

PEMODELAN EMISI CO₂ SEPEDA MOTOR

**AGAH M. MULYADI
I.G.W SAMSI GUNARTA**



**K E M E N T E R I A N P E K E R J A A N U M U M
B A D A N P E N E L I T I A N D A N P E N G E M B A N G A N
P U S A T P E N E L I T I A N D A N P E N G E M B A N G A N J A L A N D A N J E M B A T A N**

Jl.A.H Nasution No.264 P.O BOX 2 Bandung 40294 Indonesia Telp (022) 7802251 Fax (022) 7802726 email: pusjatan@pusjatan.pu.go.id

PEMODELAN EMISI CO₂ SEPEDA MOTOR

Penulis:

Agah M. Mulyadi
I.G.W. Samsi Gunarta

Cetakan Ke-1 Desember 2013

© Pemegang Hak Cipta Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan

No. ISBN : 978-602-264-047-9

Kode Kegiatan : PPK2 - 001 107 F 13

Kode Publikasi : IRE – TR - 110/IN/2013

Koordinator Penelitian

Ir. IGW Samsi Gunarta, M. Appl. Sc
PUSLITBANG JALAN DAN JEMBATAN

Editor

Dr. Ir. Tri Basuki J, M.Sc

Layout dan Design

Tri Cahyo Pangestu
Yosi Samsul Maarif, S.Sn

Penerbit :

ADiKA

ADiKA CV (Anggota IKAPI)

Bekerja sama dengan

Kementerian Pekerjaan Umum

Badan Penelitian dan Pengembangan

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan

Jl. A.H. Nasution No. 264 Ujungberung – Bandung 40294

Pemesanan melalui:

Perpustakaan Puslitbang Jalan dan Jembatan

info@pusjatan.pu.go.id

ISBN 978-602-264-047-9



**KEANGGOTAAN SUB TIM
TEKNIS BALAI TEKNIK LALU LINTAS &
LINGKUNGAN JALAN**

Ketua:

Ir. Agus Bari Sailendra, MT.

Sekretaris:

Ir. Nanny Kusminingrum

Anggota:

Ir. Gandhi Harahap, M.Eng.

DR. Ir. IF Poernomosidhi, M.Sc.

DR. Ir. Hikmat Iskandar, M.Sc.

Ir. Sri Hendarto, M.Sc.

DR. Ir. Tri Basuki Juwono, M.Sc.

© PUSJATAN 2013

Naskah ini disusun dengan sumber dana APBN Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2013, pada paket pekerjaan “Penyusunan Naskah Ilmiah Pemodelan Emisi CO₂ Sepeda Motor” DIPA Puslitbang Jalan dan Jembatan. Pandangan-pandangan yang disampaikan di dalam publikasi ini merupakan pandangan penulis dan tidak selalu menggambarkan pandangan dan kebijakan Kementerian Pekerjaan Umum maupun institusi pemerintah lainnya. Penggunaan data dan informasi yang dimuat di dalam publikasi ini sepenuhnya merupakan tanggung jawab penulis.

Kementerian Pekerjaan Umum mendorong percetakan dan perbanyakan informasi secara eksklusif untuk perorangan dan pemanfaatan nonkomersil dengan pemberitahuan yang memadai kepada Kementerian Pekerjaan Umum. Tulisan ini dapat digunakan secara bebas sebagai bahan referensi, pengutipan atau peringkasan yang dilakukan seijin pemegang HAKI dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebut sumbernya.

Buku pada terbitan edisi pertama didesain dalam cetakan hitam putih, akan tetapi versi e-book dari buku ini telah didesain untuk dicetak berwarna. Buku versi e-book dapat diunduh dari website pusjatan.pu.go.id serta untuk keperluan pencetakan bagi perorangan dan pemanfaatan non-komersial dapat dilakukan melalui pemberitahuan yang memadai kepada Kementerian Pekerjaan Umum.

PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN JALAN DAN JEMBATAN

Pusat Litbang Jalan dan Jembatan (Pusjatan) adalah lembaga riset yang berada dibawah Badan Litbang Kementrerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia. Lembaga ini memiliki peranan yang sangat strategis di dalam mendukung tugas dan fungsi Kementrian Pekerjaan Umum dalam menyelenggarakan jalan di Indonesia. Sebagai lembaga riset, Pusjatan memiliki visi sebagai lembaga penelitian dan pengembangan yang terkemuka dan terpercaya, dalam menyediakan jasa keahlian dan teknologi bidang jalan dan jembatan yang berkelanjutan, dan dengan misi sebagai berikut:

- 1) Meneliti dan mengembangkan teknologi bidang jalan dan jembatan yang inovatif, aplikatif, dan berdaya saing,
- 2) Memberikan pelayanan teknologi dalam rangka mewujudkan jalan dan jembatan yang handal, dan
- 3) Menyebar luaskan dan mendorong penerapan hasil penelitian dan pengembangan bidang jalan dan jembatan.

Pusjatan memfokuskan dukungan kepada penyelenggara jalan di Indonesia, melalui penyelenggaraan litbang terapan untuk menghasilkan inovasi teknologi bidang jalan dan jembatan yang bermuara pada standar, pedoman, dan manual. Selain itu, Pusjatan mengemban misi untuk melakukan advis teknik, pendampingan teknologi, dan alih teknologi yang memungkinkan infrastruktur Indonesia menggunakan teknologi yang tepat guna. Kemudian Pusjatan memiliki fungsi untuk memastikan keberlanjutan keahlian, pengembangan inovasi, dan nilai-nilai baru dalam pengembangan infrastruktur.

PRAKATA

Kemajuan kota-kota besar di Indonesia didukung oleh peningkatan pada sektor transportasi, namun pada sisi lain peningkatan ini juga sekaligus akan membawa dampak negatif yang tidak diinginkan. Peningkatan jumlah sepeda motor akan meningkatkan pula jumlah konsumsi bahan bakar minyak dan berbanding lurus dengan peningkatan jumlah emisi CO_2 yang dihasilkan. Pengaruh meningkatnya CO_2 disebut efek rumah kaca dimana CO_2 di atmosfer dapat menyerap energi panas dan menghalangi jalannya energi panas tersebut dari atmosfer ke permukaan yang lebih tinggi. Keadaan ini menyebabkan meningkatnya suhu rata-rata di permukaan bumi.

Naskah ilmiah ini dilatarbelakangi adanya kerjasama penelitian antara Puslitbang Jalan dan Jembatan dengan NILIM Jepang. Topik yang diangkat dalam kerjasama penelitian tersebut adalah mengenai emisi CO_2 sepeda motor. Data-data yang didapat adalah data kecepatan tiap fungsi jalan dan data konsumsi bahan bakar yang dihasilkan dari pengambilan data sepeda motor dinamis dengan percepatan bebas menggunakan alat chasis dyno kemudian dikonversi menggunakan persamaan yang diadopsi dari Clean Development Mechanism (CDM) Methodology AMS-III menjadi emisi CO_2 .

Pada naskah ilmiah ini dilakukan pemodelan emisi gas buang CO_2 untuk hubungan antara emisi CO_2 dengan teknologi sepeda motor, kapasitas mesin, usia pelayanan sepeda motor dan kecepatan sepeda motor serta dianalisis kecenderungan besaran emisi CO_2 sepeda motor pada setiap fungsi jalan berdasarkan kecepatan rata-rata sepeda motor dengan metode persentil dari data kecepatan yang didapat. Hasil dari model tersebut bertujuan untuk mengetahui komposisi sepeda motor dengan nilai emisi CO_2 yang terendah.

Kami menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam proses pembuatan naskah ilmiah ini. Kami tidak lupa memohon maaf apabila terdapat kekurangan pada naskah ilmiah ini.

Bandung, Desember 2013

Agah M. Mulyadi, ST, MT &
Ir. I.G.W Samsi Gunarta, M.Appl, Sc

Ucapan Terima Kasih

Penghargaan sebesar-besarnya disampaikan atas kerjasama dan bimbingan yang diberikan secara terus menerus oleh DR. Ir. M. Eddie Soenaryo, M.Sc dari Puslitbang Jalan dan Jembatan dan Dr. Ir. Widjojo A. Prakoso, M.Sc dari Universitas Indonesia.

Terima kasih juga disampaikan pada Ir. Dandung Sri Harminto, MT dari PT. Geoforce Indonesia dan Ir. Andryan Suhendra, MT dari PT. Panca Tetrasa Geosinindo melalui diskusi yang sangat bermanfaat.

