.14	870056.57
9	Sumpat	-	22639.03	9343.60	965053.85	997036.48
10	Tanjungan	-	563272.63	9877.20	391659.27	964809.10
11	Banjaran	-	-	7877.20	374720.30	382597.50
12	Karangandong	27611496.1	540633.60	8004.00	375203.81	28535337.51
13	Mojosari Rejo	-	91231.92	6523.20	522405.76	620160.88
14	Wedoroanom	-	-	12946.40	341089.49	354035.89
15	Randegansari	9459131.9	-	21170.00	473839.86	9954141.76
16	Gadung	-	-	7168.40	343542.85	350711.25

Berdasarkan tabel diatas wilayah kelurahan dengan tingkat emisi CO₂ tertinggi adalah Kelurahan Karang Andong karena pada wilayah tersebut penyumbang terbesar emisi berasal dari transportasi jalan. Hal ini dikarenakan akses jalan Karangandong ini merupakan jalan utama dari wilayah Gresik selatan ke pelabuhan internasional Kabupaten Gresik dengan arus kendaraan yang tinggi. Sedangkan tingkat emisi CO₂ terendah adalah wilayah Kelurahan Petiken karena emisi CO₂ yang dihitung pada wilayah tersebut hanya pertanian dan peternakan saja.

Pengklasifikasian nilai ruang model emisi CO₂ dibedakan menjadi 5 tingkat/nilai ruang. Pembagian nilai ruang didasarkan pada nilai *equal interval* dengan menggunakan rumus:
 Rentang nilai emisi CO₂ = Nilai maksimum – Nilai minimum/kelas ruang

Nilai Maksimum emisi gas CO₂ adalah 28535337,51 Kg CO₂/Tahun, nilai minimum emisi gas CO₂ adalah 238738,34 Kg CO₂/Tahun. Jadi rentang nilai emisi CO₂ adalah:

Rentang nilai emisi CO₂ = 28535337,51 – 238738,34 / 5

= 5631142,74 Kg CO₂/Tahun

Nilai Ruang 1 = 4793 Kg CO₂/Tahun – 5636000 Kg CO₂/Tahun

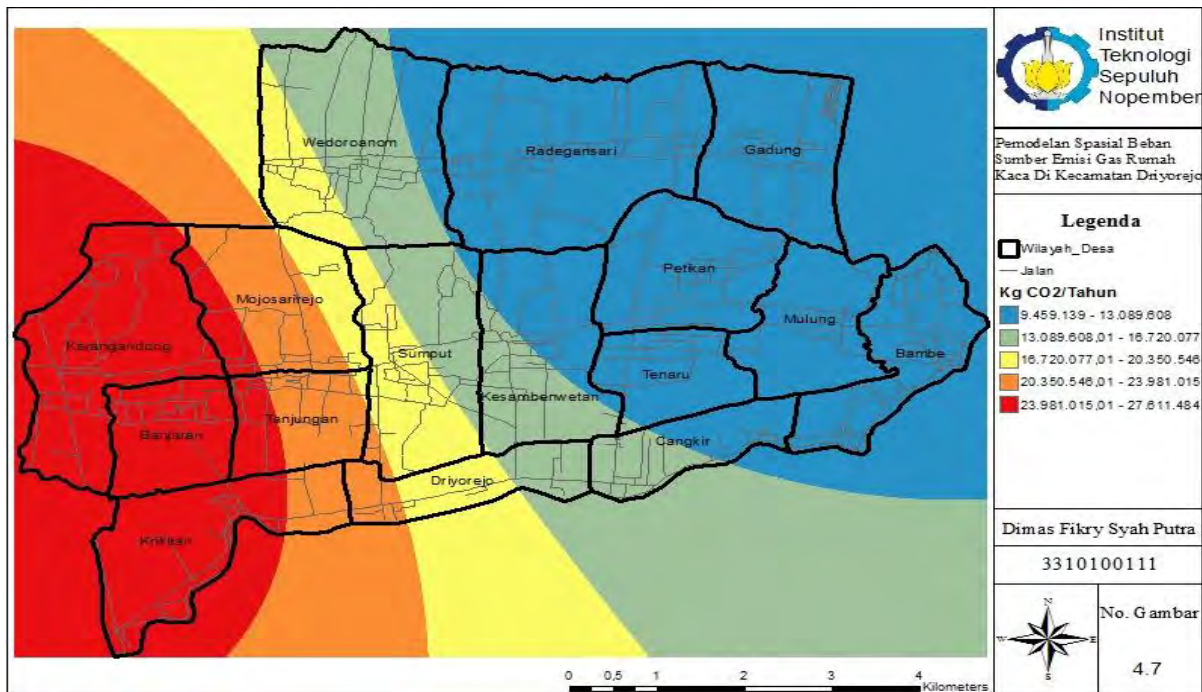
Nilai Ruang 2 = 5637000 Kg CO₂/Tahun – 11270000 Kg CO₂/Tahun

Nilai Ruang 3 = 11280000 Kg CO₂/Tahun – 16900000 Kg CO₂/Tahun

Nilai Ruang 4 = 16910000 Kg CO₂/Tahun – 22530000 Kg CO₂/Tahun

Nilai Ruang 5 = 22540000 Kg CO₂/Tahun – 28160000 Kg CO₂/Tahun

Dari hasil pembagian tingkat/nilai ruang, maka diperoleh klasifikasi nilai ruang dari model emisi CO₂ seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.7. Gambar selengkapnya dapat dilihat di lampiran A.



Gambar 4. 7 Pemodelan Beban Sumber Emisi CO₂

4.4.2 Klasifikasi Nilai Ruang Model Emisi CH₄

Nilai emisi CH₄ masing-masing kegiatan dijumlahkan pada kelurahan yang terkena beban sumber emisi yang nantinya nilai total tersebut dijadikan pemodelan dengan proses IDW. Berdasarkan perhitungan emisi CH₄ yang telah dilakukan, berikut hitungan lengkap dari seluruh kelurahan total emisi CH₄ di Kecamatan Driyorejo dapat dilihat pada Tabel 4.39.

Tabel 4. 39 Total Beban Sumber Emisi CH₄

No	Kelurahan	Sumber Emisi			Total CH ₄
		Pertanian	Peternakan	Transportasi	
		kg CH ₄ /Tahun	kg CH ₄ /Tahun	kg CH ₄ /Tahun	kg CH ₄ /Tahun
1	Kelurahan Krikilan	2970	508		3478
2	Kelurahan Driyorejo	1350	730		2080,25
3	Kelurahan Cangkir	2430	533		2963
4	Kelurahan Bambe	1350	432		1781,5
5	Kelurahan Mulung	8505	1411		9915,75
6	Kelurahan Tenaru	6075	1186		7260,5
7	Kelurahan Petiken	3240	1157		4397
8	Kelurahan Kesamben Wetan	7155	529		7684,2
9	Kelurahan Sumput	7155	922		8076,75
10	Kelurahan Tanjungan	6885	1511		8395,75
11	Kelurahan Banjaran	6007,5	2562		8569
12	Kelurahan Karangandong	6075	899	14676	21649,64
13	Kelurahan Mojosari Rejo	5535	1949		7484
14	Kelurahan Wedoroanom	11340	1737		13076,75
15	Kelurahan Randegansari	19575	739	7254	27567,31
16	Kelurahan Gadung	6277,5	2915		9192,25

Berdasarkan tabel diatas menunjukan tingkat beban sumber emisi CH₄ tertinggi untuk pertanian adalah wilayah Kelurahan Randegansari karena pada wilayah tersebut masih banyak lahan pertanian tanaman pangan produktif namun emisi CH₄ untuk peternakan paling tinggi pada wilayah Kelurahan Gadung. Secara total emisi wilayah Kelurahan Randegansari yang paling tinggi karena besarnya emisi CH₄ yang dihasilkan pertanian dan juga dari emisi yang dihasilkan dari kegiatan transportasi pada ruas jalan Randegansari. Sedangkan emisi CH₄ terendah ada pada wilayah Kelurahan Bambe karena terjadi konversi lahan

pertanian menjadi lahan industri menyebabkan luas areal pertanian dan peternakan menipis.

Pengklasifikasian nilai ruang model emisi CH_4 dibedakan menjadi 5 tingkat/nilai ruang. Pembagian nilai ruang didasarkan pada nilai *equal interval* dengan menggunakan rumus:

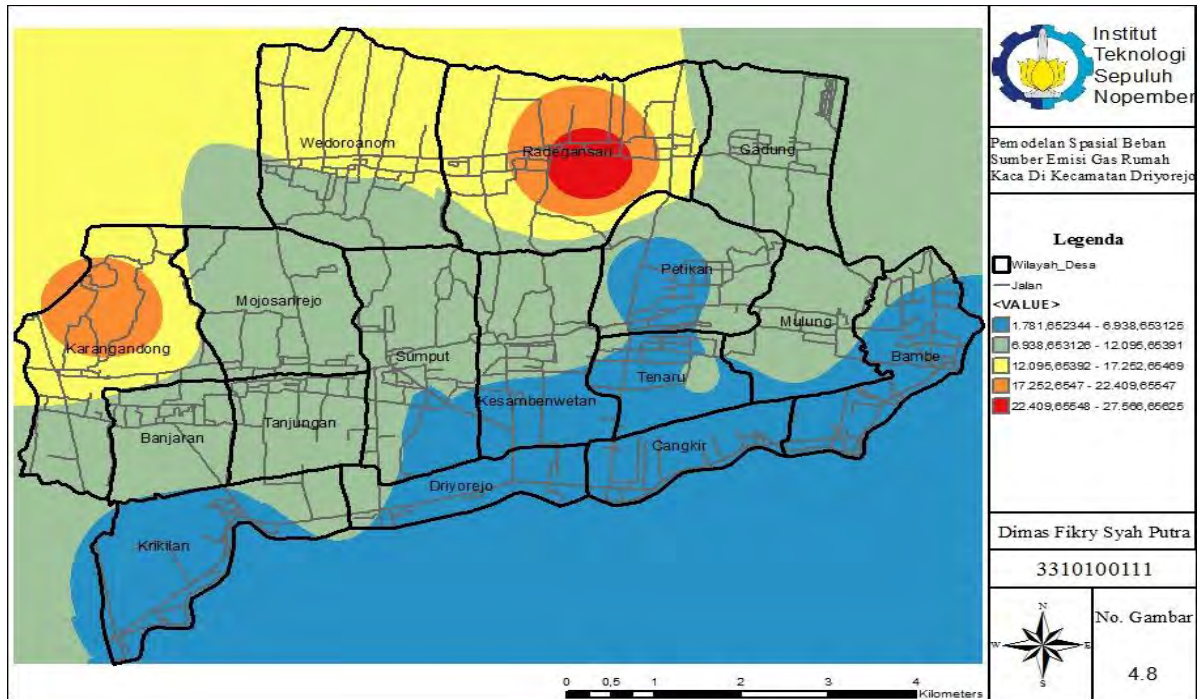
$$\text{Rentang nilai emisi } \text{CH}_4 = \frac{\text{Nilai maksimum} - \text{Nilai minimum}}{\text{kelas ruang}}$$

