

Analisis dan Mitigasi Emisi Gas Buang Akibat Transportasi (Studi Kasus Kabupaten Magetan)

RA Dynasty Purnomoasri¹, Dewi Handayani^{2,3}

© Penulis 2022

Abstract: The Intergovernmental Panel Climate Change (IPCC) states that transportation contributes 13.1% of emissions (IPCC, 2006). Magetan Regency plans to support Indonesia in reducing emissions by 20% by 2040 by analysing and mitigating greenhouse gas (GHG) emissions generated by the transportation sector. The analysis was conducted by calculating greenhouse gas (GHG) emissions based on traffic volume survey data and calculating the fuel oil (BBM) used to obtain the amounts of emissions generated. From the analysis, it was found that CO₂ emissions generated by the transportation sector in Magetan Regency amounted to 3,105,318.08 tons/year in 2020 and had the potential to increase by 3.31% per year. As mitigation actions, three activities are proposed, namely the use of public transportation, the movement of walking to school and greening. From the three actions, the total emissions are expected to be reduced by 1,422,516 tons/year or equivalent to 45% reduction of total emissions if the three proposed activities are implemented. If this is implemented, Magetan Regency will be able to contribute 0.22% of GHG emission reduction by 2040. If all districts in Indonesia also implement this mitigation, the transportation sector will contribute 9.15% of the emission reduction in Indonesia in 2040.

Kata kunci: Gas Rumah Kaca; BBM; Gas Buang, Emisi, Transportasi

PENDAHULUAN

Sektor Transportasi tumbuh dan berkembang seiring dengan peningkatan perekonomian nasional. Transportasi merupakan sarana penting bagi masyarakat modern untuk memperlancar mobilitas manusia dan barang. Gas buang sisa pembakaran Bahan bakar Minyak (BBM) mengandung bahan-bahan pencemar seperti CO₂ (Carbon Dioksida), NO_x (Nitrogen Oksida), CO (Carbon Monoksida), VHC (Volatile Hydro Carbon) dan Partikel lainnya. Bahan-bahan tersebut dapat mencemari ekosistem dan berdampak negative kepada manusia. Dengan pertumbuhan kendaraan bermotor yang begitu pesat mengakibatkan peningkatan penggunaan bahan bakar minyak di sector transportasi dan tidak dapat dipungkiri maka gas buang yang merupakan polutan juga akan menyebabkan meningkatnya pencemaran udara. Berdasarkan data dari berdasarkan Intergovernmental Panel Climate Change (IPCC) didapatkan bahwa sector Transportasi menyumbang Gas rumah kaca sebesar 13,1% yang merupakan salah satu dari tiga sector utama peningkatan gas rumah kaca selain penggunaan energi dan industry (IPCC, 2006).

Transportasi merupakan sumber utama dari pendamaran udara di pusat perkotaan. Kegiatan Transportasi menyumbang kira-kira 45%, 50% dan 90% dari NO_x, Total HC dan Emisi CO (Olsson, 1994). Dari jenis – jenis polutan yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor, karbon monoksida (CO) adalah polutan yang paling banyak dihasilkan kendaraan bermotor (Sengkey dkk., 2011). Meski perkembangan teknologi

¹ Prodi Teknik Sipil, Universitas Tunas Pembangunan, Surakarta 57135

² Prodi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta 57126

³ Pusat Penelitian Lingkungan Hidup, Universitas Sebelas Maret, Surakarta 57138

*e-mail: dinasty@lecture.utp.ac.id (corresponding author)

terbaru secara signifikan dapat mengurangi jumlah emisi masih ada kenaikan dari jumlah kendaraan bermotor yang tinggi dan jarak tempuh kendaraan yang jauh membuat teknologi tidak lagi berguna (Carbajo & Faiz, 1994). Di Indonesia pada tahun 2019 diketahui dari sector transportasi menyumbang Emisi sebesar 24,64% dari CO₂e sebanyak 157,326 Gg dengan peningkatan sebesar 7,17% per tahun (Sunarti et al., 2020).