Tim Penulis mengucapkan terima kasih pada PT. Marga Lingkar Jakarta atas ijin dan bantuan yang diberikan untuk melakukan observasi lapangan pada konstruksi dinding penahan tanah bertulang geogrid di Proyek Pembangunan Jalan Tol Ruas Lingkar Luar Jakarta (JORR) Kebon Jeruk – Ulujami Ruas W2 Utara.

DAFTAR ISI

Prakata	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	ix
1. Pendahuluan	1
2. Tujuan Naskah Ilmiah	2
3. Metode Penelitian	2
4. Perkembangan Sepeda Motor Sebagai Bagian dari Lalu Lintas	4
4.1 Perbandingan pertumbuhan dan kepemilikan sepeda motor	4
4.2 Perbandingan dan komposisi sepeda motor terhadap kendaraan lain	5
5. Teknologi atau kriteria sepeda motor untuk angkutan jalan raya	6
5.1 Teknologi Electronic Fuel Injection	7
5.2 Teknologi Sepeda Motor Hybrid	8
5.3 Teknologi Sepeda Motor Listrik	10
5.4 Teknologi Sepeda Motor dengan Bahan Bakar Bio	11
6. Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor Secara Umum	13
7. Sepeda Motor di Lalu Lintas	14
7.1 Komposisi Sepeda Motor di Lalu Lintas	14
7.2 Tipe Sepeda Motor yang Mayoritas Beroperasi di Lalu Lintas	15
8. Deskripsi Pengumpulan Data	17
8.1 Teknologi manufaktur	18
8.2 Kapasitas Mesin	19
8.3 Usia pelayanan	20
8.4 Kecepatan Tempuh	21
8.5 Kecepatan Sepeda Motor Menurut Fungsi Jalan	22

9. Analisis Data	25
9.1 Analisis Hubungan Teknologi Manufaktur Sepeda Motor dengan Emisi CO2	25
9.2 Analisis Hubungan Kapasitas Mesin Sepeda Motor dengan Emisi CO2	26
9.3 Analisis Hubungan Usia Pelayanan Sepeda Motor dengan Emisi CO2	28
9.4 Analisis Hubungan Kecepatan Sepeda Motor dengan Emisi CO2	29
9.5 Analisis Regresi	30
9.6 Analisis Prediksi Nilai CO2 pada Berbagai Fungsi JALAN	32
10. Rekomendasi Kebijakan	35
10.1 Rekomendasi Kebijakan Terkait Sepeda Motor	35
10.2 Rekomendasi Kebijakan Terkait Ke-PU-an	36
11. Rekomendasi Penelitian Lanjutan yang Perlu Dilakukan	37
12. Penutup	37
Daftar Pustaka	40

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Perbandingan Komposisi Sepeda Motor dan Kendaraan Lain di Indonesia dan Negara Lain Tahun 2012	6
Gambar 2	Sepeda Motor Hybrid	9
Gambar 3	Sepeda Motor Listrik	11
Gambar 4	Sepeda Motor dengan Bahan Bakar Bio	13
Gambar 5	Komposisi Sepeda Motor dan Kendaraan Roda 4 atau Lebih di Daerahdaerah di Indonesia (Korps Lalu Lintas [Lantas] Polri, 2010)	15
Gambar 6	Komposisi Tipe Sepeda Motor	19
Gambar 7	Deskripsi Data Variabel Teknologi Manufaktur	19
Gambar 8	Deskripsi Data Variabel Kapasitas Mesin	20
Gambar 9	Deskripsi Data Variabel Usia Pelayanan	20
Gambar 10	Deskripsi Data Variabel Kecepatan Tempuh	21
Gambar 11	Distribusi Normal Kecepatan pada Fungsi Jalan Arteri	22
Gambar 12	Distribusi Normal Kecepatan pada Fungsi Jalan Kolektor	23
Gambar 13	Distribusi Normal Kecepatan pada Fungsi Jalan Lokal	23
Gambar 14	Distribusi Normal Kecepatan pada Jalan Akses Sebelum JKSM	24
Gambar 15	Distribusi Normal Kecepatan pada Jalan JKSM	24

Gambar 16	Korelasi antara Teknologi Sepeda Motor dengan Emisi CO ₂	26
Gambar 17	Korelasi antara Kapasitas Mesin Sepeda Motor dengan Emisi CO ₂	27
Gambar 18	Korelasi antara Usia Pelayanan dengan Emisi CO ₂	28
Gambar 19	Korelasi antara Kecepatan dengan Emisi CO ₂	30

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Pertumbuhan dan Kepemilikan Sepeda Motor di Indonesia dan Negara Lain	4
Tabel 2	Perbandingan Komposisi Sepeda Motor di Indonesia	5
Tabel 3	Perbandingan Komposisi Sepeda Motor dan Kendaraan Lain di Indonesia dan Negara Lain Tahun 2012	6
Tabel 4	Klasifikasi Sepeda Motor	17
Tabel 5	Interval Nilai Koefisien Korelasi	18
Tabel 6	Nilai Signifikan Teknologi Sepeda Motor dan Emisi CO ₂	25
Tabel 7	Korelasi antara Kapasitas Mesin dengan Emisi CO ₂	27
Tabel 8	Korelasi antara Usia Pelayanan dengan Emisi CO ₂	28
Tabel 9	Korelasi antara Kecepatan dengan Emisi CO ₂	29
Tabel 10	Analisis Anova	30
Tabel 11	Estimasi Model 31	
Tabel 12	Nilai CO ₂ Berdasarkan Kecepatan pada Fungsi Jalan Arteri	33
Tabel 13	Nilai CO ₂ Berdasarkan Kecepatan pada Fungsi Jalan Kolektor	33
Tabel 14	Nilai CO ₂ Berdasarkan Kecepatan pada Fungsi Jalan Lokal	34
Tabel 15	Nilai Emisi berdasarkan Kecepatan pada Akses Jalan JKSM	34
Tabel 16	Nilai CO ₂ Berdasarkan Kecepatan pada JKSM	35

1. Pendahuluan

Penelitian ini merupakan bagian dari kerja sama antara National Institute for Land and Infrastructure Management (NILIM), Jepang dengan Puslitbang Jalan dan Jembatan dengan tema Environmentally Friendly Transport System, Using Motorcycle. NILIM telah melakukan penelitian sepeda motor sebelumnya tentang CO₂, sehingga hal yang sama akan dibandingkan dengan hasil penelitian Pusjatan.

Pengaruh CO₂ disebut efek rumah kaca, yaitu CO₂ di atmosfer dapat menyerap energi panas dan menghalangi jalannya energi panas tersebut dari atmosfer ke permukaan yang lebih tinggi. Keadaan ini menyebabkan meningkatnya suhu rata-rata di permukaan bumi dan dapat mengakibatkan meningginya permukaan air laut akibat melelehnya gunung-gunung es, yang pada akhirnya akan mengubah berbagai siklus alamiah (Tugaswati, 1997).

Tema yang diangkat dalam kerja sama penelitian ini adalah menciptakan jalan ramah lingkungan dengan menggunakan sepeda motor, emisi gas buang yang dikeluarkan oleh sepeda motor merupakan salah satu kontribusi dalam penurunan kualitas udara ini. Studi ini merupakan lanjutan dari studi tahun sebelumnya dengan perbedaan metode penelitian dan parameter variabel yang diteliti. Pada tahun 2012 metode penelitian yang digunakan adalah metode idle (diam), sedangkan pada tahun ini sepeda motor diuji dalam keadaan percepatan bebas. Pada tahun 2012 parameter yang dianalisis adalah CO dan HC, variabel tersebut didapatkan dari hasil uji emisi menggunakan alat uji emisi (gas analyzer). Pada tahun 2013 variabel yang dianalisis adalah variabel CO₂ dengan metode uji menghitung konsumsi bahan bakar sepeda motor dalam berbagai kondisi kecepatan dan mengonversi nilai tersebut ke dalam nilai CO₂.

Pemerintah Republik Indonesia mengeluarkan Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca. Pada undang-undang tersebut disebutkan bahwa pemeliharaan lingkungan hidup dilakukan melalui upaya konservasi sumber daya alam, pencadangan sumber daya alam, dan pelestarian fungsi atmosfer. Oleh karena itu, penelitian ini fokus terhadap variabel emisi CO₂ sepeda motor untuk di analisis karena isu pemanasan global (global warming) dan populasi sepeda motor yang sangat tinggi di Indonesia.