Nilai Maksimum emisi gas CH_4 adalah 27.567,31 Kg CH_4 /Tahun, nilai minimum emisi gas CH_4 adalah 1.781,5 Kg CH_4 /Tahun. Jadi rentang nilai emisi CH_4 adalah

$$\begin{aligned} \text{Rentang nilai emisi } \text{CH}_4 &= 27567,31 - 1781,5 / 5 \\ &= 6.939 \text{ Kg } \text{CH}_4/\text{Tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Nilai Ruang 1} &= 1782 \text{ Kg } \text{CH}_4/\text{Tahun} - 6939 \text{ Kg } \text{CH}_4/\text{Tahun} \\ \text{Nilai Ruang 2} &= 6940 \text{ Kg } \text{CH}_4/\text{Tahun} - 12100 \text{ Kg } \text{CH}_4/\text{Tahun} \\ \text{Nilai Ruang 3} &= 12110 \text{ Kg } \text{CH}_4/\text{Tahun} - 17250 \text{ Kg } \text{CH}_4/\text{Tahun} \\ \text{Nilai Ruang 4} &= 17260 \text{ Kg } \text{CH}_4/\text{Tahun} - 22410 \text{ Kg } \text{CH}_4/\text{Tahun} \\ \text{Nilai Ruang 5} &= 22420 \text{ Kg } \text{CH}_4/\text{Tahun} - 27570 \text{ Kg } \text{CH}_4/\text{Tahun} \end{aligned}$$

Dari hasil pembagian tingkat/nilai ruang, maka diperoleh klasifikasi nilai ruang dari model emisi CH_4 seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.8. Gambar selengkapnya dapat dilihat di lampiran A.



Gambar 4. 8 Pemodelan Beban Sumber Emisi CH_4

4.4.3 Klasifikasi Nilai Ruang Model Emisi N₂O

Nilai emisi N₂O masing-masing kegiatan dijumlahkan pada kelurahan yang terkena beban sumber emisi yang nantinya nilai total tersebut dijadikan pemodelan dengan proses IDW. Berdasarkan perhitungan emisi N₂O yang telah dilakukan, berikut hitungan lengkap dari seluruh kelurahan total emisi N₂O di Kecamatan Driyorejo dapat dilihat pada Tabel 4.40.

Tabel 4. 40 Total Beban Sumber Emisi N₂O

No	Kelurahan	Sumber Emisi		Total Emisi
		Pertanian	Transportasi	
		kg N ₂ O/Tahun	kg N ₂ O/Tahun	kg N ₂ O/Tahun
1	Kelurahan Krikilan	187,45	-	187,45
2	Kelurahan Driyorejo	75,00	-	75
3	Kelurahan Cangkir	191,11	-	191,11
4	Kelurahan Bambe	52,56	-	52,56
5	Kelurahan Mulung	576,94	-	576,94
6	Kelurahan Tenaru	470,33	-	470,33
7	Kelurahan Petiken	211,64	-	211,64
8	Kelurahan Kesamben Wetan	418,12	-	418,12
9	Kelurahan Sumpit	520,81	-	520,81
10	Kelurahan Tanjungan	505,17	-	505,17
11	Kelurahan Banjaran	490,40	-	490,40
12	Kelurahan Karangandong	434,75	419,55	854,29
13	Kelurahan Mojosari Rejo	311,72	-	311,72
14	Kelurahan Wedoroanom	596,71	-	596,71
15	Kelurahan Randegansari	977,20	442,01	1419,21
16	Kelurahan Gadung	316,91	-	316,91

Berdasarkan tabel diatas tingkat nilai beban sumber emisi N₂O paling tinggi adalah wilayah Kelurahan Randegansari karena nilai emisi N₂O sumbernya dari aktifitas pertanian yang dimana Kelurahan Randegansari masih banyak lahan produktif tanaman pangan dan juga terakumulasi dari kegiatan transportasi sedangkan beban sumber emisi terendah adalah wilayah

Kelurahan Bambe karena area pertanian di wilayah tersebut telah menipis akibat konversi lahan pertanian ke lahan industri.

Pengklasifikasian nilai ruang model emisi N_2O dibedakan menjadi 5 tingkat/nilai ruang. Pembagian nilai ruang didasarkan pada nilai *equal interval* dengan menggunakan rumus:

Rentang nilai emisi N_2O = Nilai maksimum – Nilai minimum/kelas ruang

Nilai Maksimum emisi gas N_2O adalah 1.419,21 Kg N_2O /Tahun, nilai minimum emisi gas N_2O adalah 52,56 Kg N_2O /Tahun. Jadi rentang nilai emisi N_2O adalah

$$\begin{aligned} \text{Rentang nilai emisi } N_2O &= 1.419,21 \text{ Kg } N_2O \text{ /Tahun} - 52,56 \text{ Kg } \\ &\quad N_2O \text{ /Tahun} \div 5 \\ &= 184,92 \text{ Kg } N_2O \text{ /Tahun} \end{aligned}$$

Nilai Ruang 1 = 0 Kg N_2O /Tahun – 184,92 Kg N_2O /Tahun

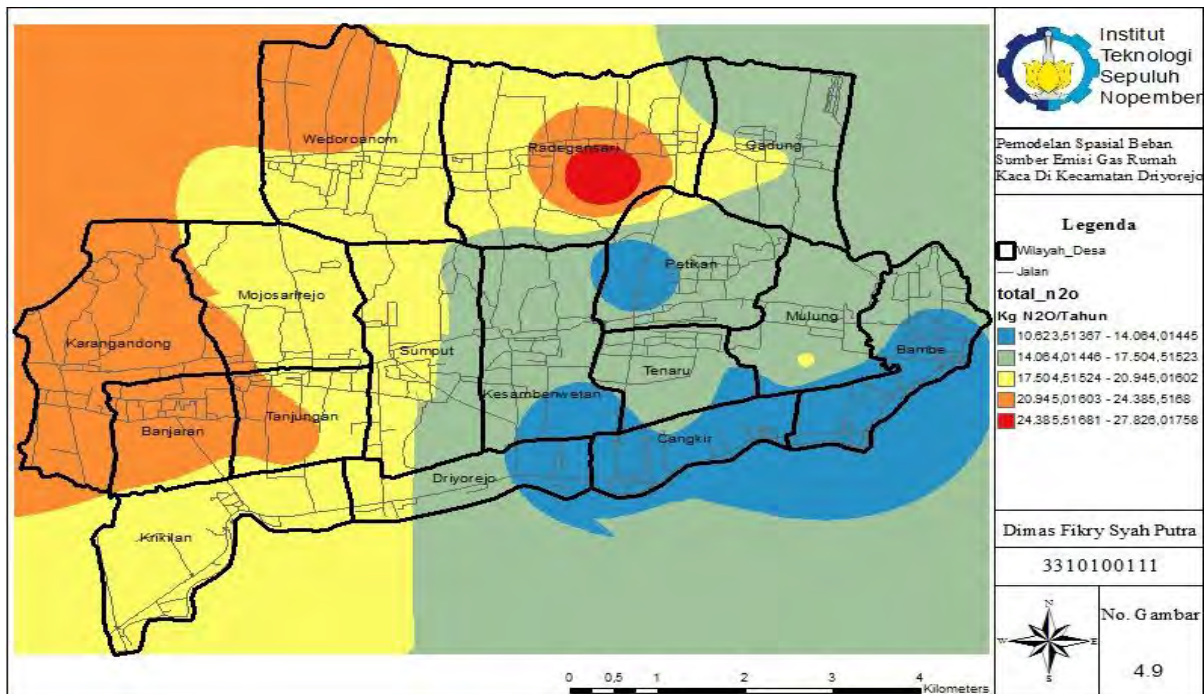
Nilai Ruang 2 = 184,92 Kg N_2O /Tahun – 369,85 Kg N_2O /Tahun

Nilai Ruang 3 = 369,85 Kg N_2O /Tahun – 554,77 Kg N_2O /Tahun

Nilai Ruang 4 = 554,77 Kg N_2O /Tahun – 739,69 Kg N_2O /Tahun

Nilai Ruang 5 = 739,69 Kg N_2O /Tahun – 977,20 Kg N_2O /Tahun

Dari hasil pembagian tingkat/nilai ruang, maka diperoleh klasifikasi nilai ruang dari model emisi N_2O seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.9. Gambar selengkapnya dapat dilihat di lampiran A.