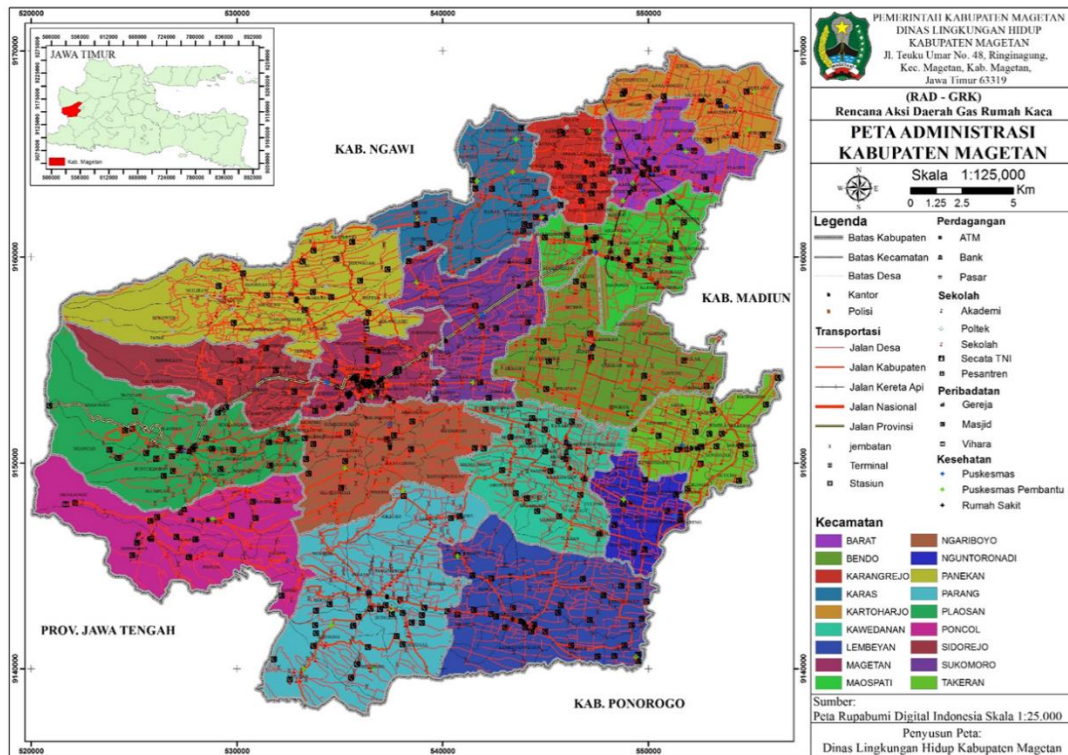
Pada penelitian di salah satu ruas jalan Sam Ratulangi di Manado oleh Sandri L.S. pada tahun 2011 didapatkan bahwa dari keseluruhan konsentrasi polutan yang di akibatkan oleh CO di udara, sebesar 80,22 % - 92,00% berasal dari kendaraan bermotor (Sengkey dkk., 2011). Di tahun 2015 didapatkan penelitian oleh Hendra Gunawan bahwa selain CO, sector transportasi juga menyumbang pencemar NO_x sebesar 69% di daerah perkotaan, khususnya di kota Padang dengan nilai korelasi (r) berkisar antara 0,663 – 0,810 dimana merupakan hubungan regresi eksponensial dan polynomial dari No dengan karakteristik lalu lintas (volume, kecepatan dan kepadatan) (Gunawan et al., 2015). Penelitian yang dilakukan di Surabaya oleh Rani F.N pada 2016 menyebutkan bahwa emisi CO₂ sebesar 3.285,241 ton CO₂/tahun pada tahun 2016 dicapai oleh kendaraan pribadi yang mana penting untuk adanya penanggulangan dan didapatkan bahwa perpindahan dari kendaraan pribadi ke angkutan umum sebesar 28% dapat mereduksi emisi sebesar 1.129.589 ton CO₂/tahun (Nestiti, 2017).

Perkembangan Transportasi harus didasarkan pada pengembangan yang berkelanjutan (sustainability) yang didasarkan perencanaan jangka Panjang yang komprehensif dan harus berwawasan lingkungan. Dimana secara khusus transportasi berkelanjutan dapat diartikan sebagai system transportasi yang memberikan akomodasi atas aksesibilitas semaksimal mungkin dengan Nampak buruk atau negative seminimal mungkin, bukan hanya alat transportasi yang hanya dijalankan dalam waktu dekat tetapi juga harus memiliki dampak di masa depan (Andriani & Yuliastuti, 2013). Sektor Transportasi diketahui mengkonsumsi sekitar 20% dari total konsumsi energi final nasional. Hampir seluruh energi yang dipakai di sector transportasi (97% dari total sector transportasi) menggunakan bahan bakar minyak (BBM). Pemerintah di Indonesia pun telah mengeluarkan peraturan dan kebijakan terkait upaya pengurangan emisi CO₂ pada tahun 2011 dan 2012. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui besar pengaruh dari emisi gas rumah kaca di daerah Kabupaten Magetan serta analisis mitigasi dan perkiraan penurunan emisi gas rumah kaca (GRK).

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian dan Metode Survei Data

Lokasi penelitian dilakukan di beberapa ruas jalan di Kabupaten Magetan. Terdapat dua pendekatan yaitu secara primer dan sekunder dalam rencana perhitungan penurunan Emisi Gas Rumah Kaca di Kabupaten Magetan. Survei data primer dilakukan dengan pendekatan visualisasi guna membandingkan serta melakukan capture terhadap kondisi wilayah di Kabupaten Magetan. Survei di bidang transportasi yang dilakukan yaitu survei kondisi pada area tertentu seperti ruas Jalan Maospati, Jalan Pahlawan, Jalan Jendr. Sudirman, Jalan Ahmad Yani dan beberapa jalan lainnya. Survei data sekunder dilakukan dengan menginventarisasi beberapa data terkait kebijakan pembangunan daerah seperti RPJMD, RTRE Kabupaten Magetan, kebijakan pembangunan dan sektoral terkait transportasi, serta peraturan yang berlaku. Kemudian data statistik terkait yang bersumber dari berbagai instansi sektoral termasuk diantaranya Badan Pusat Statistik (BPS), serta data peta yang bersumber dari single base map, serta citra satelit.