2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk membangun pemodelan hubungan emisi CO₂ sepeda motor terhadap teknologi manufaktur, kapasitas mesin, usia pelayanan, dan kecepatan. Dari permodelan tersebut dapat disusun rekomendasi kebijakan terkait emisi CO₂. Naskah ilmiah ini diharapkan dapat menemukan berbagai alternatif pandanganan sepeda motor pada lalu lintas di Indonesia yang berkaitan dengan kondisi operasional, teknologi dan penyediaan infastruktur.

3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini data yang dikumpulkan adalah data kecepatan dan data konsumsi bahan bakar sepeda motor. Data dideskripsikan menggunakan diagram scatter dan analisis data dilakukan dengan metode analisis regresi linier berganda dan analisis persentil untuk menentukan variasi kecepatan. Pengolahan data kecepatan sepeda motor dilakukan dengan pengujian distribusi normal. Pengujian distribusi normal dilakukan untuk melihat apakah sampel yang diambil mewakili distribusi populasi. Pengujian distribusi normal juga dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak PASW Statistics 20. Dari hasil pengolahan data didapat grafik distribusi normal dan sampel data rata-rata yang mewakili distribusi populasi untuk kecepatan tempuh setiap fungsi jalan. Kecepatan tempuh untuk setiap fungsi jalan dapat diketahui sehingga emisi gas buang CO₂ pada berbagai fungsi jalan tersebut dapat diprediksi.

Metode pengolahan data konsumsi bahan bakar adalah dengan mengonversi data hasil survei konsumsi bahan bakar ke emisi gas buang CO₂ yang dikalkulasikan dengan menggunakan persamaan yang diadopsi dari Clean Development Mechanism (CDM) Methology AMS-III yang ditunjukkan pada persamaan 1 berikut

$$EF_{fl,km} = SFC \times NVC \times EF_y \dots\dots\dots 1$$

Dengan:

- EF_{fl,km} = Faktor emisi untuk kendaraan dengan bahan bakar bensin (gCO₂/km)
- SFC = Nilai konsumsi bahan bakar kendaraan (g/km)
- NVC = Nilai kalori bahan bakar fosil yang dikonsumsi oleh kendaraan (J/g)
- EF_y = Faktor emisi bahan bakar fosil yang dikonsumsi oleh kendaraan (gCO₂/J)

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Indonesia telah menentukan besaran nilai NVC untuk di Indonesia, yaitu sebesar $42,66 \times 10^3 \text{ J/g}$ dan EFy sebesar $69,3 \times 10^{-6} \text{ g CO}_2/\text{J}$, sedangkan nilai SFC didapat dari survei konsumsi bahan bakar yang dilakukan dalam satuan gram per km.

Hasil yang didapat dari survei dianalisis dengan variabel terikat (dependent variable) dalam penelitian ini adalah konsumsi bahan bakar sepeda motor dengan satuan gram/km. Variabel bebas (independent variable) yang digunakan adalah teknologi sepeda motor, usia pelayanan sepeda motor, kapasitas mesin (cc), dan kecepatan sepeda motor. Variabel bebas dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu $X_n = 1$ atau lainnya $X_n = 0$. Model dibangun dengan menggunakan spesifikasi regresi linier berganda. Nilai pengaruh variabel terikat dapat diinterpretasikan dengan menggunakan persamaan linier berganda yang didapat dari hasil analisis. Selanjutnya, dapat dihasilkan nilai dari konsumsi bahan bakar pada setiap kombinasi variabel bebas. Setelah nilai konsumsi bahan bakar didapat untuk setiap kombinasi variabel, dapat diketahui nilai CO_2 dengan menggunakan persamaan yang diadopsi dari Clean Development Mechanism (CDM) Methodology AMS-III. Variabel bebas pada penelitian ini bersifat dumi, yaitu variabel yang digunakan diubah dari bersifat kuantitatif ke kualitatif. Variabel dumi merupakan variabel yang bersifat kategorikal yang diduga mempunyai pengaruh terhadap variabel yang bersifat menerus. Variabel ini hanya mempunyai dua nilai, yaitu 1 dan nilai 0. Persamaan dasar dari regresi linier berganda ditunjukkan pada persamaan 2

$$y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots + b_n X_n \dots\dots\dots 2$$

Dari hasil analisis setiap variabel bebas harus bernilai signifikan. Artinya adalah nilai sig. mendekati atau lebih kecil dari tingkat keterandalan, yaitu sebesar 0,05 terhadap variabel terikatnya. Oleh karena itu, variabel bebas dengan nilai yang lebih dari 0,05 harus dikeluarkan secara bertahap dari model agar variabel-variabel bebas yang tersisa adalah variabel bebas yang signifikan terhadap variabel terikat. Hasil uji pemodelan setiap kenaikan variabel bebas memiliki kecenderungan atau peluang bertambahnya variabel tersebut ditentukan dengan nilai dari notasi B. Kecenderungan atau peluang bertambahnya variabel bebas setelah dikontrol dengan variabel lainnya ditentukan dengan nilai dari notasi Exp (B). Untuk S.E (standard error) adalah nilai standar deviasi dari variabel-variabel.

Analisis data pemodelan hubungan emisi gas buang CO_2 dengan teknologi sepeda motor, kapasitas mesin sepeda motor, usia pelayanan sepeda motor dan kecepatan sepeda motor menggunakan perangkat lunak PASW Statistics 20 dengan metode analisis regresi linier berganda dan analisis korelasi serta analisis persentil untuk menentukan variasi kecepatan.

4. Perkembangan Sepeda Motor sebagai Bagian dari Lalu Lintas

Sepeda motor banyak dipergunakan oleh masyarakat luas karena pertimbangan beberapa faktor yang menguntungkan, seperti harga beli yang terjangkau, biaya operasi sehari-hari yang murah, perawatannya mudah dan murah, mampu menjangkau pelosok-pelosok (baik perkotaan maupun pedesaan), tidak memerlukan tempat parkir yang luas, dan bebas macet (terutama di perkotaan). Dengan kata lain, sepeda motor menjadi pilihan karena memiliki biaya operasional yang murah dan dapat dengan lincah bermanuver di jalan raya karena ukurannya yang kecil. Dari pertimbangan tersebut saat ini sepeda motor sudah menjadi kendaraan rakyat dan perkembangannya menjadi sulit dibendung sehingga total penjualan sepeda motor pada tahun 2011 hampir menyentuh angka 8 juta unit (AISl, 2012).

4.1 Perbandingan Pertumbuhan dan Kepemilikan Sepeda Motor

Jumlah populasi sepeda motor di Indonesia merupakan yang tertinggi di kawasan Asia Tenggara, yaitu 77,7 juta unit, setelah itu jumlah kepemilikan sepeda motor di Thailand yaitu 16,8 juta unit (Asean Automotive Federation 2013, AISl, 2013). Untuk pertumbuhan sepeda motor setiap tahunnya, sepeda motor di Indonesia tumbuh sebesar 12%, di bawah pertumbuhan sepeda motor di Filipina dan Singapura, yaitu 13% per tahunnya. Walaupun demikian, jumlah sepeda motor yang bertambah di Indonesia per tahunnya masih jauh diatas Filipina dan Singapura, yaitu rata-rata 7 juta per tahun, sedangkan Filipina dan Singapura berturut-turut hanya 600 ribu dan 10 ribu sepeda motor per tahun (Asean Automotive Federation 2013). Perbandingan pertumbuhan dan kepemilikan sepeda motor di Indonesia dan negara Lain ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Pertumbuhan dan Kepemilikan Sepeda Motor di Indonesia dan Negara Lain

Negara	Kepemilikan Sepeda Motor (Unit)	Pertumbuhan Sepeda Motor (Unit)		Pertumbuhan Sepeda Motor Kumulatif
		2012	2013	
Indonesia	77.735.658	6.652.745	7.218.606	12 %
Malaysia	10.868.454	502.112	504.824	5 %
Filipina	4.123.456	626.611	677.101	13 %
Singapura	144.110	9.093	10.571	13 %
Thailand	16.817.000	1.977.173	1.877.746	10 %
Jepang	3.510.115	512.110	462.527	-5%

4.2 Perbandingan Komposisi Sepeda Motor terhadap Kendaraan Lain di Indonesia dan Beberapa Negara Lain

Populasi kendaraan bermotor di Indonesia pada tahun 2012 yang tercatat pihak kepolisian naik 12 persen menjadi 95,136 juta unit jika dibandingkan periode tahun sebelumnya (tahun 2011), yaitu sebesar 84,19 juta unit (Kakorlantas, 2012). Pertambahan terbanyak adalah pada jenis mobil penumpang dan sepeda motor yang masing-masing berjumlah 12 persen. Sepeda motor baru yang dibeli konsumen pada tahun 2011 mencapai 8.551.047 unit dan mobil penumpang baru yang dicatat kepolisian mencapai 984.314 unit. Populasi sepeda motor pada tahun 2012 berjumlah 77,7 juta unit atau 82,5 persen dari keseluruhan komposisi kendaraan yang ada di Indonesia. Selanjutnya mobil penumpang berjumlah 10 juta unit atau 10 persen, disusul pick-up dan truk, bus, serta kendaraan khusus. Komposisi sepeda motor terhadap kendaraan lain di Indonesia ditunjukkan pada Tabel 2.