Gambar 4. 9 Pemodelan Beban Sumber Emisi N₂O

4.4.4 Pemodelan Beban Sumber Emisi Gas Rumah Kaca

Pemodelan beban sumber emisi gas rumah kaca di Kecamatan Gresik merupakan hasil *overlay (weighted overlay)* sumber-sumber emisi pencemar. Model ini digunakan untuk melihat prediksi kawasan yang menjadi sumber pencemar terbesar yang ada di Kecamatan Driyorejo. Untuk mendapatkan nilai CO₂e dari CH₄ dengan nilai CH₄ dikali 20, sedangkan dari nilai N₂O ke CO₂e dengan dikali 300. Berikut nilai emisi GRK yang sudah dijadikan CO₂e dapat dilihat pada Tabel 4.41.

Tabel 4. 41 Nilai Emisi Kg CO₂e

No	Kelurahan	Total CO ₂	Total CH ₄ = Total CO ₂ e	Total N ₂ O = Total CO ₂ e	Total Emisi
		Kg CO ₂ /Tahun	Kg CO ₂ /Tahun	Kg CO ₂ /Tahun	Kg GRK/Tahun
1	Krikilan	6368960.60	69560	56233.60	6494754.20
2	Driyorejo	6510415.30	41605	22500.18	6574520.48
3	Cangkir	2052365.34	59260	57333.32	2168958.66
4	Bambe	4793255.93	35630	15766.98	4844652.91
5	Mulung	238738.80	198315	173081.44	610135.24
6	Tenaru	1629904.53	145210	141097.92	1916212.45
7	Petiken	852690.05	87940	63493.03	1004123.08
8	Kesamben Wetan	870056.57	153684	125435.80	1149176.37
9	Sumpit	997036.48	161535	156243.49	1314814.97
10	Tanjungan	964809.10	167915	151549.70	1284273.80
11	Banjaran	382597.50	171380	147120.23	701097.73
12	Karangandong	28535337.51	432992.73	256287.51	29224617.75
13	Mojosari Rejo	620160.88	149680	93514.63	863355.51
14	Wedoroanom	354035.89	261535	179011.55	794582.43
15	Randegansari	9954141.76	551346.12	425763.00	10931250.88
16	Gadung	350711.25	183845	95072.33	629628.58

Pembagian nilai ruang didasarkan pada nilai *equal interval* dengan menggunakan rumus:

Rentang nilai emisi CO₂e = Nilai maksimum – Nilai minimum/kelas ruang

Nilai Maksimum emisi CO₂e adalah 2922461,75 Kg CO₂e /Tahun, nilai minimum emisi CO₂e adalah 610135,24 Kg CO₂e /Tahun. Jadi rentang nilai emisi CO₂e adalah:

Rentang nilai emisi CO₂e = 2922461,75 Kg CO₂e /Tahun – 610135,24 Kg CO₂e /Tahun ÷ 5

	= 462465,3 Kg CO ₂ e /Tahun
Nilai Ruang 1	= 610135,24 Kg CO ₂ e /Tahun – 1072600,5 Kg CO ₂ e /Tahun
Nilai Ruang 2	= 1072601 Kg CO ₂ e /Tahun – 1535065,8 Kg CO ₂ e /Tahun
Nilai Ruang 3	= 1535066 Kg CO ₂ e /Tahun – 1997531,14 Kg CO ₂ e /Tahun
Nilai Ruang 4	= 1997532 Kg CO ₂ e /Tahun – 2459996,4 Kg CO ₂ e /Tahun
Nilai Ruang 5	= 2459997 Kg CO ₂ e /Tahun – 2922461,75 Kg CO ₂ e /Tahun

Dari hasil pembagian tingkat/nilai ruang, maka diperoleh klasifikasi nilai ruang dari model emisi N₂O seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 Hasil Analisis Overlay kg GRK/tahun

Melihat gambar diatas menunjukan bahwa wilayah Kelurahan Karangandong turut mendapat perhatian pemerintah setempat karena beban sumber emisi yang dihasilkan di Kelurahan Karangandong besar. Hal ini disebabkan karena aktifitas transportasi yang dominan akibat jalan Karangandong merupakan akses utama kendaraan bermotor menuju pelabuhan internasional dan juga jalur perdagangan industri yang sibuk. Untuk itu perlu dilakukan kajian mendalam akibat yang ditimbulkan oleh aktifitas yang menghasilkan gas rumah kaca. Untuk wilayah terparah kedua yaitu Kelurahan Randegansari karena wilayah tersebut basis peternakan dan pertanian dan juga dilewat pula oleh jalan Randegansari yang dampak dari emisi kendaraan bermotor berakumulasi besar dengan aktifitas pertanian dan peternakan.

4.5 Arahan Dalam Penataan Ruang di Kecamatan Driyorejo

Arahan untuk penataan ruang (RTRW) Kecamatan Driyorejo didasarkan pada hasil penelitian, yaitu dari model beban sumber emisi GRK. Arahan ini disesuaikan dengan pengelolaan udara dan aspek-aspek dalam RTRW Kecamatan Driyorejo.

Pengendalian emisi GRK dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu memindahkan sumber pencemar emisi (CO_2 atau memindahkan karbon) dan mengurangi produksi sumber pencemar emisi (CO_2 , CH_4 , dan N_2O).

4.5.1 Penggunaan Lahan

Hasil pemodelan sumber emisi GRk di Kecamatan Driyorejo dapat dijadikan langkah awal untuk kecamatan lainnya di Kabupaten Gresik sebagai variabel analisis fisik dan lingkungan (analisis keruangan) yang digunakan untuk menyusun rencana penggunaan lahan di Kabupaten Gresik umumnya dan khususnya di Kecamatan Driyorejo. Penggunaan model ini dikarenakan dalam penyusunan rencana penggunaan lahan RTRW Kabupaten Gresik belum memasukkan aspek udara. Hal

ini didasarkan pada undang-undang nomor 26 tahun 2007 yang menyatakan bahwa aspek sumber daya air, tanah, dan udara merupakan kesatuan yang tidak terpisahkan dari perencanaan ruang.

- Kawasan peruntukan industri besar, Kecamatan Driyorejo sudah sesuai penempatannya dengan yang ditentukan Perda Kabupaten Gresik nomor 8 tahun 2011 disepanjang jalan kolektor primer seperti jalan raya Driyorejo-Randegansari dan jalan Karangandong. Namun kawasan industri tersebut belum didukung adanya jalur hijau dan *frontage road* sesuai arahan Perda Kabupaten Gresik nomor 8 tahun 2011.
- Kawasan peruntukan permukiman di Kecamatan Driyorejo termasuk kawasan permukiman perkotaan. Maksudnya kawasan yang memiliki potensi berkembang menjadi permukiman perkotaan karena terpengaruh perkembangan Kota Surabaya.

4.5.2 Aspek Permukiman

Tiap kawasan permukiman di masing-masing kelurahan diarahkan untuk

- Memiliki kawasan ruang terbuka hijau (RTH) publik, baik itu berupa taman bermain, lapangan, dan jalur hijau di sepanjang jalan kawasan permukiman. Untuk itu setiap rumah diarahkan untuk memiliki RTH pribadi (taman/tumbuhan) sebagai lahan tidak terbangun dalam satu kavling rumah yang didasarkan pada peraturan daerah Kabupaten Gresik nomor 8 tahun 2011 tentang ruang terbuka hijau. Hal ini lebih diutamakan pada wilayah yang memiliki nilai ruang 3 keatas seperti Kelurahan Karangandong, Kelurahan Randegansari, Kelurahan Krikilan, Kelurahan Driyorejo, dan Kelurahan Bambe.
- Khususnya bagi pengembang perumahan yang baru agar memperhatikan peraturan daerah tentang menyediakan lahan RTH pribadi sebesar 10% dari luasan kavling rumah yang didasarkan pada Perda Kabupaten Gresik nomor 8 tahun

2011. Pengembangan permukiman diarahkan pada kawasan yang memiliki kepadatan penduduk rendah. Tanaman yang direkomendasikan sebagai penyerap CO₂ di permukiman untuk tanaman yaitu Tanaman *Sansievera*. Karena jika diasumsikan setiap rumah/permukiman menghasilkan emisi GRK (khususnya CO₂) maka dibutuhkan ketersediaan tumbuhan/pohon yang seimbang untuk mereduksi emisi tersebut.

- Cara menarik warga agar memperhatikan luas RTH privatnya dengan membuat lomba inovasi kampung hijau dan sehat seperti yang digagas Kota Surabaya. Selain itu pengembang rumah tidak disarankan memperluas permukiman di 5 kelurahan diatas.
- Pengembangan permukiman Perlu memperhitungkan beban emisi yang ditimbulkan dari kegiatan rumah tangga karena konsumsi LPG di Kelurahan yang padat penduduknya.

4.5.3 Transportasi Kota

Dalam hal transportasi, perlu diarahkan masyarakat akan hidup sehat dari polusi udara dengan cara

- Mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dengan menghapus subsidi BBM dan menggunakan alat transportasi yang ramah lingkungan. Sejauh ini minim sekali penggunaan umum di wilayah Kecamatan Driyorejo yang bersifat massal seperti bus. Penggunaan angkutan massal ini juga diimbangi dengan kualitas pelayanan yang baik dan secara bertahap menjadi lebih baik. Untuk menarik penumpang bisa dengan tarif yang lebih murah dari pemakaian kendaraan pribadi.
- Untuk jaringan jalan, pengembangan diarahkan untuk mengembangkan jaringan jalan yang sudah ada dengan cara memperbaiki kondisi perkerasan jalan, menambah lebar jalan agar tidak terjadi penumpukan kendaraan saat jam padat yang menyebabkan konsumsi bahan bakar meningkat atau dengan rekayasa lalu lintas seperti diberlakukannya sistem

jam malam bagi kendaraan muatan besar dan membuat *frontage road* khususnya pada jalan kolektor primer.