Gambar 1. Peta Administrasi Kabupaten Magetan (Dinas Lingkungan Hidup LH, 2017).

Metode Analisa Data

Pada tahap Analisa perlu didapatkan data kondisi eksisting yang selanjutnya akan dicari parameter yang digunakan yaitu emisi CO₂ dari kegiatan Transportasi. Data yang dikumpulkan adalah jumlah kendaraan dan jumlah bahan bakar pada tahun yang diinginkan yang kemudian digunakan untuk menghitung prediksi emisi CO₂ di bidang Transportasi di Kabupaten Magetan. Model Emisi CO₂ untuk Transportasi digunakan Mobile Combustion berdasarkan Intergovernmental Panel Climate Change (IPCC) Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Tahun 2006. Mobil Combustion merupakan pemodelan udara dengan suatu penghitungan matematis yang biasa digunakan untuk memprediksi emisi karbon dioksida (CO₂) (IPCC, 2006) dengan persamaan sebagai berikut.

$$Fuel_a = Jumlah\ Bahan\ Bakar \times Energy\ Content \tag{1}$$

$$Emission = \sum [Fuel_a \times EF_a] \tag{2}$$

Dimana jumlah bahan bakar dalam liter dengan Energy Content bensin = 34,66 MJ/l, Energy Content Solar = 38,68 MJ/l, $Fuel_a$ adalah jumlah bahan bakar (TJ), EF_a adalah factor emisi CO₂ untuk tiap jenis bahan bakar (kg/TJ), Emission adalah Emisi CO₂ total (kg) dan a adalah jenis bahan bakar (bensin, solar, dan lain lain). Dalam penggunaan persamaan mobile combustion initer data yang perlu diinput yaitu jumlah bahan bakar dan Faktor emisi CO₂ untuk tiap jenis bahan bakar (kg/TJ) berdasarkan IPCC Guidance 2006. Untuk Faktor Emisi CO₂ berdasarkan jenis Bahan Bakar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Faktor Emisi CO₂ Berdasarkan Jenis Bahan Bakar

CO ₂ Emission Factors (kg/TJ)			
Fuel	Default	Lower	Upper
Gasoline	69.300	67.500	73.000
Other Kerosene	71.900	70.800	73.600
Gas/Diesel Oil	74.100	72.600	74.800
Residual Fuel Oil	77.400	75.500	78.800

Other Oil	Liquefied Petroleum Gases	63.100	61.600	65.600
	Refinery Gas	57.600	48.200	69.000
	Paraffin Waxes	73.300	72.200	74.400
	White Spirit & SBP	73.300	72.200	74.400
	Other Petroleum Products	73.300	72.200	74.400
	Natural Gas	56.100	54.300	58.300

Sumber: IPCC Guidance 2006

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Eksisting

Dari persamaan Mobile Combustion yang telah disampaikan pada bagian metode analisa data, perlu data input berupa Jumlah bahan bakar dan faktor emisi CO₂ untuk tiap jenis bahakn bakar (kg/TJ) seperti pada Tabel 1. Penghitungan jumlah bahan bakar untuk Kabupaten Magetan didekati dari konsumsi bahan bakar yang dihasilkan oleh volume kendaraan harian yang melintas di jalan – jalan Kabupaten Magetan. Tabel 2 menunjukkan panjang dan status jalan diperoleh dari data Badan Pusat Statistik (BPS Kabupaten Magetan 2017, 2017).

Tabel 2. Panjang dan Status Jalan di Kabupaten Magetan Tahun 2016

NO	Kecamatan	Jalan Nasional (Km)	Jalan Provinsi (Km)	Jalan Kabupaten (Km)	Jumlah (Km)
1	Poncol	-	-	51,40	51,40
2	Parang	-	-	51,85	51,85
3	Lembeyan	-	-	31,80	31,80
4	Takeran	-	-	18,35	18,35
5	Nguntoronadi	-	-	17,33	17,33
6	Kawedanan	-	-	39,30	39,30
7	Magetan	-	7,92	49,11	57,03
8	Ngariboyo	-	-	38,10	38,10
9	Plaosan	-	12,30	23,70	36,00
10	Sidorejo	-	5,10	7,30	12,40
11	Panekan	-	6,46	46,15	52,61
12	Sukomoro	-	-	31,80	31,80
13	Bendo	-	2,65	30,71	33,36
14	Maospati	6,01	-	15,90	21,91
15	Karangrejo	5,30	-	8,60	13,90
16	Karas	-	-	24,30	24,30
17	Barat	-	-	20,40	20,40
18	Kartoharjo	0,7	-	19,70	20,40
Jumlah		12,01	34,43	525,81	572,25