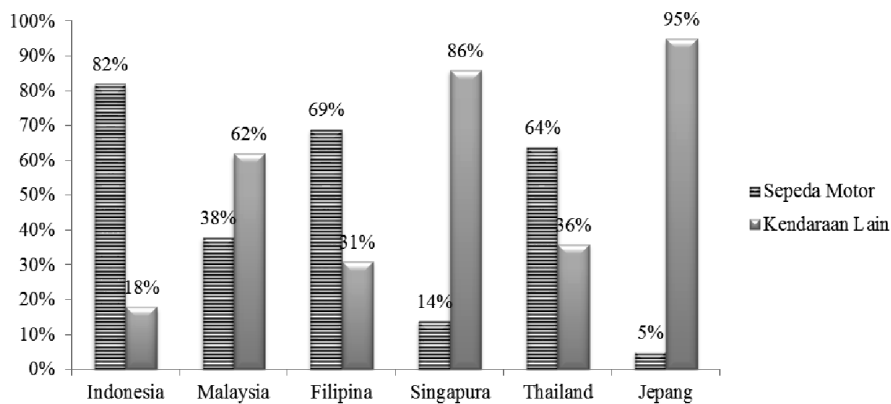
Tabel 2 Perbandingan Komposisi Sepeda Motor di Indonesia

No	Jenis	Tahun		Pertumbuhan	Komposisi
		2011	2012		
1	Mobil Penumpang	8.540.352	10.432.259	12%	10,1%
2	Pick-up dan truck	4.257.381	4.723.315	11%	5%
3	Bus	1.920.038	1.945.288	1%	2%
4	Sepeda Motor	69.204.675	77.755.658	12%	82,5%
5	Kendaraan Khusus	270.611	280.372	4%	0,4%
Jumlah		84.193.057	95.136.892	Rata-rata 8%	100 %

Pada tahun 2012 penjualan sepeda motor di Asia Tenggara, berdasarkan data ASEAN Automotive Federation (AAF), mencapai rata-rata 10,6%. Perbandingan komposisi sepeda motor dan kendaraan lain di negara-negara ASEAN rata-rata masih didominasi oleh sepeda motor. Di thailand sepeda motor memiliki populasi 16,8 juta unit dengan komposisi 64%, sedangkan kendaraan lainnya sebanyak 9,4 juta unit atau dengan komposisi 36%. Negara Asia Tenggara lainnya, yaitu Singapura memiliki komposisi sepeda motor lebih sedikit, yaitu 14,85% terhadap kendaraan lainnya, yaitu sebesar 144 ribu unit sepeda motor dan kendaraan lainnya berjumlah 970 ribu unit. Tabel dan grafik perbandingan komposisi sepeda motor dan kendaraan lain di Asia Tenggara ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 1.

Tabel 3
Perbandingan Komposisi Sepeda Motor dan Kendaraan Lain di Indonesia dan Negara Lain Tahun 2012

Nama Negara	Sepeda Motor		Kendaraan Lainnya	
	Jumlah	Komposisi	Jumlah	Komposisi
Indonesia	77.735.658	82 %	17.063.924	18 %
Malaysia	3.332.767	38 %	5.437.672	62 %
Filipina	4.100.256	69 %	1.842.144	31 %
Singapura	144.110	14 %	826.327	86 %
Thailand	16.817.000	64 %	9.459.562	36 %
Jepang	3.510.115	5%	73.664.700	95%



Gambar 1
Perbandingan Komposisi Sepeda Motor dan Kendaraan Lain di Indonesia dan Negara Lain Tahun 2012

5. Perkembangan Teknologi Sepeda Motor untuk Angkutan Jalan Raya

Perkembangan jumlah kendaraan bermotor di perkotaan yang sangat pesat di era 90-an diduga terkait dengan kecenderungan terjadinya urban sprawl yang tidak diikuti dengan penyediaan sistem angkutan umum yang memadai sehingga menyebabkan ketergantungan masyarakat terhadap kendaraan pribadi. Berbagai studi yang ada menunjukkan bahwa transportasi yang tidak terkendali telah mengakibatkan penurunan kualitas kehidupan perkotaan, seperti menurunnya

tingkat kesehatan masyarakat, buruknya kualitas udara perkotaan, meningkatnya korban kecelakaan lalu lintas, meningkatnya tekanan kejiwaan akibat kemacetan dan berkurangnya aktivitas fisik seseorang karena lebih banyak di kendaraan.

Sepeda motor saat ini merupakan kendaraan yang paling banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia di kota-kota besar. Teknologi sepeda motor berkembang pesat, begitupun peranti-peranti penunjang sepeda motor. Peranti keselamatan dan peranti canggih penunjang kinerja mesin semakin berkembang dan pada akhir-akhir ini teknologi yang sedang ramai dikembangkan adalah teknologi ramah lingkungan. Teknologi ramah lingkungan adalah teknologi yang memproteksi lingkungan, mengurangi daya polutannya, menggunakan semua sumber daya secara berkelanjutan, mendaur ulang lebih banyak produk dan limbahnya, dan menangani sisa limbah dengan cara yang benar. Teknologi ramah lingkungan tidak hanya teknologi secara individu, tetapi juga secara sistem termasuk pengetahuan, prosedur, barang dan pelayanan, peralatan serta prosedur organisasi dan manajemen untuk mempromosikan kelestarian lingkungan.

Selain sebagai salah satu faktor penyebab kemacetan, sepeda motor juga berkontribusi dalam meningkatkan polusi udara yang berdampak pada pemanasan global dengan bertujuan untuk mengurangi pemanasan global, para produsen sepeda motor kini berlomba untuk memproduksi sepeda motor yang tidak hanya andal dalam performanya, tetapi juga ramah lingkungan. Beberapa teknologi sepeda motor telah diterapkan untuk memberikan dampak yang ramah lingkungan di antaranya adalah Teknologi electronic fuel injection, sepeda motor hibrida, sepeda motor elektrik dan sepeda motor dengan bahan bakar bio.

5.1 Teknologi Electronic Fuel Injection

Teknologi electronic fuel injection (sistem injeksi bahan bakar, karburasi digital) sebagai pengganti karburator (karburasi manual) kini banyak diaplikasikan pada mesin sepeda motor dengan tahun produksi 2012 atau lebih muda. Teknologi ini disinyalir dapat mengefisiensi penggunaan bahan bakar dan mengurangi kadar gas buang (emisi) yang dihasilkan. Bagian utama dari sebuah sistem injeksi elektronik (EFI) adalah unit kontrol mesin (engine control unit/ECU) yang akan memonitor kegiatan mesin melalui berbagai sensor. Sensor-sensor tersebut akan dipergunakan oleh ECU untuk menghitung jumlah bahan bakar yang diinjeksikan dan mengontrol mesin dengan cara memanipulasi jumlah air dan udara yang masuk. Jumlah bahan bakar yang diinjeksikan bergantung dari beberapa faktor seperti suhu mesin, kecepatan rotasi mesin, dan komposisi gas buang.

5.2 Teknologi Sepeda Motor Hibrida

Pada saat ini isu ramah lingkungan dan penghematan bahan bakar sedang ramai dikampanyekan diseluruh dunia dan otomotif sebagai salah satu konsumen bahan bakar yang terbanyak sudah merespons dengan mengenalkan konsep kendaraan hibrida. Kendaraan hibrida pertama kali dikenalkan oleh pabrikan Porsche pada tahun 1900. Setelah itu kendaraan Hibrida diproduksi massal untuk pertama kalinya oleh Toyota pada tahun 1997 (detik-oto, 2009).