- Pengembangan jalan juga memperhatikan pertumbuhan jumlah kendaraan di tahun-tahun depan agar kapasitas jalan sesuai dengan jumlah kendaraan yang ada dan juga bisa diarahkan pada kawasan yang tidak padat kegiatan pergerakan. Arahkan ini cocok untuk Kelurahan Karangandong dan Kelurahan Randegansari yang beban emisi kegiatan transportasi besar.
- Untuk menekan tingkat pertumbuhan kendaraan pribadi bisa dilakukan pemberian disentif untuk jumlah kendaraan yang lebih dari satu kendaraan tiap KK dengan pemberian pajak kendaraan yang lebih tinggi/progresif.

4.5.4 Fasilitas Kota

a. Kawasan Industri

Penetapan kawasan peruntukan industri dan diarahkan agar semua kegiatan industri terkonsentrasi di satu kelurahan, baik yang baru maupun yang sudah ada untuk tetap berlokasi sesuai peruntukannya.

- Pembagian kawasan industri besar dan menengah perlu dilakukan agar kemudahan pemantauan pertumbuhan yang lebih teratur dan mudah dalam membuat aturan-aturannya. Untuk wilayah dengan beban emisi rendah seperti Kelurahan Cangkir, Kelurahan Bambe yang sesuai peruntukannya sebagai lahan industri seperti yang dijelaskan oleh peta RTRW Kabupaten Gresik tahun 2008 – 2028.
- Selain itu bisa juga dengan memberikan disentif terhadap industri yang menghasilkan pencemaran udara tinggi terutama yang menghasilkan gas rumah kaca berlebih berupa pengenaan pajak/retribusi daerah yang tinggi disesuaikan dengan besarnya biaya yang dibutuhkan untuk mengatasi dampak yang ditimbulkan. Kemudian diarahkan mengganti

mesin produksi dengan menerapkan produksi bersih pada proses sehingga *mindset end of pipe* lebih dinomorduakan daripada produksi bersih. Cara menarik perusahaan untuk mengganti mesin produksi dengan menggagas even tahunan yang memperlihatkan kinerja tiap perusahaan dalam mengelola lingkungan skala Kabupaten Gresik yang nantinya diharapkan tiap perusahaan dapat berpartisipasi dengan diberi hadiah seperti insentif fiskal dan non fiskal yang membangun perusahaan lebih baik lagi dan pengelolaan lingkungan juga dinomor satukan.

b. Fasilitas Ruang Terbuka Hijau

Ruang terbuka hijau di Kecamatan Driyorejo perlu mendapat perhatian dari Pemerintah Kabupaten Driyorejo. Hal ini untuk meluncurkan program RAD-GRK dalam pengelolaan lingkungan.

- Fasilitas ruang publik skala kecamatan juga perlu diadakan dengan penyediaan barrier kawasan hijau sepanjang jalan-jalan utama di Kecamatan Driyorejo sebagai RTH (jalur hijau).
- Selain menanam vegetasi jalur hijau juga diperhatikan luasan RTH agar mempertimbangkan kemampuan tumbuhan dan pepohonan dalam menyerap emisi CO₂. Khususnya untuk jalan kolektor primer yang merupakan jalur penghubung antar kota/kabupaten yang volume lalu lintasnya padat.
- Selain itu fasilitas RTH bisa diarahkan dalam bentuk kawasan konservasi berupa sarana olah raga, makam, taman dan hutan desa. Untuk jenis tumbuhan dan penentuan titik lokasi dapat dianalisis dengan menggunakan model sumber pencemar emisi CO₂. Yang harus ada untuk fasilitas RTH berupa hutan desa yaitu industri dengan mengambil dana CSR

(*Coorporate social responsibility*) dipakai pembangunan hutan desa.

- Eksisting RTH Kecamatan Driyorejo sebesar 34,05% dari luas wilayah 2.037 ha. Rencana luas RTH sebesar 43,42% dari luas wilayah 2.037 ha sehingga masih kurang $\pm 9\%$ luas RTH. Diharapkan dengan mematuhi peraturan daerah tersebut rencana RTH di Kecamatan Driyorejo akan tercapai. Menurut Perda Kabupaten Gresik nomor 8 tahun 2011 menyediakan lahan RTH pribadi sebesar 10% dari luasan kavling rumah.
- Untuk jalur hijau jalan, RTH dapat disediakan dengan penempatan tanaman antara 20-30% dari ruang milik jalan (rumija) sesuai dengan kelas jalan. Untuk tanaman penyerap polusi kriteria tanaman seperti pohon yang jarak tanamnya rapat serta bermassa daun padat, contoh jenis tanaman angkana, akasia daun besar.

4.5.5 Lingkungan Hidup Kota

Perlu adanya alat tambahan pemantauan digital atau manual pengukur kualitas udara pada titik-titik sumber emisi dan juga pemeriksaan dan perhitungan emisi GRK pada sumber-sumber emisi atau alat pemantauan digital dilakukan secara berkala dibuat dalam rentang 6 bulanan atau satu tahunan. Sekaligus membuat pemetaan sumber emisi GRK dari hasil pemantauan tersebut. Daerah yang menjadi perhatian pemerintah Kabupaten Gresik seperti Kelurahan Karangandong karena beban emisi dari kegiatan transportasi. Selain itu juga untuk kelurahan Randegansari, Kelurahan Krikilan, Kelurahan Driyorejo, dan Kelurahan Bambe yang nantinya berpotensi meningkat beban emisi yang ditimbulkan di tahun kedepan. Untuk kawasan peternakan seperti di Kelurahan Randegansari untuk dibuat reaktor biogas untuk menangkap emisi CH_4 yang terlepas di udara akibat fermentasi enterik dan pengelolaan

kotoran ternak supaya peternak biasa memanfaatkan sebagai sumber energi pengganti LPG/listrik untuk menghemat pengeluaran rumah tangga.

“halaman sengaja dikosongkan”

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil pada tugas akhir ini adalah:

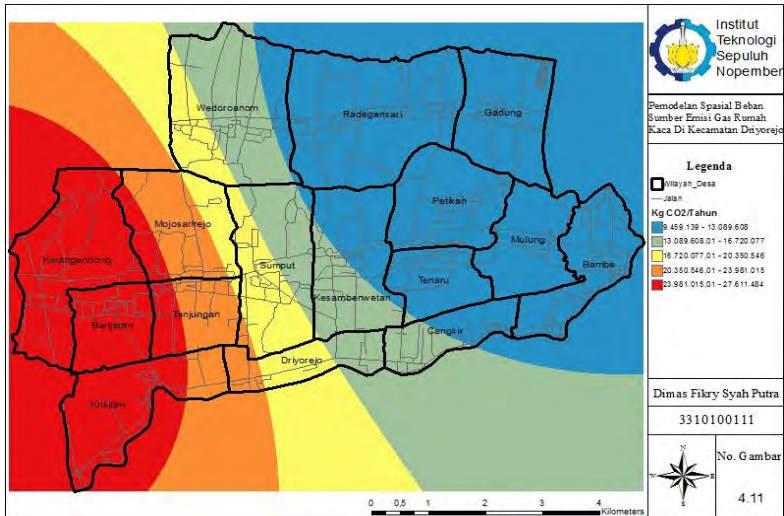
1. Besarnya total perkiraan emisi gas rumah kaca di Kecamatan Driyorejo adalah untuk beban sumber emisi CO₂ dari kegiatan industri sebesar 18766405,94 kg CO₂/tahun, kegiatan transportasi 37070628 kg CO₂/tahun, kegiatan pertanian 123588,40 kg CO₂/tahun, kegiatan permukiman 9514595,13 kg CO₂/tahun. Untuk beban sumber emisi CH₄ dari kegiatan pertanian sebesar 101925 kg CH₄/tahun, kegiatan peternakan 19718 kg CH₄/tahun, kegiatan transportasi 21929 kg CH₄/tahun. Untuk beban sumber emisi N₂O dari kegiatan pertanian sebesar 6336,80 kg N₂O/tahun, kegiatan transportasi 861,55 N₂O/tahun.
2. Hasil pemodelan spasial beban sumber emisi gas rumah kaca di Kecamatan Driyorejo dapat digunakan dalam analisis keruangan sebagai peta dasar analisis aspek fisik dan lingkungan terutama berkaitan dengan aspek udara.
3. Emisi gas rumah kaca di Kecamatan Driyorejo terdiri dari 5 nilai klasifikasi ruang, yaitu ruang emisi rendah, emisi cukup rendah, emisi sedang, emisi cukup besar, dan emisi besar. Kelurahan Karangandong dan Kelurahan Randegansari tergolong emisi besar.

5.2 Saran

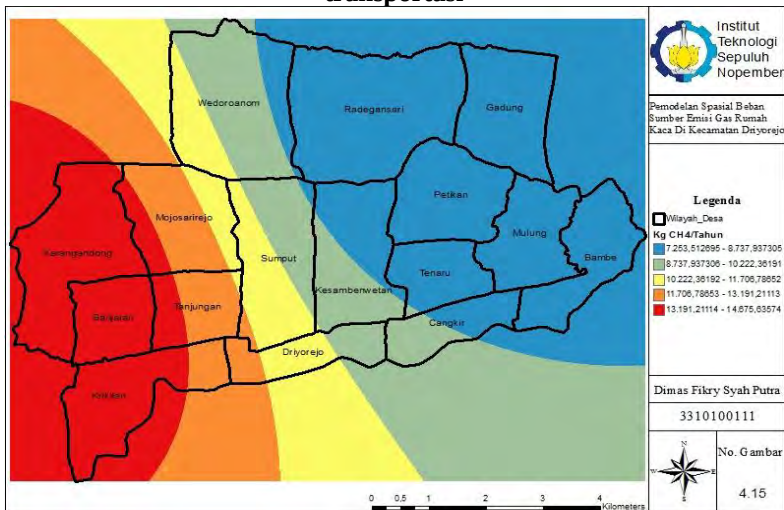
1. Perlu adanya satu pusat informasi yang mengakomodasi seluruh kebutuhan data yang dipergunakan untuk memudahkan melihat perubahan kecenderungan beban emisi secara cepat dan mudah
2. Perlu perhitungan yang lengkap sesuai *baseline IPCC* sesuai dengan aktifitas masing-masing yang menghasilkan gas rumah kaca.