Sumber: Magetan Dalam Angka 2017

Berdasarkan survei pada jam sibuk besar volume kendaraan yang dilakukan di beberapa jalan di Kabupaten Magetan berdasarkan Jalan Nasional, Jalan Proponsi dan Jalan Kabupaten yang dipilih, didapatkan data seperti pada Tabel 3. Dari data tersebut kemudian diambil rata-rata untuk penghitungan perwakilan tiap status jalan. Tahap selanjutnya mulai menghitung konsumsi bahan bakar dari masing – masing jenis kendaraan yang melewati ruas – ruas jalan tersebut. Besar konsumsi bahan bakar didekati

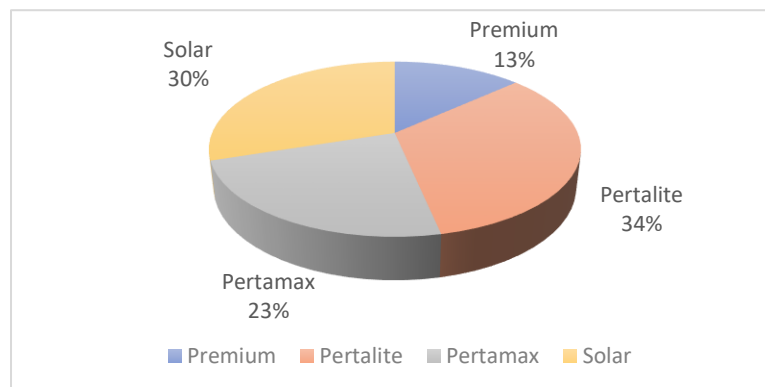
dari hasil survei konsumen kendaraan bermotor yang telah distudi sebelumnya, dan diperoleh asumsi konsumsi rata-rata sebagai berikut: Konsumsi BBM Sepeda Motor (Bensin) adalah sebesar 40 km/liter; Konsumsi BBM Mobil Penumpang (Bensin) adalah sebesar 10 km/liter; Konsumsi BBM Mobil Penumpang (Solar) adalah sebesar 9 km/liter; Konsumsi BBM Bus Besar (Solar) adalah sebesar 3 km/liter; Konsumsi BBM Truk Besar (Solar) adalah sebesar 2 km/liter.

Tabel 3. Rata – rata Volume Kendaraan Per Jam Menurut Status Jalan Kabupaten Magetan 2020

No	Status Jalan	Rata-Rata Jumlah Kendaraan/Jam			
		Sepeda Motor	Mobil Penumpang	Bis Besar	Truk Besar
1	Kabupaten	1748	119		1
2	Propinsi	1928	187		1
3	Nasional	1056	1165	62	96

Sumber: Analisa Data Primer 2020

Khusus untuk mobil diperlukan data tambahan untuk mendapatkan persentase jenis BBM. Maka dilakukan survei untuk mengetahui karakteristik mobil penumpang yang ada di Kabupaten Magetan. Hasil analisis diperoleh data Umur kendaraan di Kabupaten Magetan relatif merata antara kendaraan berumur kurang dari 5 tahun sebesar 36%, umur 5 – 15 tahun sebesar 27% dan lebih dari 15 tahun sebesar 37%. Berdasarkan data merek kendaraan diperoleh merek Toyota (30%), disusul dengan merek Mitsubishi (20%) dan Daihatsu (23%). Untuk Kapasitas mesin kendaraan diperoleh kendaraan dengan kapasitas dibawah 1500 cc (57%), kapastias 1500 – 2000 cc (10%), dan kapasitas meisn lebih dari 2000 cc (33%). Berdasarkan jenis bahan bakar kendaraan diketahui pengguna jenis gasoline/bensin dalam bentuk premium, pertalite, pertamax sebesar 70% dan sisanya sebesar 30% menggunakan bahan bakar, data lebih lengkap dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik Persentase Penggunaan Jenis Bahan Bakar yang digunakan Kendaraan di Kabupaten Magetan

Dari data jumlah kendaraan per jam pada Tabel 3, dilakukan konversi dalam lalu lintas harian rata-rata (LHR), panjang jalan masing-masing status jalan dan jenis BBM masing-masing kendaraan, maka dapat dilakukan penghitungan jenis BBM yang melintas di Kabupaten Magetan pada kondisi eksisting (2020). Diketahui berdasarkan data Panjang Jalan seperti pada Tabel 2 dilakukan penghitungan LHR dan Konsumsi BBM kendaraan selama berada di Kabupaten Magetan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. LHR Kendaraan yang melintas di Kabupaten Mangetan berdasarkan pendekatan status Jalan

No	Status Jalan	Lalu Lintas Harian Rata-Rata (Kendaraan)					Jumlah
		Sepeda Motor	Mobil Penumpang - Bensin	Mobil Penumpang - Solar	Bus Besar	Truk Besar	
1	Kabupaten	17.477	834	357	0	11	18.678
2	Propinsi	19.288	1.312	562	0	11	21.174
3	Nasional	10.563	8.158	3.496	617	959	23.795

Sumber: Survei Lapangan 2020

Tabel 5. Konsumsi Bahan Bakar Tiap Hasi Kendaraan yang melintas di Kabupaten Magetan