Kendaraan hibrida mempunyai empat komponen utama, yaitu Motor listrik untuk menggerakkan roda, baterai/aki untuk menyimpan tenaga listrik, generator yang digerakkan oleh motor bensin atau motor disel, dan computer controll unit. Apabila kendaraan dijalankan pada waktu cadangan listrik yang ada pada baterai/aki masih penuh atau cukup, computer controll unit akan meneruskan arus listrik dari baterai/aki ke motor listrik sehingga kendaraan berjalan. Pada waktu cadangan listrik pada baterai/aki mencapai batas tertentu (sebelum habis sama sekali), computer controll unit akan menghidupkan generator, selanjutnya tenaga listrik yang dihasilkan oleh generator akan diatur sebagai berikut:

- a. Apabila tenaga listrik yang diperlukan untuk menjalankan kendaraan tidak terlalu besar, misalnya kendaraan sedang berjalan pelan, maka sebagian tenaga listrik yang dihasilkan oleh generator digunakan untuk mengisi kembali baterai/aki.
- b. Apabila kendaraan berjalan kencang atau beban berat, misalnya sedang melalui tanjakan, maka semua tenaga listrik yang dihasilkan oleh generator dipergunakan untuk memasok motor listrik dan pengisian baterai/aki dihentikan.
- c. Apabila pengisian baterai/aki sudah penuh, misalnya karena kendaraan sering berjalan pelan dan/atau sering berhenti (macet di dalam kota), maka computer controll unit akan mematikan generator dan kendaraan kembali memanfaatkan tenaga listrik dari baterai/aki.

Dengan cara kerja seperti tersebut, kendaraan hibrida mempunyai kelebihan sebagai berikut:

- a. Tidak akan terjadi kehilangan tenaga akibat kendaraan sering berhenti, misalnya karena jalan macet. Hal tersebut disebabkan kendaraan dijalankan oleh motor listrik sehingga pada waktu kendaraan berhenti, arus listrik dari baterai/aki juga tidak mengalir ke motor listrik. Bandingkan apabila kendaraan digerakkan oleh motor bensin/disel, pada waktu kendaraan

berhenti selama motor penggerakya masih hidup, pemakaian BBM tidak bisa dihentikan.

- b. Motor penggerak generator dapat didesain dengan cermat agar supaya efisiensinya tinggi dan tingkat polusinya rendah karena kecepatan putaran generator tetap.

Meskipun demikian, ada beberapa faktor yang menjadi kelemahan kendaraan hibrida yang perlu dicari solusinya, antara lain sebagai berikut:

- a. Harga kendaraan menjadi lebih mahal. Harga generator dengan penggerakya kira-kira sebanding dengan harga motor penggerak dengan sistim transmisinya, padahal pada sistim hibrida masih ada komponen motor listrik, computer controll unit, dan kapasitas baterai/aki yang harus lebih tinggi.
- b. Performa kendaraan hibrida belum bisa menyamai performa kendaraan dengan penggerak motor pembakaran dalam.

Sepeda motor hibrida ditunjukkan pada Gambar 2



Gambar 2 Sepeda Motor Hibrida

5.3 Teknologi Sepeda Motor Listrik

Sepeda motor listrik adalah sepeda motor tanpa bahan bakar minyak yang digerakkan oleh dinamo dan akumulator/baterai. Pengisian akumulator atau baterai dilakukan dengan cara di charge. Sampai sekarang di Indonesia telah tersedia tipe sepeda motor listrik dengan kecepatan 80 km/jam, dilengkapi rem cakram, lampu penerangan dekat dan jauh, lampu sein, lampu rem, serta klakson.

Karena terdorong oleh kelangkaan BBM pada masa Perang Dunia ke-2, Mere Williams menciptakan kendaraan listrik yang pertamanya diproduksi di garasi rumah dan bisnis ini terus bergulir hingga akhirnya menjadi perusahaan dengan nama Marketeer. Pada tahun 1973 Mike Corbin membuat sepeda motor listrik dengan rekor tercepat, yaitu 162 km/jam dan pada tahun 1978 Corbin-Gentry Inc. memulai menjualnya secara legal. Di Indonesia sendiri sepeda motor listrik mulai banyak di kenal pada tahun 2007. Setelah tiga tahun di Indonesia, pada tahun 2010 akhirnya pemerintah membuka mata atas kontribusi kendaraan listrik. Melalui Kepala Sub Direktorat Sarana Angkutan Jalan Direktorat LLAJ Kementerian Perhubungan, Ir M Tansil, mengusulkan sepeda listrik sebagai pengganti kendaraan roda dua atau motor. (wikipedia, 2012)

Sepeda motor listrik secara umum menggunakan energi 1,5 kilowatt/jam (kWh) untuk menempuh jarak 80 kilometer pada jalan datar. Saat ini tarif dasar listrik untuk 1 kWh mencapai Rp600,00 sehingga beban biaya listrik untuk jarak 80 kilometer itu hanya Rp900,00. Sementara untuk menempuh jarak 80 kilometer, sepeda motor konvensional diperkirakan membutuhkan bahan bakar bensin hingga 2 liter. Dengan demikian, sepeda motor itu terbebani biaya pembelian bensin Rp9.000,00 untuk jarak yang sama (E-moto, 2010).

Meskipun banyak memiliki manfaat, sepeda motor listrik memiliki beberapa kendala. Hal tersebut yang menjadikan masih minimnya penggunaan sepeda motor listrik jika dibandingkan dengan sepeda motor BBM. Kendala-kendala sepeda motor listrik antara lain adalah sebagai berikut:

- a. memiliki keterbatasan kecepatan, untuk sepeda motor listrik di Indonesia batas maksimal kecepatannya adalah 80 km/jam;
- b. membutuhkan waktu pengisian baterai yang cukup lama dengan rata-rata waktu pengisian 8 jam;
- c. untuk sepeda motor listrik, waktu efektif baterai rata-rata sampai dengan 2 tahun pemakaian, setelah itu baterai menjadi tidak optimal dan harus diganti.
- d. keterbatasan melewati tanjakan, untuk motor listrik batas maksimal

- tanjakan yang dapat dilalui adalah dengan kemiringan 30 derajat.
- e. baterai sepeda motor listrik yang sudah tidak digunakan lagi cenderung tidak dapat didaur ulang dan akan menjadi limbah yang berbahaya.

Sepeda motor listrik dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Sepeda Motor Listrik

5.4 Teknologi Sepeda Motor dengan Bahan Bakar Bio

Bahan bakar bio atau biofuel adalah semua bahan bakar, baik padat, cair ataupun gas yang dihasilkan dari bahan-bahan organik. Biofuel dapat dihasilkan secara langsung dari tanaman atau secara tidak langsung dari limbah industri, komersial, domestik, atau pertanian. Ada tiga cara untuk pembuatan biofuel, yaitu pembakaran limbah organik kering (seperti buangan rumah tangga, limbah industri, dan pertanian), fermentasi limbah basah (seperti kotoran hewan) tanpa oksigen untuk menghasilkan biogas (mengandung hingga 60 persen metana), fermentasi tebu atau jagung untuk menghasilkan alkohol dan ester, dan energi dari hutan (menghasilkan kayu dari tanaman yang cepat tumbuh sebagai bahan bakar).

Biofuel menawarkan kemungkinan memproduksi energi tanpa meningkatkan kadar karbon di atmosfer karena berbagai tanaman yang digunakan untuk memproduksi biofuel mengurangi kadar karbondioksida di atmosfer. Biofuel lebih

bersifat carbon neutral dan sedikit meningkatkan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer. Penggunaan biofuel mengurangi pula ketergantungan pada minyak bumi serta meningkatkan keamanan energi (Treehugger, 2011).

Di samping keuntungan yang didapatkan, biofuel memiliki kelemahan tersendiri. Berikut kelemahan biofuel (dynamicpatents, 2012).

- a. Biofuel memiliki energi lebih rendah jika dibandingkan dengan bahan bakar, biasanya membutuhkan jumlah lebih besar untuk memproduksi energi dengan jumlah yang sama.
- b. Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menganalisis gas buang karbon dari biofuel, dan terbukti biofuel lebih bersih pada saat dibakar. Akan tetapi, terdapat indikasi kuat proses memproduksi biofuel termasuk kebutuhan mesin pembudidayaan panen dan tanaman untuk memproduksi biofuel, memiliki emisi karbon besar dan kuat.
- c. Untuk menyaring biofuel dengan keluaran energi lebih efisien dan untuk membangun pabrik tanaman guna meningkatkan jumlah biofuel diperlukan investasi awal yang tinggi.
- d. Tidak tersedianya dalam jumlah besar menjadikan biofuel cenderung tidak populer sebagai energi alternatif.
- e. Produksi biofuel menghasilkan bau tak enak (tergantung tipe bahan yang digunakan). Akan tetapi, kebanyakan baunya tidak diinginkan.