3. Perlu adanya perhitungan pengurangan emisi gas rumah kaca yang sesuai dengan arahan RAD GRK dan RAN GRK sehingga pengurangan emisi dapat berkurang sesuai arahan.
4. Sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan dengan variabel dan titik sampling yang lebih banyak dari sebelumnya sehingga lebih representatif.

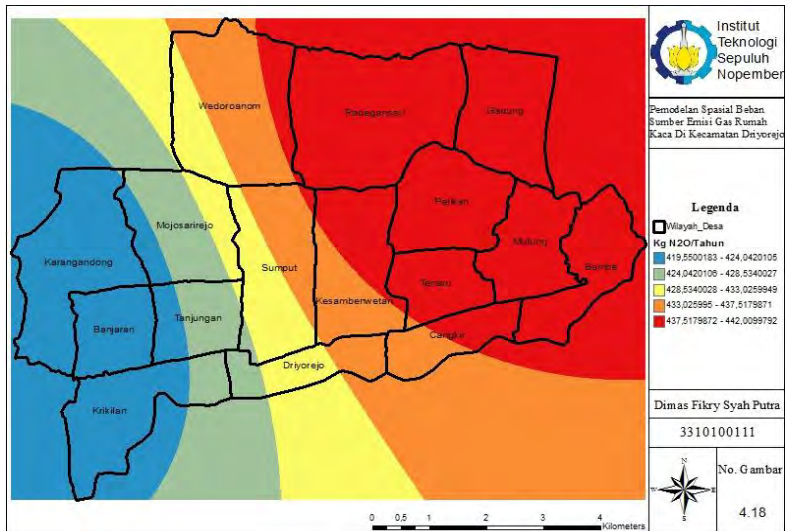
LAMPIRAN A



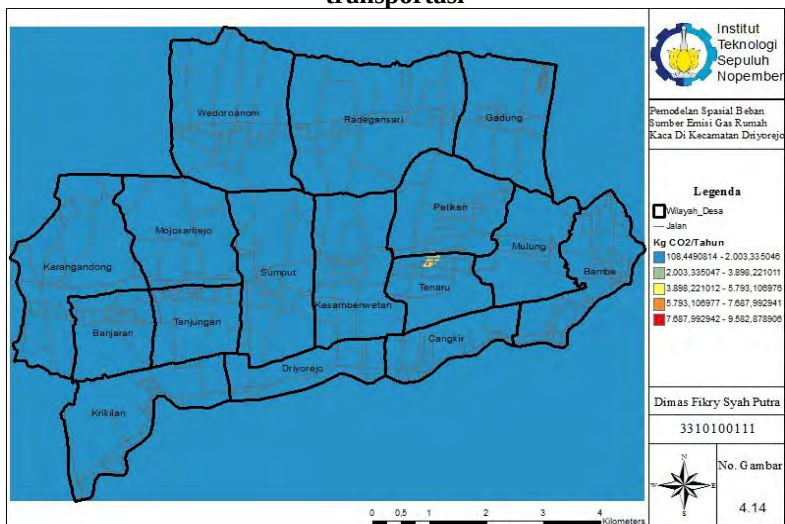
Gambar 1 Pemodelan beban sumber emisi CO₂ kegiatan transportasi



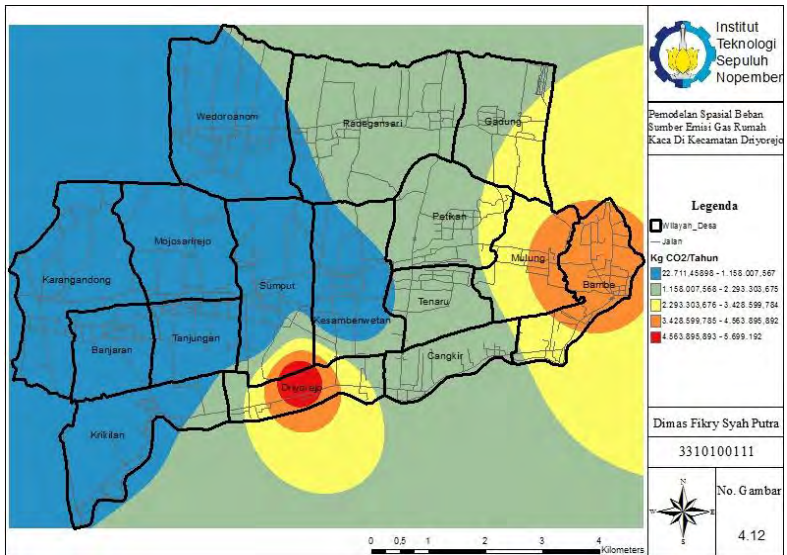
Gambar 2 Pemodelan beban sumber emisi CH₄ kegiatan transportasi



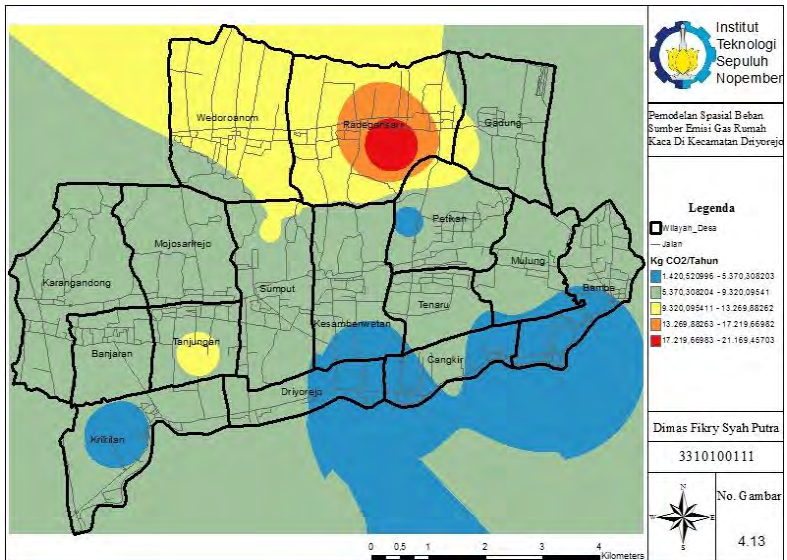
Gambar 3 Pemodelan beban sumber emisi N_2O kegiatan transportasi



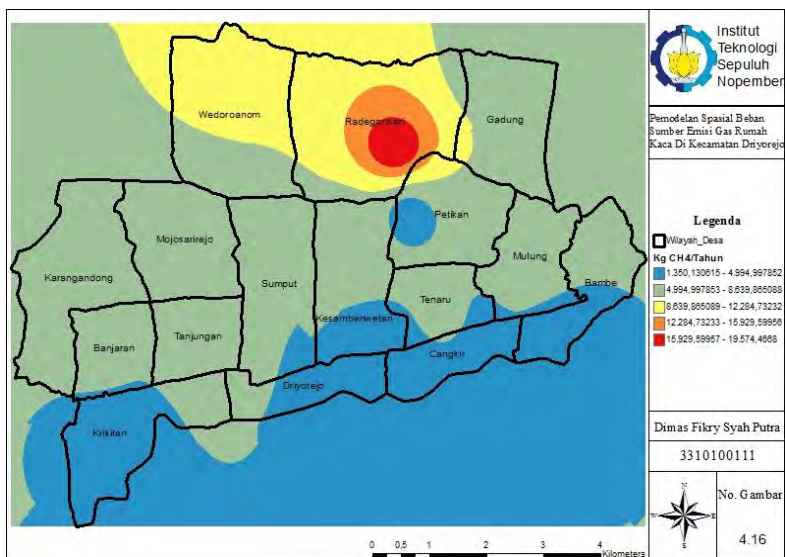
Gambar 4 Pemodelan beban sumber emisi CO_2 kegiatan permukiman



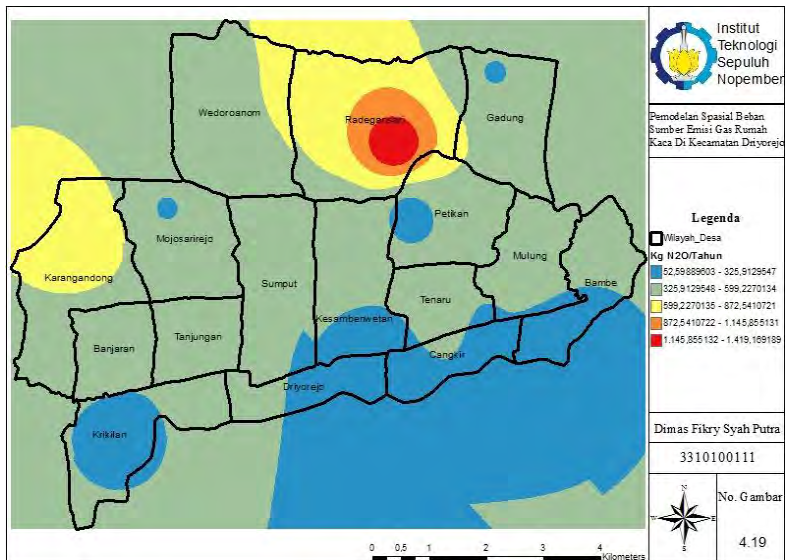
Gambar 5 Pemodelan beban sumber emisi CO₂ kegiatan industri