No	Status Jalan	Konsumsi Bahan Bakar Minyak/Hari				
		Sepeda Motor - Bensin	Mobil Penumpang - Bensin	Mobil Penumpang - Solar	Bis Besar - Solar	Truk Besar - Solar
1	Kabupaten	229.734	43.830	20.872	0	2.899
2	Propinsi	16.602	4.517	2.151	0	190
3	Nasional	3.171	9.798	4.666	2.472	5.760
Jumlah		249.507	58.146	27.689	2.472	8.849

Sumber: Survei Lapangan 2020

Pada Tabel 6 dapat dilihat besar emisi CO₂ yang dihasilkan dari bahan bakar bensin dan solar pada sektor transportasi kendaraan di Kabupaten Magetan. Besar emisi CO₂ yang dihasilkan berdasarkan Tabel 6 adalah 2.697.215,71 Ton + 408.103,36 Ton = 3.105.318,08 Ton dimana untuk selanjutnya penghitungan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan yang Melintas di Kabupaten Magetan Tahun 2020

No	Konsumsi	Liter	BBM (MJ/l)	Emisi (Ton)
1	Bensin/hari	307.652,00	10.663.245,81	7.389,63
2	Solar/hari	39.009,70	1.508.895,29	1.118,09
3	Bensin/tahun	112.293.269,54	3.892.084.722,22	2.697.214,71
4	Solar/tahun	14.238.541,40	550.746.781,37	408.103,36
	Energy Content Bensin =		34,66	MJ/liter
	Energy Content Solar =		38,68	MJ/liter
	Faktor Emisi CO ₂ gasoline=		69.300	kg/TJ
	Faktor Emisi CO ₂ diesel=		74.100	kg/TJ

Sumber: Analisis Data 2020

Kondisi Estimasi Proyeksi Emisi Transportasi

Estimasi proyeksi transportasi diprediksi sampai dengan tahun 2030, 2040 dan 2050 disesuaikan dengan Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 67 Tahun 2012 tentang Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Provinsi Jawa Timur serta rencana Indonesia dalam pengadaan pembangkit energi terbarukan sebanyak 50% pada tahun 2030 dan mengurangi emisi sebesar 20% serta meninggalkan batu bara pada tahun 2040 demi mencapai Dekarbonasi pada tahun 2050. Pertumbuhan lalu lintas rata-rata dibuat 3,31% per tahun, maka dapat diproyeksikan besar emisi CO₂ akibat transportasi juga akan meningkat 3,31% tiap tahunnya. Dari hasil analisis proyeksi emisi gas buang CO₂ di Kabupaten Magetan didapatkan

besar Emisi pada tahun 2030 adalah sebesar 4.300.607 Ton, kemudian tahun 2040 sebesar 5.955.981 Ton, dan pada tahun 2050 sebesar 8.273.771 ton.

Diketahui bahwa Emisi CO₂ semakin meningkat sepanjang tahun dimana emisi pada tahun 2050 naik hampir tiga kali lipat dari Emisi pada tahun 2020. Kenaikan ini pun di dukung dengan penelitian Emisi Gas Rumah Kaca yang telah dilakukan oleh kementerian ESDM dimana pada tahun 2017 diketahui bahwa Emisi Transportasi menyumbang sebesar 24,71% dengan peningkatan sebesar 6,69% per tahun (Ministry of Energy and Resources, 2017) dan pada tahun 2020 diketahui Transportasi menyumbang Emisi sebesar 24,64% yang meskipun terlihat mengalami penurunan tetapi peningkatan Emisi pertahunnya menjadi 7,17% per tahun untuk Emisi seluruh Indonesia (Sunarti et al., 2020). Di Kabupaten Magetan sendiri dapat dari hasil analisis mengalami peningkatan rata-rata Emisi dari tahun 2020 dan di prediksi hingga tahun 2030, 2040, dan 2050 peningkatan yang terjadi adalah 2,78 %, 4,78% dan 6,25% diambil dari tahun 2020.

Efek dan Usulan Aksi Mitigasi Bidang Transportasi

Polutan CO memiliki efek negatif bagi kesehatan manusia dimana CO berbentuk gas yang sangat beracun. Senyawa CO mengikat haemoglobin (Hb) yang menyebabkan fungsi Hb yang membawa oksigen ke seluruh tubuh terganggu. Sebagai akibatnya persediaan oksigen dalam tubuh menjadi berkurang dan dapat menyebabkan masalah kesehatan hingga kematian (Sengkey dkk., 2011). Berdasarkan pada peraturan RI Nomor 61 tahun 2001 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (GRK), Indonesia telah berkomitmen menurunkan GRK sebanyak 26% pada tahun 2020. Untuk itu perlu adanya Rencana Aksi daerah dalam bentuk usulan mitigasi Transportasi yang berpotensi mengurangi emisi akibat transportasi di Kabupaten Magetan adalah berupa:

1. Program Penyediaan Angkutan Umum Gratis untuk Anak Sekolah.

Jumlah anak sekolah SMP dan SMA atau sederajat di Kabupaten Magetan menurut Magetan Dalam Angka 2020 adalah sebesar 57.770 siswa sekolah (Badan Pusat Statistik Kabupaten Magetan, 2022). Sehingga Program Penyediaan Angkutan Umum Gratis untuk anak sekolah di diharapkan dapat meningkatkan keselamatan pengguna jalan dalam hal ini adalah khususnya anak sekolah serta mengurangi penggunaan kendaraan bermotor di jalan untuk anak sekolah dan para pengantar. Di lain riset Firdawati (2016) menyampaikan pemilihan moda pelajar di Kota Samarinda moda transportasi motor pribadi 47.50% angkutan kota 28.50%, moda transportasi antar jemput 21.00%, 2.00% moda transportasi pejalan kaki atau bersepeda. moda transportasi mobil pribadi 1.00% (Firdawati, 2016). Berdasarkan penelitian oleh Santosa. E (2018) di Samarinda diketahui bahwa sebanyak 41,52% siswa memilih menggunakan motor pribadi sedangkan siswa yang menggunakan angkutan umum hanya 7,310% (Santosa, 2018). Ardhianti, T (2018) pun menjelaskan bahwa sebesar 26% siswa pelajar SMA di Bandung menggunakan motor pribadi dan alasan tidak menggunakan moda angkutan umum adalah karena factor biaya dan waktu (Ardhianti & Judiantono, 2018). Adapun Eko. D (2022) memaparkan pada penelitiannya di Kabupaten Boyolali siswa yang memilih menggunakan kendaraan pribadi sebesar 15,37% dan yang bersedia menggunakan Transporasi Umum sebesar 2,63% dengan 0,69% memilih Angkutan Umum (Ardyannas dkk., 2022). (Ardyannas et al., 2022)

Berdasarkan riset yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pelajar menggunakan kendaraan pribadi berkisar antara 15,37 – 47,5 % digunakan nilai persentase tertinggi sehingga didapat perkiraan $57.770 \times 47,5\% = 27.441$ siswa menggunakan motor pribadi untuk transportasi ke sekolah. Jika Program Penyediaan ini mampu mengurangi sekitar 1% penggunaan motor pada siswa di jalan Kabupaten Magetan, maka pengurangan volume sepeda motor 274 kendaraan setiap hari atau dengan asumsi hari aktif kegiatan ke sekolah sebanyak 250 hari/tahun didapatkan 68.602 kendaraan yang mampu melakukan pengurangan emisi yaitu $68.602 \text{ motor} \times (34.43+525.81) \text{ km} \times (2,66 \text{ liter}/100 \text{ km}) \times 2.597,86 \text{ gram/liter} = 292.760 \text{ Ton/tahun}$.

2. Gerakan Berjalan Kaki ke Sekolah

Gerakan berjalan kaki ini bisa dilaksanakan dengan ketentuan siswa tidak diperkenankan menggunakan moda kendaraan bermotor pada radius minimal 200 m dari sekolah. Muhtar Thahir (2019) melakukan penelitian bahwa orang melakukan perjalanan dari rumah ke halte rata-rata sejauh 100 – 400 m ke atas dibukatkan dengan persentase sebesar 69% sedangkan dari halte ke tempat tujuan didapatkan jarak 100 m ke bawah dengan persentase 64% . Maka jika dilakukan pendekatan dengan kegiatan/program gerakan berjalan kaki ini dapat dilakukan perhitungan dengan jumlah anak SMP dan SMA atau sederajat Kabupaten Magetan sebesar 57.770 siswa x 200 m x 2 (pulang dan pergi) = 23.108.000 m \approx 23.108 km. Penelitian memperlihatkan bahwa berjalan kaki 1 Km telah dapat menekan 222 gram CO₂, maka gerakan berjalan kaki pada jarak tertentu dari dan ke sekolah dapat mengurangi emisi CO₂ dengan asumsi 250 hari aktif sebanyak 353.427 Ton/Tahun.