Di Indonesia Pertamina memproduksi biopremium. Biopremium ini memenuhi standar mutu dari Dirjen Migas No. 3674 K/24/DJM/2006. Biopremium adalah bahan bakar cair yang merupakan hasil campuran antara 98 Premium (produk kilang) dengan 2% etanol. Produk campuran premium dan etanol menghasilkan bahan bakar yang lebih ramah lingkungan jika dibandingkan dengan premium biasa. Keunggulan yang dimiliki oleh biopremium adalah ramah lingkungan, emisi gas buang lebih baik, pembakaran lebih sempurna, tidak perlu modifikasi mesin/alat, memperpanjang umur mesin, merupakan bahan bakar terbarukan dan bersifat detergensi (membersihkan ruang bakar) (Antara, 2008). Semua jenis motor di Indonesia dapat menggunakan biopremium, salah satu contoh sepeda motor di Indonesia yang menggunakan biopremium ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4 Sepeda Motor dengan Bahan Bakar Bio

6. Emisi CO₂ Kendaraan Bermotor Secara Umum

Karbon dioksida atau zat asam arang adalah sejenis senyawa kimia yang terdiri atas dua atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan sebuah atom karbon. Karbon dioksida merupakan salah satu gas rumah kaca yang jika diabaikan konsentrasinya akan terakumulasi di atmosfer dan berpotensi menyebabkan pemanasan global dan dalam jangka panjang akan mengakibatkan perubahan iklim yang berbahaya bagi kehidupan manusia. Salah satu zat yang dikeluarkan dari sisa pembakaran bahan bakar alat transportasi adalah gas karbon dioksida (CO₂).

Emisi CO₂ ekivalen pada sektor transportasi di dunia, di perkirakan berjumlah 13% dari total emisi CO₂ ekivalen dunia, sedangkan bila dihitung dari total emisi CO₂ yang berasal dari penggunaan energi saja, maka kontribusi transportasinya adalah 23%. Diprediksikan bahwa emisi sektor transportasi akan naik sebesar 120% dari tahun 2000 sampai dengan tahun 2050. Prediksi lain menyatakan bahwa emisi sektor transportasi pada tahun 2030 akan meningkat sebesar 57% dari tahun 2005, 80% dari kenaikan tersebut terjadi di negara-negara berkembang (Wendy Aritenang, 2011).

Emisi CO₂ pada sektor transportasi disumbang oleh pembakaran bahan bakar fosil yang umumnya dipakai di Indonesia, yaitu bensin dan solar. Hal tersebut disebabkan bensin dan solar merupakan penyumbang gas rumah kaca yang dapat dikatakan terbesar, mengingat penggunaannya yang terus menerus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, seiring dengan peningkatan jumlah kendaraan bermotor. Pemakaian bahan bakar di Indonesia (bensin dan solar) adalah sebesar 396.226 juta barel atau 63 miliar liter pertahun (pertamina, RDP, 2012). Dari pemakaian tersebut emisi CO₂ yang dihasilkan untuk setiap jenis bahan bakar adalah bensin menghasilkan emisi CO₂ sebesar 2,37 kg/liter dan solar 2,63 kg/liter (Biofuels for Transport, 2012).

7. Sepeda Motor di Lalu Lintas

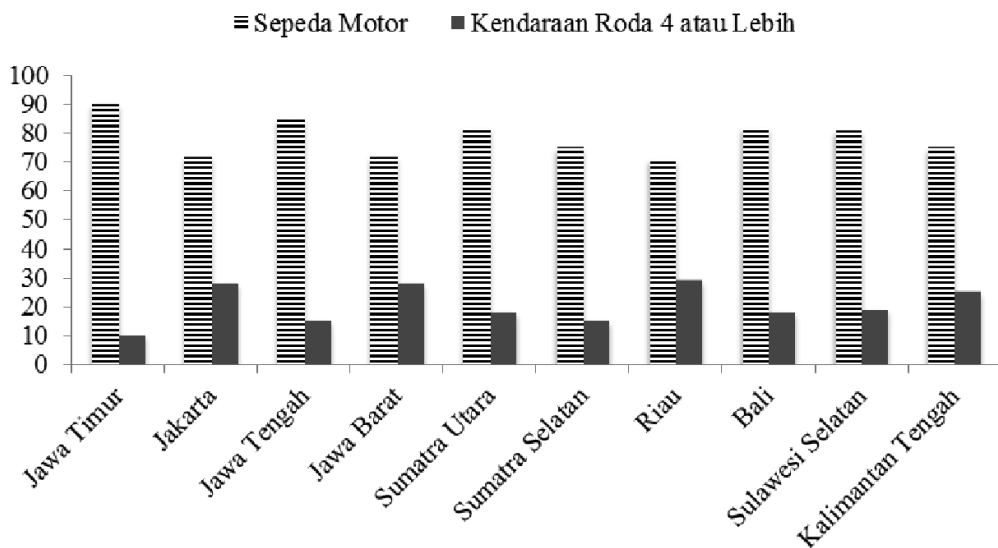
Transportasi merupakan bagian yang sangat bernilai dan diperlukan saat ini dalam mendukung perkembangan kemajuan kota-kota besar di Indonesia. Namun pada sisi lain peningkatan ini juga sekaligus akan membawa efek negatif yang tidak diinginkan. Peningkatan jumlah kendaraan sebanding dengan peningkatan jumlah emisi yang dihasilkan yang merupakan ancaman bagi kesehatan manusia. Sepeda motor adalah moda transportasi di Indonesia dengan lonjakan populasi paling pesat, dengan pertumbuhan 12% setiap tahunnya.

7.1 Komposisi Sepeda Motor di Lalu Lintas

Kota-kota besar di Indonesia dengan populasi sepeda motor yang pesat sebagian besar berada di Pulau Jawa. Sepuluh wilayah populasi sepeda motor terbesar hingga akhir tahun 2010 ada di pulau ini. Jawa Timur merupakan wilayah yang tertinggi, yakni sekitar 9,10 juta unit. DKI Jakarta berada di posisi kedua, yakni sekitar 8,76 juta unit. Di belakang Jakarta adalah Jawa Tengah (8,29 juta), Jawa Barat (3,82 juta), Sumatera Utara (3,47 juta), Sumatera Selatan (3,42 juta), Riau (2,70 juta), Bali (2,05 juta), Sulawesi Selatan (1,78 juta), dan Kalimantan Tengah (1,65 juta).

Di Jawa Timur, sebagai wilayah paling banyak populasi sepeda motor, komposisi antara sepeda motor dengan kendaraan roda empat atau lebih memiliki rentan yang sangat jauh. Jumlah sepeda motor mencapai sekitar 87,40%, sedangkan mobil hanya sekitar 12,60%. Kategori kendaraan roda empat atau lebih tersebut merupakan gabungan dari seluruh jenis kendaraan selain sepeda motor, seperti mobil penumpang, pick up dan truk, serta bus. Total populasi kendaraan di Jawa Timur berdasarkan data Korps Lalu Lintas (Lantas) Polri mencapai 10,41 juta

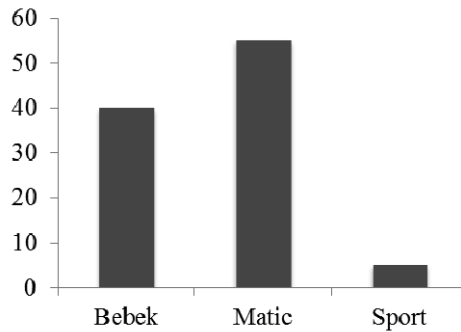
unit. Jakarta yang merupakan wilayah kedua terbesar populasi sepeda motornya di Indonesia memiliki komposisi motor mencapai sekitar 73,05%, sedangkan kendaraan roda empat atau lebih sebesar 26,95%, dengan populasi kendaraannya adalah sebesar 11,99 juta unit. Komposisi kendaraan di daerah-daerah di Indonesia ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5 Komposisi Sepeda Motor dan Kendaraan Roda 4 atau Lebih di Daerah-daerah di Indonesia (Korps Lalu Lintas [Lantas] Polri, 2010)