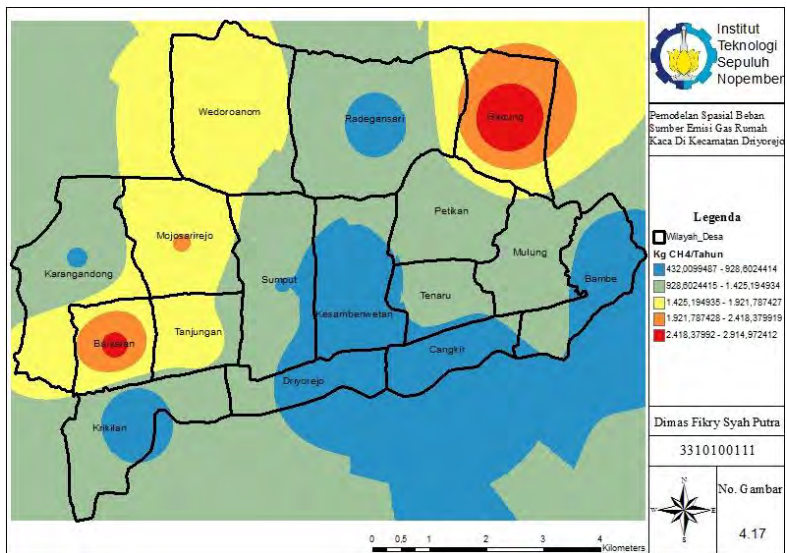
Gambar 6 Pemodelan beban sumber emisi CO₂ kegiatan pertanian



Gambar 7 Pemodelan beban sumber emisi CH_4 kegiatan pertanian



Gambar 8 Pemodelan beban sumber emisi N_2O kegiatan pertanian



Gambar 9 Pemodelan beban sumber emisi CH_4 kegiatan peternakan

LAMPIRAN C

No	Nama	Jenis Kelamin	Umur	Pekerjaan	Alamat	Jumlah Orang tiap Rumah	Konsumsi LPG/Bulan (tabung @3kg)	Emisi CO ₂	Emisi CO ₂
								Kg CO ₂ /bulan	Kg CO ₂ /tahun
1	Bu NV	Wanita	30	Ibu Rumah Tangga	Jl. Raya Bambe	5	2	17.91	214.89
2	Pak SD	Pria	50	Wirausaha	Jl. Raya Bambe	2	1	8.95	107.45
3	Pak AG	Pria	26	Wirausaha	Jl. Raya Bambe	5	2	17.91	214.89
4	Bu Pwt	Wanita	33	Wirausaha	Jl. Raya Bambe	4	2	17.91	214.89
5	Bu NI	Wanita	30	Wirausaha	Jl. Raya Bambe	3	2	17.91	214.89
6	Bu SMM	Wanita	30	Wirausaha	Jl. Raya Bambe	11	8	71.63	859.57
7	Bu YY	Wanita	30	Wirausaha	Jl. Raya Bambe	3	2	17.91	214.89
8	Bu SRYT	Wanita	55	Pensiun	Jl. Ngambar, Driyorejo	2	3	26.86	322.34
9	Bu AS	Wanita	55	Pensiun	Jl. Ngambar, Driyorejo	6	6	53.72	644.68
10	Bu AN	Wanita	28	Ibu Rumah Tangga	Jl. Ngambar, Driyorejo	5	4	35.82	429.79
11	Pak WL	Pria	30	Karyawan	Jl. Ngambar, Driyorejo	7	4	35.82	429.79
12	Pak SP	Pria	59	Wirausaha	Jl. Ngambar, Driyorejo	6	8	71.63	859.57
13	Bu JML	Wanita	55	Pensiun	Jl. Ngambar, Driyorejo	4	5	44.77	537.23
14	Pak BG	Pria	29	Wirausaha	Jl. Ngambar, Driyorejo	3	2	17.91	214.89
15	Bu WT	Wanita	35	Ibu Rumah Tangga	Jl. Raya Cangkir	3	2	17.91	214.89

Lanjutan Tabel

16	Bu MLYT	Wanita	46	Ibu Rumah Tangga	Jl. Raya Cangkir	6	4	35.82	429.79
17	BU ASH	Wanita	30	Karyawan	Jl. Raya Cangkir	2	1	8.95	107.45
18	Bu SRH	Wanita	57	Ibu Rumah Tangga	Jl. Raya Cangkir	6	6	53.72	644.68
19	Bu SM	Wanita	63	Ibu Rumah Tangga	Jl. Raya Cangkir	5	4	35.82	429.79
20	Bu SWD	Wanita	40	Wirausaha	Jl. Raya Cangkir	4	2	17.91	214.89
21	Bu NN	Wanita	38	Ibu Rumah Tangga	Jl. Raya Cangkir	3	3	26.86	322.34
22	Bu SS	Wanita	48	Wirausaha	Jl. Raya Tenaru	5	90	805.85	9670.20
23	Bu SR	Wanita	42	Ibu Rumah Tangga	Jl. Raya Tenaru	5	2	17.91	214.89
24	Pak HDR	Pria	36	Karyawan	Jl. Raya Tenaru	4	1	8.95	107.45
25	Bu RST	Wanita	37	Karyawan	Jl. Raya Tenaru	5	2	17.91	214.89
26	Pak MRT	Pria	54	Wirausaha	Jl. Raya Tenaru	5	2	17.91	214.89
27	Bu RDT	Wanita	57	Ibu Rumah Tangga	Jl. Raya Tenaru	4	2	17.91	214.89
28	Bu KUSTH	Wanita	37	Ibu Rumah Tangga	Perum Pancawarna, Petiken	4	2	17.91	214.89
29	Bu MNH	Wanita	34	Ibu Rumah Tangga	Perum Pancawarna, Petiken	5	5	44.77	537.23
30	Bu MSRI	Wanita	52	Ibu Rumah Tangga	Perum Pancawarna, Petiken	7	6	53.72	644.68
31	Bu SLT	Wanita	45	Ibu Rumah Tangga	Perum Pancawarna, Petiken	2	2	17.91	214.89
32	Bu SM	Wanita	40	Ibu Rumah Tangga	Perum Pancawarna, Petiken	4	2	17.91	214.89
33	Pak JFR	Pria	45	Karyawan	Jl. Mutiara, Petiken	3	1	8.95	107.45
34	Bu SKR	Wanita	48	Wirausaha	Jl. Batu Safir Ungu, Gadung	5	5	44.77	537.23

Lanjutan Tabel

35	Bu EN	Wanita	43	Wirausaha	Jl. Batu Safir Ungu, Gadung	5	3	26.86	322.34
36	Pak ID	Pria	38	TNI	Jl. Batu Safir Ungu, Gadung	3	2	17.91	214.89
37	Bu DN	Wanita	32	Ibu Rumah Tangga	Jl. Batu Safir Ungu, Gadung	4	2	17.91	214.89
38	Bu TT	Wanita	32	Ibu Rumah Tangga	Jl. Batu Safir Ungu, Gadung	4	2	17.91	214.89
39	Bu SLST	Wanita	49	Ibu Rumah Tangga	Jl. Batu Safir Ungu, Gadung	3	2	17.91	214.89
40	Bu YNK	Wanita	36	Wirausaha	Jl. Nglete, Randegansari	8	2	17.91	214.89
41	Bu SMRH	Wanita	50	Ibu Rumah Tangga	Jl. Randegansari	5	2	17.91	214.89
42	Bu RMN	Wanita	55	Tani	Jl. Randegansari	1	4	35.82	429.79
43	Bu SI	Wanita	30	Ibu Rumah Tangga	Jl. Randegansari	4	1	8.95	107.45
44	Bu AFH	Wanita	30	Ibu Rumah Tangga	Jl. Randegansari	7	3	26.86	322.34
45	Bu LN	Wanita	41	Ibu Rumah Tangga	Jl. Randegansari	4	2	17.91	214.89
46	Bu STN	Wanita	34	Ibu Rumah Tangga	Jl. Wedoroanom	6	4	35.82	429.79
47	Bu LTFH	Wanita	45	Ibu Rumah Tangga	Jl. Wedoroanom	4	5	44.77	537.23
48	Bu SF	Wanita	39	Ibu Rumah Tangga	Jl. Tambak Beras, Wedoroanom	4	4	35.82	429.79
49	Bu SWD	Wanita	52	Wirausaha	Jl. Wedoroanom	5	4	35.82	429.79
50	Bu UNY	Wanita	51	Wirausaha	Jl. Wedoroanom	3	2	17.91	214.89
51	Bu FK	Wanita	24	Ibu Rumah Tangga	Jl. Wedoroanom	3	2	17.91	214.89

Lanjutan Tabel

52	Pak KSBR	Pria	60	Pensiun	Jl. Mojosari Rejo	4	2	17.91	214.89
53	Bu ASRF	Wanita	48	Ibu Rumah Tangga	Jl. Mojosari Rejo	4	2	17.91	214.89
54	Bu EN	Wanita	46	Ibu Rumah Tangga	Jl. Mojosari Rejo	4	2	17.91	214.89
55	Bu SS	Wanita	61	Ibu Rumah Tangga	Jl. Mojosari Rejo	1	2	17.91	214.89
56	Bu SLCH	Wanita	70	Ibu Rumah Tangga	Jl. Mojosari Rejo	5	4	35.82	429.79
57	Pak SD	Pria	35	Karyawan	Jl. Mojosari Rejo	5	8	71.63	859.57
58	Pak SMRD	Pria	59	Wirausaha	Jl. Sumput	5	3	26.86	322.34
59	Bu SHRT	Wanita	35	Ibu Rumah Tangga	Jl. Sumput	3	1	8.95	107.45
60	Bu SMY	Wanita	55	Ibu Rumah Tangga	Jl. Sumput	9	4	35.82	429.79
61	Pak SL	Pria	56	Wirausaha	Jl. Sumput	2	1	8.95	107.45
62	Pak SLD	Pria	63	Wirausaha	Jl. Sumput	2	6	53.72	644.68
63	Bu YMD	Wanita	52	Wirausaha	Jl. Sumput	5	4	35.82	429.79
64	Bu UM	Wanita	58	Wirausaha	Jl. Kesamben Wetan	1	7	62.68	752.13
65	Pak STS	Pria	54	Tani	Jl. Kesamben Wetan	8	8	71.63	859.57
66	Pak SHT	Pria	38	Karyawan	Jl. Kesamben Wetan	4	8	71.63	859.57
67	Pak SKN	Pria	48	Karyawan	Jl. Kesamben Wetan	5	2	17.91	214.89
68	Bu SLF	Wanita	32	Ibu Rumah Tangga	Jl. Kesamben Wetan	7	2	17.91	214.89