3. Penanaman Tanaman Pengendali Polusi

IPCC menarik kesimpulan bahwa peningkatan temperatur global sejak pertengahan abad ke 20 disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca (uap air, karbondioksida dan metana) akibat aktifitas manusia. Gas-gas ini menyerap dan memantulkan kembali radiasi gelombang yang dipancarkan bumi sehingga panas akan tersimpan dipermukaan bumi dan menyebabkan suhu rata-rata tahunan bumi terus meningkat. Salah satu cara untuk mengurangi peningkatan temperatur bumi tersebut antara lain yaitu penambahan ruang terbuka hijau (IPCC, 2006). Hasil studi dari Puslitbang Jalan dan Jembatan, pengendalian polusi udara untuk polutan NO_x dan SO₂ dengan pemanfaatan tanaman jenis pohon dapat mereduksi 16,70 - 67,39%, jenis perdu 6,56 - 80,0% dan jenis semak 18,13 - 67,33%. Besarnya reduksi tersebut, antara lain tergantung dari : macam tanaman, kerapatan daun, konsentrasi polutan eksisting pada lokasi yang bersangkutan. Uji emisi gas buang bagi semua kendaraan yang melintas di jalan umum agar emisi yang keluar ke lingkungan dapat direduksi seminimal mungkin. Penelitian Kusminingrum (2008), juga mengkaji besar reduksi CO oleh berbagai jenis pohon, jenis perdu dan jenis semak secara mandiri, maupun kombinasi ketiganya. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa setiap tanaman memiliki kemampuan yang berbeda dalam menyerap polutan CO, maka tanaman-tanaman perlu dikombinasikan. Oleh karena itu dapat dipilih tanaman yang sesuai dengan maksud dan tujuan pemilihannya, kemudahan didapatnya, kemudahan dalam pemeliharaannya. Selanjutnya direkomendasikan berberapa jenis tanamapan yang dianggap secara optimum dapat mereduksi polusi udara lebih dari 50% atau bahkan mencapai 80%. Dari pendekatan Emisi gas buang yang terjadi di jalan diperkirakan tanaman akan dapat mereduksi maksimal 25% karena ruang yang dilayani menjadi 32 m² (Kusminingrum, 2008).

Berdasarkan usulan aksi dilakukan analisis penghitungan GRK dengan atau tanpa rencana aksi dari Kabupaten Magetan untuk melihat hasil pengurangan CO₂ pada tahun 2020 dan tahun proyeksi 2030, 2040, dan 2050 dapat dilihat pada Tabel 7. Dari Tabel 7 dapat dilihat pada tahun 2020 besar reduksi jika menerapkan usulan adalah 1.422.512 Ton atau jika dilakukan pengurangan terhadap GRK, maka setelah dilakukan usulan aksi mitigasi maka besar emisi pada tahun 2020 menjadi 1.682.802 Ton yang mana pengurangan mencapai 45 % di Kabupaten Magetan. Indonesia sendiri berencana mengurangi emisi sebesar 20% pada tahun 2040, dengan jumlah kabupaten di Indonesia yang mencapai 416 kabupaten maka dapat dikatakan bahwa Kabupaten Magetan setidaknya harus menyumbang penurunan sebesar 0,05%. Maka Kabupaten Magetan dapat menyumbang penurunan Emisi sebesar 0,022% di sektor transportasi. Jika semua kabupaten se-Indonesia menerapkan usulan mitigasi emisi GRK seperti di Kabupaten Magetan maka sektor transportasi seluruh kabupaten di Indonesia akan menyumbang penurunan sebesar 9,15% dari 20% rencana pengurangan emisi.

Tabel 7. Penghitungan Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca di Kabupaten Magetan dengan atau tanpa usulan aksi mitigasi

Kondisi	Tahun			
	2020	2030	2040	2050
GRK - Tanpa Usulan Aksi Mitigasi	3.105.318	4.300.607	5.955.981	8.273.771
Program Angkutan Gratis untuk Pelajar	292.760	405.448	561.512	777.647
Gerakan Jalan Kaki ke Sekolah	353.427	489.467	677.871	938.794
Penghijauan	776.330	1.075.152	1.488.995	2.062.134
Harapan Reduksi	1.422.516	1.970.067	2.728.378	3.778.576
GRK - Dengan Usulan Aksi Mitigasi	1.682.802	2.330.540	3.227.603	4.495.195