7.2 Tipe Sepeda Motor yang Mayoritas Beroperasi di Lalu Lintas

Secara umum penjualan sepeda motor di Indonesia dikuasai oleh tiga tipe motor, yaitu motor bebek (underbone atau mopped), skuter otomatis, dan sport. Tidak bisa dimungkiri bahwa tren penjualan akan berbanding lurus dengan populasi yang ada di lapangan. Motor tipe skuter otomatis saat ini menjadi favorit konsumen, terbukti dengan pangsa pasar tipe sepeda motor pada tahun 2011, yakni mencapai 55% jika dibandingkan dengan tipe motor lainnya, yakni motor tipe bebek sebesar 40% dan motor tipe sport yang hanya menguasai 5% (Kurniawan dan Zulkifli, 2012). Tipe motor sport yang hanya menguasai sebagian kecil pangsa pasar sepeda motor tidak dipandang sebagai motor dengan basis pemakaian sehari-hari, tetapi sudah dipandang sebagai gaya hidup, yakni digunakan untuk aktivitas hobi, seperti touring (Endro & dan & Harry, 2012). Komposisi tipe sepeda motor ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6 **Komposisi Tipe Sepeda Motor**

Mayoritas sepeda motor yang disukai konsumen di Indonesia adalah sepeda motor dengan kapasitas mesin 110 cc. Hal ini disebabkan sepeda motor dengan kapasitas mesin pada rentan tersebut mudah digunakan, irit, dan mempunyai harga yang murah. Pada periode Januari sampai dengan Juli 2012, dari total 4,32 juta unit sepeda motor, sebanyak 40,51% adalah yang bermesin 110 cc. Selanjutnya, sepeda motor yang menyerap di atas 10% adalah sepeda motor dengan kapasitas mesin 115 cc, 125 cc, dan 150 cc. Pada periode tujuh bulan di tahun 2012, penjualan motor bermesin 110 cc melemah 8,97% jika dibandingkan dengan periode 2011. Jika pada 2011 terjual sebanyak 1,92 juta unit, pada tahun 2012 hanya terjual sekitar 1,75 juta unit.

Sekalipun dari segi volume penjualan melemah, namun sepeda motor dengan kapasitas mesin 110 cc dari sisi penguasaan pangsa pasar, relatif stabil, yaitu sekitar 40%. Mayoritas motor bermesin 110 cc memiliki harga murah sehingga potensi sepeda motor jenis ini untuk bertambah akan sangat tinggi. Pada periode Januari sampai dengan Juli 2012, tipe motor mesin 110 cc yang terbesar adalah motor skutik (matic). Motor otomatis ini berkontribusi sekitar 1,37 juta unit atau sekitar 78,67%, sedangkan motor bebek dan sport, masing-masing sebesar 373 ribu unit (21,30%) dan 551 unit (0,03%) (Aisi, 2012).

Sementara itu, di luar kapasitas 110 cc yang juga memiliki populasi tinggi adalah motor bermesin 115 cc, yang berkontribusi 24,27% per akhir Juli 2012. Lalu, 125 cc sebesar 17,90% dan 150 cc sebesar 9,34%. Khusus tipe 125 cc dan 150 cc, pada tujuh bulan 2012 mencatat kenaikan volume penjualan yang cukup signifikan. Motor 125 cc naik sekitar 21,43% dan motor 150 cc naik sekitar 20,15%.

8. Deskripsi Pengumpulan Data

Sepeda motor dibagi menurut klasifikasi-klasifikasi yaitu teknologi sepeda motor, kapasitas mesin sepeda motor, usia pelayanan sepeda motor dan kecepatan sepeda motor. Klasifikasi-klasifikasi sepeda motor ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Klasifikasi Sepeda Motor

No	Klasifikasi	Kriteria	Penjelasan
1	Teknologi Manufaktur	1	Produsen 1
		2	Produsen 2
		3	Produsen 3
2	Kapasitas Mesin Sepeda Motor (cc)	≤110	Kapasitas mesin sama dengan atau lebih kecil dari 110 cc (sepeda motor skutik)
		111-149	Sepeda motor dengan kapasitas mesin antara 111 cc sampai dengan 149 cc (sepeda motor bebek)
		≥150	Sepeda motor yang sama dengan atau lebih besar dari 150 cc (sepeda motor sport)
3	Usia Pelayanan	- 1 Tahun - 2 Tahun - 3 Tahun - 4 Tahun - 5 Tahun - 6 Tahun	Tahun produksi sepeda motor, dari tahun 2008 sampai dengan 2013
4	Kecepatan sepeda motor	- 10km/jam - 20 km/jam - 30km/jam - 40km/jam - 50km/jam - 60 km/jam - 70km/jam - 80 km/jam	Kecepatan sepeda motor, dari 10km/jam sampai dengan 80 km/jam

Berdasarkan pengklasifikasian sepeda motor, yaitu berdasarkan teknologi manufaktur, usia pelayanan, dan kapasitas mesin variasi sepeda motor yang diuji adalah sebanyak 54 sepeda motor. Selanjutnya setiap sepeda motor diuji sesuai dengan beberapa variasi kecepatan yaitu 10 km/jam, 20 km/jam, 30 km/jam, 40 km/jam, 50 km/jam, 60 km/jam, 70 km/jam, dan 80 km/jam, masing-masing di uji konsumsi bahan bakar selama satu menit dan datanya direkam per 10 detik sehingga data pengujian sepeda motor yang didapat adalah 2.592 data.

Data emisi dan data sepeda motor dideskripsikan menggunakan diagram scatter untuk menunjukkan kemungkinan hubungan (korelasi) antara variabel terikat, yaitu emisi CO₂ dengan variabel bebas, yakni kecepatan sepeda motor.

Untuk mengetahui nilai dari variabel-variabel bebas lainnya, yaitu teknologi manufaktur sepeda motor, kapasitas mesin dan tahun produksi, maka nilai variabel terikat dimasukkan berdasarkan dari klasifikasi variabel-variabel bebas tersebut. Variabel bebas (x) adalah kecepatan sepeda motor, sedangkan variabel terikat (y) adalah emisi CO₂. Variabel bebas lainnya diproyeksikan ke variabel terikat (y) berdasarkan variabel bebas (x).

Data yang dideskripsikan adalah nilai slope, nilai intercept dan nilai koefisien korelasi. Nilai slope adalah nilai yang menentukan arah regresi linier. Apabila nilai tersebut positif, variabel x dan variabel y memiliki hubungan searah dan apabila negatif, hubungannya berlawanan. Nilai interscept adalah nilai awal perhitungan variabel bebas (x), dapat diartikan juga apabila nilai $x=0$, maka nilai emisi CO₂ (variabel y) adalah sebesar nilai intercept. Nilai koefisien korelasi adalah nilai yang menunjukkan kuatnya korelasi antara variabel x dan variabel y. Nilai interval koefisien korelasi dan keterangannya ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5 **Interval Nilai Koefisien Korelasi**

Nilai Koefisien Korelasi	Keterangan
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Cukup
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat

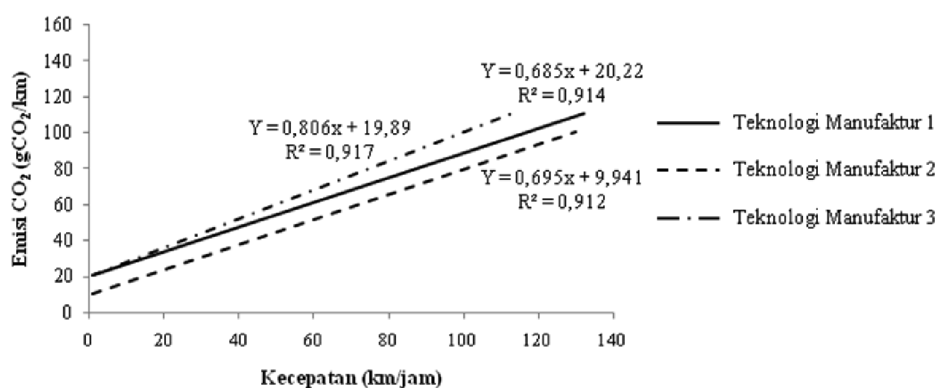
Sumber: Sudjana, Anggraeni (2008)

8.1 Teknologi manufaktur

Pada variabel teknologi manufaktur, nilai slope dari ketiga klasifikasi memiliki nilai positif yaitu 0,685, 0,912, dan 0,917. Hal tersebut menunjukkan bahwa setiap klasifikasi variabel teknologi manufaktur sepeda motor pada saat kecepatan tinggi memiliki kecenderungan nilai emisi CO₂ yang tinggi pula. Nilai slope juga menunjukkan bahwa pada setiap bertambahnya kecepatan per 10 km/jam, setiap klasifikasi teknologi manufaktur memiliki dugaan bertambah terhadap emisi CO₂ sebesar 0,685, 0,912 dan 0,917.