Lanjutan Tabel

69	Bu AL	Wanita	30	Wirausaha	Jl. Kesamben Wetan	6	3	26.86	322.34
70	Pak UD	Pria	42	Penjahit	Jl. Tanjungan	3	2	17.91	214.89
71	Bu ID	Wanita	21	Ibu Rumah Tangga	Jl. Tanjungan	5	4	35.82	429.79
72	Bu SC	Wanita	41	Wirausaha	Jl. Tanjungan	3	2	17.91	214.89
73	Bu SMT	Wanita	51	Tani	Jl. Tanjungan	5	4	35.82	429.79
74	Bu SU	Wanita	42	Ibu Rumah Tangga	Jl. Tanjungan	5	5	44.77	537.23
75	Pak SLMN	Pria	31	Karyawan	Jl. Tanjungan	4	2	17.91	214.89
76	Bu WRN	Wanita	40	Ibu Rumah Tangga	Jl. Banjarsari, Banjaran	5	3	26.86	322.34
77	Bu SM	Wanita	45	Tani	Jl. Banjarsari, Banjaran	3	2	17.91	214.89
78	Bu LN.	Wanita	31	Guru TK	Jl. Banjarsari, Banjaran	4	2	17.91	214.89
79	Pak MMN	Pria	55	Wirausaha	Jl. Banjarsari, Banjaran	7	2	17.91	214.89
80	Bu SLMH	Wanita	56	Wirausaha	Jl. Banjarsari, Banjaran	2	2	17.91	214.89
81	Bu ASRF	Wanita	57	Wirausaha	Jl. Banjarsari, Banjaran	4	4	35.82	429.79
82	Bu CHSN	Wanita	50	Tani	Jl. Kalangan, Karangandong	3	2	17.91	214.89
83	Bu TT	Wanita	48	Ibu Rumah Tangga	Jl. Kalangan, Karangandong	1	1	8.95	107.45
84	Pak SSRI	Pria	65	Tani	Jl. Kalangan, Karangandong	7	4	35.82	429.79
85	Bu ST	Wanita	48	Wirausaha	Jl. Kalangan, Karangandong	4	5	44.77	537.23

Lanjutan Tabel

86	Bu ST	Wanita	60	Wirausaha	Jl. Kalangan, Karangandong	1	4	35.82	429.79
87	Bu TSN	Wanita	75	Tani	Jl. Kalangan, Karangandong	1	2	17.91	214.89
88	Bu YN	Wanita	52	Wirausaha	Jl. Raya Krikilan	5	2	17.91	214.89
89	Pak AKN	Pria	77	Pensiun	Jl. Raya Krikilan	2	4	35.82	429.79
90	Bu ASP	Wanita	45	Karyawan	Jl. Raya Krikilan	6	4	35.82	429.79
91	Bu FTMH	Wanita	52	Wirausaha	Jl. Raya Krikilan	7	4	35.82	429.79
92	Bu SW	Wanita	23	Karyawan	Jl. Raya Krikilan	4	4	35.82	429.79
93	Bu DN	Wanita	25	Karyawan	Jl. Raya Krikilan	5	4	35.82	429.79
94	Bu AWR	Wanita	32	Ibu Rumah Tangga	Jl. Raya Krikilan	5	4	35.82	429.79
95	Bu CH	Wanita	45	Guru TK	Jl. Kalimaya, Mulung	2	2	17.91	214.89
96	Bu IDH	Wanita	41	Ibu Rumah Tangga	Jl. Kalimaya, Mulung	2	2	17.91	214.89
97	Bu MTK	Wanita	37	Ibu Rumah Tangga	Jl. Kalimaya, Mulung	3	1	8.95	107.45
98	Pak RJL	Pria	27	Karyawan	Jl. Aquamarin, Mulung	4	3	26.86	322.34
99	Bu DN	Wanita	35	Ibu Rumah Tangga	Jl. Kalimaya, Mulung	3	2	17.91	214.89
100	Bu DW	Wanita	28	Ibu Rumah Tangga	Jl. Kalimaya, Mulung	3	2	17.91	214.89



Gambar 11 Surveyor mengajukan pertanyaan konsumsi LPG rumah tangga



Gambar 12 Surveyor Melakukan *traffic counting*

FORMULIR SURVEY *TRAFFIC COUNTING* RUAS JALAN
(FORM SURVEY LAPANGAN)

Hari	Rabu
Tanggal	23-04-2014
Jam	16.00 - 19.00
Jalan	Karangandong
Titik Survey	Perempatan Karangandong
Arah ke	Kedamean

No. Form	3
Kode	

Surveyor	Rijal, Rendy, Arif, Fikry
Pengawas	Fikry

No	Waktu	Jenis Kendaraan Bermotor						Cuaca	
		Sepeda Motor	Kendaraan Penumpang		Bus / Truk Kecil	Truk Besar	Bus		
			Bensin	Diesel					
Jam ke - 1	15'	515	526	8	1	1	1	0	Cerah
	30'	509	507	10	1	1	1	0	Cerah
	45'	558	503	12	2	1	1	0	Cerah
	60'	586	507	10	3	2	2	0	Cerah
Jam ke - 2	15'	652	504	11	1	1	1	0	Cerah
	30'	579	505	10	2	1	1	0	Cerah
	45'	495	501	12	1	2	1	0	Cerah
	60'	482	504	12	2	1	2	0	Cerah
Jam ke - 3	15'	351	497	11	2	2	2	0	Cerah
	30;	332	495	11	1	1	2	0	Cerah
	45'	256	498	12	2	1	1	0	Cerah
	60'	256	499	11	1	1	1	0	Cerah
Total		5643	6046	130	20	14	15	0	Cerah
								1	Mendung
								2	Hujan

Hasil Counting Jalan Karang Andong arah ke Kedamean

FORMULIR SURVEY *TRAFFIC COUNTING* RUAS JALAN
(FORM SURVEY LAPANGAN)

Hari	Rabu
Tanggal	23-04-2014
Jam	16.00 - 19.00
Jalan	Karangandong
Titik Survey	Perempatan Karangandong
Arah ke	Krian

No. Form	4
Kode	

Surveyor	Galuh, Ulfa, Rosi, Rizki
Pengawas	Galuh

No	Waktu	Jenis Kendaraan Bermotor						Cuaca	
		Sepeda Motor	Kendaraan Penuumpang		Bus / Truk Kecil	Truk Besar	Bus		
			Bensin	Diesel					
Jam ke - 1	15'	343	350	5	1	1	-	0	Cerah
	30'	339	338	6	1	-	-	0	Cerah
	45'	372	336	8	1	-	1	0	Cerah
	60'	390	338	7	2	1	1	0	Cerah
Jam ke - 2	15'	434	336	7	1	1	-	0	Cerah
	30'	386	337	7	2	-	1	0	Cerah
	45'	330	334	8	1	1	-	0	Cerah
	60'	321	336	8	1	1	2	0	Cerah
Jam ke - 3	15'	234	331	7	2	1	1	0	Cerah
	30;	222	330	8	1	1	1	0	Cerah
	45'	171	332	8	1	1	1	0	Cerah
	60'	219	333	8	1	-	1	0	Cerah
Total		3762	4031	87	14	9	10	0	Cerah
								1	Mendung
								2	Hujan

Hasil Counting Jalan Karang Andong arah ke Krian

Total 2 jalur

No	Waktu	Jenis Kendaraan Bermotor					
		Sepeda Motor	Kendaraan Penumpang	Kendaraan Penumpang	Bus / Truk Kecil	Truk Besar	Bus Besar
			Bensin	Diesel			
Jam ke - 1	15'	858	876	13	2	2	1
	30'	848	845	16	2	1	1
	45'	930	839	20	3	1	2
	60'	976	845	17	5	3	3
Jam ke - 2	15'	1086	840	18	2	2	1
	30'	965	842	17	4	1	2
	45'	825	835	20	2	3	1
	60'	803	840	20	3	2	4
Jam ke - 3	15'	585	828	18	4	3	3
	30;	554	825	19	2	2	3
	45'	427	830	20	3	2	2
	60'	548	832	19	2	1	2

Hasil Counting Jalan Karangandong 2 arah

LAMPIRAN B

FORMULIR SURVEY *TRAFFIC COUNTING* RUAS JALAN (*FORM SURVEY LAPANGAN*)

Hari	Selasa
Tanggal	15-04-2014
Jam	16.00 - 19.00
Jalan	Randegansari - Lakarsantri
Titik Survey	Kantor Kelurahan Mulung
Arah ke	Surabaya

No. Form	1
Kode	

Surveyor	Tama,Iqbal,Kadek,Taufik
Pengawas	Kadek

No	Waktu	Jenis Kendaraan Bermotor						Cuaca	
		Sepeda Motor	Kendaraan Penumpang		Bus / Truk Kecil	Truk Besar	Bus		
			Bensin	Diesel					
Jam ke - 1	15'	257	23	6	-	1	1	0	Cerah
	30'	230	36	8	1	2	1	0	Cerah
	45'	259	39	11	1	1	1	0	Cerah
	60'	228	37	13	-	1	-	0	Cerah
Jam ke - 2	15'	258	33	16	-	1	-	0	Cerah
	30'	209	35	20	1	1	1	0	Cerah
	45'	212	36	22	1	1	-	0	Cerah
	60'	217	33	14	-	2	-	0	Cerah
Jam ke - 3	15'	276	31	15	-	1	-	0	Cerah
	30;	259	34	18	1	1	1	0	Cerah
	45'	216	31	18	1	1	-	0	Cerah
	60'	203	29	14	-	1	-	0	Cerah
Total		2825	396	176	6	14	5	0	Cerah
								1	Mendung
								2	Hujan