Sumber: Analisis Data 2020

SIMPULAN DAN SARAN

Dari analisis yang telah dilakukan didapatkan bahwa emisi CO₂ di Kabupaten Magetan pada tahun 2020 sebesar 3.105.318,08 Ton dengan kenaikan sebesar 6,25% pada tahun 2050 mencapai 8.273.771 Ton. Demi mendukung upaya pemerintah dalam Dekarbonasi 2050 dan penurunan emisi sebesar 20% pada tahun 2040 maka diusulkan aksi mitigasi di Kabupaten Magetan yang diharapkan mampu mengurangi emisi dan dari hasil analisis didapatkan bahwa sektor transportasi Kabupaten Magetan mampu menyumbang 0,022% atau sebesar 1.422.516 ton/tahun pengurangan emisi untuk Indonesia. Terdapat tiga usulan aksi mitigasi yang pertama yaitu Program penyediaan angkutan umum untuk anak sekolah di Kabupaten Magetan yang berjumlah 57.770 siswa (SMP dan SMA sederajat) yang dianalisis dan diharapkan mampu mengurangi sebesar 292.750 ton/tahun, selanjutnya program gerakan berjalan kaki ke sekolah diharapkan mampu mengurangi 353.427 ton/tahunnya, dan penanaman pohon yang dirasa mampu mengurangi emisi di jalan sebesar 25%. Apabila tiga usulan aksi mitigasi ini juga diterapkan di 415 kabupaten di Indonesia maka dari sektor transportasi akan mampu menyumbang penurunan sebesar 9,15% dari rencana penurunan emisi 20% pada tahun 2040.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, D. M., & Yulastuti, N. (2013). Penilaian Sistem Transportasi yang Mengarah Pada Green Transportasi di Kota Surakarta. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 9(2), 183. <https://doi.org/10.14710/pwk.v9i2.6535>
- Ardhianti, T., & Judiantono, T. (2018). Sensitivitas Siswa SMA Negeri di Kota Bandung dalam Pemilihan Moda Transportasi ke Sekolah dalam memilih moda yang akan digunakan ke sekolah, baik kendaraan umum maupun Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Moda Faktor-faktor yang mempengaruhi sese. *Prosiding Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 34–42. <https://karyailmiah.unisba.ac.id/index.php/PWK/article/view/9052/pdf>
- Ardyannas, D. E., Putri, R. A., & Rahayu, M. J. (2022). Moda Transportasi Dan Faktor Pemilihan Moda Dalam Implementasi Kebijakan Sistem Zonasi: Studi Kasus Sma Negeri Di Kecamatan Boyolali. *Desa-Kota*, 4(1), 67. <https://doi.org/10.20961/desa-kota.v4i1.53668.67-77>
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Magetan. (2022). *Kabupaten Magetan Dalam Angka 2022* (BPS Kabupaten Magetan (ed.)). BPS-Statistics Of Magetan Regency. <https://magetankab.bps.go.id>
- BPS Kabupaten Magetan 2017. (2017). *BADAN PUSAT STATISTIK KABUPATEN MAGETAN Statistics of Magetan Regency 2017*. BPS KABUPATEN MAGETAN/BPS-Statistic of Magetan Regency.
- Carbajo, J. C., & Faiz, A. (1994). Motor vehicle emissions control: some policy options for developing countries. *Science of the Total Environment, The*, 146–147(C), 11–18. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(94\)90214-3](https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90214-3)
- Dinas lingkungan hidup, Kabupaten Magetan, dengan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sebelas Maret Surakarta, 2017, Laporan Akhir, Penyusunan Dokumen Rencana Aksi Daerah, Gas Rumah Kaca Kabupaten Magetan.
- Firdawati, D. I. (2016). Pemilihan Moda Transportasi Pelajar Sekolah Di Kawasan Ir H. Juanda

- Samarinda. *E-Jurnal Kurva S Jurnal Mahasiswa*, 1(1), 1–12.
[https://karyatulisilmiah.com/pemilihan-moda-transportasi/#:~:text=Pemilihan moda %28 moda split%29 dapat didefinisikan sebagai,perilaku pelaku perjalanan dalam memilih moda yang digunakan.](https://karyatulisilmiah.com/pemilihan-moda-transportasi/#:~:text=Pemilihan%20moda%20split%29%20dapat%20didefinisikan%20sebagai,perilaku%20pelaku%20perjalanan%20dalam%20memilih%20moda%20yang%20digunakan.)
- Gunawan, H., Ruslinda, Y., & Putri, D. (2015). Pengaruh Karakteristik Lalu Lintas Terhadap Konsentrasi Gas NO₂ di Udara Ambien Roadside Jaringan Jalan Sekunder Kota Padang. *ACE National Conference*, 2, 88–94.
- IPCC. (2006). Chapter 2.3: Mobile Combustion. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, 1–78. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
- Kusminingrum, N. (2008). Potensi Tanaman Dalam Menyerap Co₂ DAN Co untuk Mengurangi Dampak Pemanasan Global. *Jurnal Permukiman*, 3(2), 96. <https://doi.org/10.31815/jp.2008.3.96-105>
- Ministry of Energy and Resources. (2017). *Kajian Penggunaan Faktor Emisi Lokal (Tier 2) dalam Kajian Inventarisasi GRK Sektor Energi* (Issue Cetakan Pertama).
- Nestiti, R. F. (2017). *Perubahan Emisi Karbondioksida Dengan Pemindahan Kendaraan Pribadi Ke Kendaraan Umum Konvensional Di Kota Surabaya*. 124. <http://repository.its.ac.id/43326/>
- Olsson, L. (1994). Motor vehicle air pollution control in Sweden. *Science of The Total Environment. Solna: Swedish Environmental Protection Agency*, 27-34.
- Santosa, E. (2018). *Pemilihan Moda Transportasi Pelajar Sekolah di Kawasan K.H.Ahmad Dahlan Samarinda*. ejournal.untag-smd.ac.id/. <http://ejournal.untag-smd.ac.id/>
- Sengkey, S. L., Jansen, F., & Wallah, S. (2011). Tingkat Pencemaran Udara Co Akibat Lalu Lintas Dengan Model Prediksi Polusi Udara Skala Mikro. *Jurnal Ilmiah MEDIA ENGINEERING*, 1(2), 2087–9334.
- Sunarti, Sunaryo, F. K., Prasetyo, B. E., Kurniadi, C. B., Setiadi, I., Rabbani, Q., Fajarwati, P. A., & Hernawati, S. (2020). Inventarisasi Emisi GRK Bidang Energi. *Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Energi Tahun 2020*, v. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-inventarisasi-emisi-gas-rumah-kaca-sektor-energi-tahun-2020.pdf>