Hasil Counting Jalan Randegansari ke arah Surabaya

FORMULIR SURVEY *TRAFFIC COUNTING* RUAS JALAN
(FORM SURVEY LAPANGAN)

Hari	Selasa
Tanggal	15-04-2014
Jam	16.00 - 19.00
Jalan	Randegansari - Lakarsantri
Titik Survey	Warkop Randegansari
Arah ke	Driyorejo

No. Form	2
Kode	

Surveyor	Pandu,Soni,Dedhy,Brian
Pengawas	Dedhy

No	Waktu	Jenis Kendaraan Bermotor						Cuaca	
		Sepeda Motor	Kendaraan Penumpang		Bus / Truk Kecil	Truk Besar	Bus		
			Bensin	Diesel					
Jam ke - 1	15'	278	25	7	1	2	1	0	Cerah
	30'	250	39	9	1	2	1	0	Cerah
	45'	281	43	12	1	1	1	0	Cerah
	60'	247	40	15	1	1	1	0	Cerah
Jam ke - 2	15'	280	35	18	1	1	1	0	Cerah
	30'	226	37	22	1	2	1	0	Cerah
	45'	230	40	23	1	1	1	0	Cerah
	60'	235	36	15	1	2	1	0	Cerah
Jam ke - 3	15'	299	34	17	1	1	1	0	Cerah
	30'	281	36	19	1	1	1	0	Cerah
	45'	234	33	20	1	1	1	0	Cerah
	60'	220	31	15	1	1	1	0	Cerah
Total		3060	430	191	12	16	12	0	Cerah
								1	Mendung
								2	Hujan

Hasil Counting Jalan Randegansari ke arah Driyorejo

Total 2 jalur

No	Waktu	Jenis Kendaraan Bermotor					
		Sepeda Motor	Kendaraan Penumpang		Bus / Truk Kecil	Truk Besar	Bus Besar
			Bensin	Diesel			
Jam ke - 1	15'	535	48	13	1	3	2
	30'	480	75	17	2	4	2
	45'	540	82	23	2	2	2
	60'	475	77	28	1	2	1
Jam ke - 2	15'	538	68	34	1	2	1
	30'	435	72	42	2	3	2
	45'	442	76	45	2	2	1
	60'	452	69	29	1	4	1
Jam ke - 3	15'	575	65	32	1	2	1
	30;	540	70	37	2	2	2
	45'	450	64	38	2	2	1
	60'	423	60	29	1	2	1

Hasil Counting Jalan Randegansari 2 arah

Data Sekunder

1. Jalan Randegansari

waktu (interval 10 menit)	Sepeda	Kendaraan Penumpang		Bus / Truk	Truk	Bus
	Motor	Bensin	Diesel	Kecil	Besar	
05.00-05.10	94	5	1	8	1	0
05.10-05.20	90	3	1	9	0	0
05.20-05.30	118	7	2	11	1	0
05.30-05.40	124	9	2	12	0	0
05.40-05.50	125	18	4	20	3	0
05.50-06.00	142	20	5	18	0	0
06.00-06.10	366	28	7	6	4	0
06.10-06.20	480	25	6	3	4	2
06.20-06.30	559	26	7	4	3	0
06.30-06.40	598	28	7	9	1	1
06.40-06.50	579	22	5	13	2	0
06.50-07.00	554	25	6	11	1	0
07.00-07.10	623	22	6	13	2	0
07.10-07.20	498	28	7	14	4	0
07.20-07.30	588	31	8	13	4	0
07.30-07.40	573	33	8	10	2	0
07.40-07.50	628	30	7	18	2	0
07.50-08.00	504	22	6	14	11	0
08.00-08.10	410	21	5	15	4	0
08.10-08.20	318	17	4	21	4	0
08.20-08.30	333	18	4	22	7	0
08.30-08.40	291	13	3	15	10	0
08.40-08.50	290	22	5	20	13	0
08.50-09.00	254	20	5	28	6	0
09.00-09.10	344	22	5	33	14	0
09.10-09.20	283	26	7	28	9	0
09.20-09.30	233	17	4	29	5	0
09.30-09.40	186	14	3	31	3	0
09.40-09.50	276	16	4	21	6	0
09.50-10.00	329	20	5	21	10	0
10.00-10.10	198	26	7	21	6	0
10.10-10.20	219	22	5	26	8	0

Jalan Randegansari (Lanjutan)

waktu (interval 10 menit)	Sepeda	Kendaraan Penumpang		Bus / Truk	Truk	Bus
	Motor	Bensin	Diesel	Kecil	Besar	
10.20-10.30	260	25	6	24	6	0
10.30-10.40	324	18	5	21	12	0
10.40-10.50	196	27	7	24	9	0
10.50-11.00	233	18	4	26	6	0
11.00-11.10	200	21	5	20	6	0
11.10-11.20	138	17	4	20	2	0
11.20-11.30	251	21	5	25	6	0
11.30-11.40	220	14	4	22	7	0
11.40-11.50	239	25	6	18	8	0
11.50-12.00	197	19	5	18	9	0
12.00-12.10	183	18	5	17	6	1
12.10-12.20	178	26	6	18	6	0
12.20-12.30	166	18	4	29	7	1
12.30-12.40	130	19	5	21	5	0
12.40-12.50	144	15	4	20	5	0
12.50-13.00	126	12	3	17	7	0
13.00-13.10	123	22	5	9	10	0
13.10-13.20	139	29	7	17	9	0
13.20-13.30	131	30	8	5	8	0
13.30-13.40	181	45	11	23	17	0
13.40-13.50	184	39	10	19	9	0
13.50-14.00	189	35	9	25	4	0
14.00-14.10	256	26	6	26	8	0
14.10-14.20	261	26	6	26	11	0
14.20-14.30	240	41	10	25	9	0
14.30-14.40	211	30	7	18	9	0
14.40-14.50	180	20	5	21	6	0
14.50-15.00	182	19	5	19	10	0
15.00-15.10	190	27	7	21	11	0
15.10-15.20	239	42	10	28	9	0
15.20-15.30	239	26	7	24	6	0
15.30-15.40	280	46	11	15	12	0

Jalan Randegansari (Lanjutan)

waktu (interval 10 menit)	Sepeda	Kendaraan Penumpang		Bus / Truk	Truk	Bus
	Motor	Bensin	Diesel	Kecil	Besar	
15.40-15.50	284	26	6	20	12	0
15.50-16.00	308	24	6	18	11	0
16.00-16.10	331	26	6	20	8	0
16.10-16.20	372	34	8	20	9	0
16.20-16.30	440	24	6	21	10	0
16.30-16.40	570	38	9	27	4	0
16.40-16.50	549	37	9	20	3	0
16.50-17.00	585	39	10	28	9	1
17.00-17.10	482	31	8	20	1	0
17.10-17.20	578	33	8	17	3	0
17.20-17.30	594	30	7	15	3	0
17.30-17.40	660	39	10	19	7	0
17.40-17.50	571	32	8	14	1	0
17.50-18.00	552	26	7	18	6	0
18.00-18.10	489	33	8	16	1	0
18.10-18.20	475	30	8	5	6	0
18.20-18.30	469	30	8	12	4	0
18.30-18.40	473	33	8	15	4	0
18.40-18.50	539	34	8	11	5	0
18.50-19.00	521	22	5	6	4	0
19.00-19.10	487	17	4	3	6	0
19.10-19.20	447	16	4	11	9	0
19.20-19.30	441	18	5	9	8	0
19.30-19.40	393	12	3	10	4	0
19.40-19.50	382	18	5	11	7	0
19.50-20.00	340	12	3	2	3	0
20.00-20.10	288	18	4	8	5	0
20.10-20.20	283	20	5	10	6	0
20.20-20.30	276	19	5	10	2	0
20.30-20.40	250	19	5	6	2	0
20.40-20.50	233	14	4	5	4	0
20.50-21.00	204	15	4	9	1	0
Total kendaraan	31483	2286	572	1634	573	6

2. Jalan Karang Andong

waktu	Sepeda	Kendaraan Penumpang		Bus / Truk	Truk	Bus
(interval 30 menit)	Motor	Bensin	Diesel	Kecil	Besar	
06.00-06.30	3167	956	87	76	1	5
07.00-07.30	3587	1456	89	66	1	8
08.00-08.30	3278	1540	93	55	2	11
09.00-09.30	2987	971	95	89	5	8
10.00-10.30	2675	745	113	100	6	6
11.00-11.30	2235	546	121	130	6	5
12.00-12.30	2366	633	132	156	6	4
13.00-13.30	2567	883	122	177	5	4
14.00-14.30	2768	1032	110	165	7	5
15.00-15.30	2982	1654	100	132	6	5
16.00-16.30	3473	2564	57	7	5	6
17.00-17.30	4534	3447	89	8	9	8
18.00-18.30	2225	3845	79	5	4	8
19.00-19.30	2104	1234	97	198	4	6
20.00-20.30	2076	865	125	201	5	7
21.00-21.30	2001	505	145	247	4	6
Total Kendaraan	45025	22876	1860	2474	76	102



Gambar 10 Pelaksanaan Survey *traffic counting*

FORMULIR SURVEY *TRAFFIC COUNTING* RUAS JALAN
(*FORM SURVEY LAPANGAN*)

Hari		
Tanggal		
Jam		
Jalan		
Titik Survey		
Arah ke		

No. <i>Form</i>	
Kode	

Surveyor	
Pengawas	

No	Waktu	Sepeda Motor	Kendaraan Penumpang		Bus/Truk Kecil	Truk Besar	Bus	Cuaca	
Jam Ke-1									
Jam Ke-2									
Jam Ke-3									