Pada persamaan y pun terdapat nilai intercept pada setiap klasifikasi teknologi manufaktur, yaitu 20,11, 9,941 dan 19,89. Nilai interscept adalah nilai awal perhitungan variabel bebas (x), dapat diartikan juga apabila nilai $x=0$, nilai emisi CO₂ setiap klasifikasi adalah 20,11, 9,941 dan 19,89. Nilai lainnya

yang terdapat pada diagram scattter adalah nilai koefisien korelasi untuk setiap klasifikasi teknologi manufaktur. Teknologi manufaktur 1 memiliki nilai koefisien korelasi sebesar 0,96, nilai tersebut didapat dari nilai R² (0,914) yang diakarkan. Teknologi manufaktur 2 memiliki nilai koefisien korelasi sebesar 0,95, dan teknologi manufaktur 3 memiliki nilai koefisien korelasi sebesar 0,96. Ketiga nilai koefisien korelasi tersebut menunjukkan bahwa hubungan teknologi manufaktur terhadap emisi CO₂ sangat kuat. Deskripsi data variabel teknologi manufaktur ditunjukkan pada Gambar 7

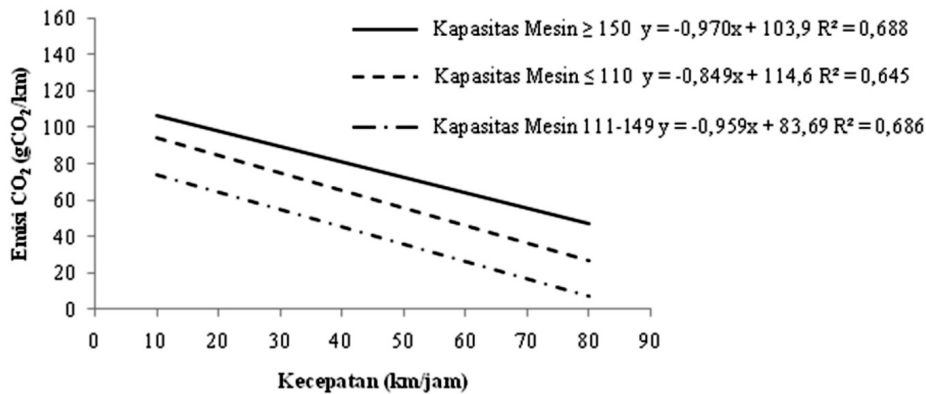


Gambar 7 Deskripsi Data Variabel Teknologi Manufaktur

8.2 Kapasitas Mesin

Nilai slope dari ketiga klasifikasi dari variabel kapasitas mesin memiliki nilai negatif yaitu -0,970, -0,849 dan -0,959. Hal tersebut menunjukkan bahwa setiap klasifikasi variabel kapasitas mesin sepeda motor pada saat kecepatan tinggi memiliki kecenderungan nilai emisi CO₂ yang rendah. Dengan kata lain nilai slope kapasitas mesin menunjukkan bahwa pada setiap bertambahnya kecepatan per 10 km/jam, maka setiap klasifikasi kapasitas mesin memiliki dugaan berkurang terhadap emisi CO₂.

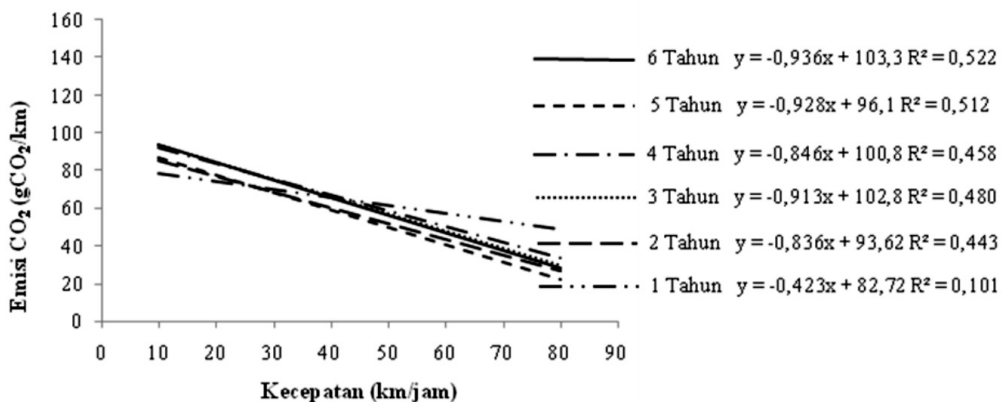
Nilai intercept pada setiap klasifikasi kapasitas mesin adalah 103,9, 114,6 dan 83,69. Hubungan antara variabel kapasitas mesin dan emisi CO₂ sepeda motor sangat kuat terlihat dari nilai kapasitas mesin ≤ 110 yang memiliki nilai koefisien korelasi sebesar 0,803, kapasitas mesin ≥ 150 sebesar 0,83 dan kapasitas mesin 111-149 sebesar 0,82. Deskripsi data variabel kapasitas mesin ditunjukkan pada Gambar 8



Gambar 8 Deskripsi Data Variabel Kapasitas Mesin

8.3 Usia pelayanan

Usia pelayanan dan emisi CO₂ memiliki hubungan yang bertolak belakang karena nilai slope pada enam klasifikasi bernilai negatif. Nilai slope untuk klasifikasi usia pelayanan 6 tahun sampai dengan 1 tahun berturut-turut adalah -0,936, -0,928, -0,846, -0,913, -0,836, -0,423. Nilai intercept tertinggi pada setiap klasifikasi usia pelayanan adalah 103,3 usia untuk pelayanan 6 tahun. Selanjutnya, berturut-turut 3 tahun 102,8; 4 tahun 100,8; 5 tahun 96,1; 2 tahun 93,62; dan 1 tahun yaitu sebesar 82,72.



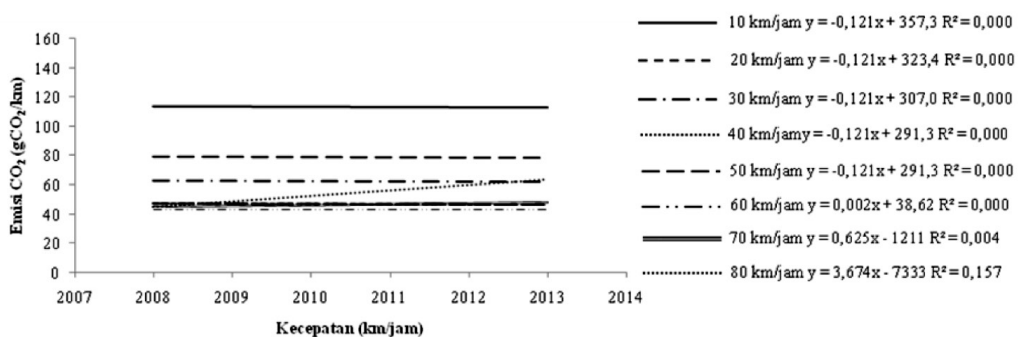
Gambar 9 Deskripsi Data Variabel Usia Pelayanan

Nilai koefisien korelasi pada setiap klasifikasi usia pelayanan memiliki koefisien korelasi yang sama yaitu kuat, dimulai dengan nilai koefisien korelasi klasifikasi usia pelayanan 6 tahun dengan nilai koefisien korelasi 0,72. Selanjutnya, usia pelayanan 5 tahun dengan nilai 0,71, usia pelayanan 4 tahun dengan nilai 0,67, usia pelayanan 3 tahun dengan nilai 0,69, usia pelayanan 2 tahun dengan nilai 0,66, dan usia pelayanan 1 tahun dengan nilai 0,32, yaitu kualitas koefisien korelasinya adalah rendah. Deskripsi data variabel usia pelayanan ditunjukkan pada Gambar 9

8.4 Kecepatan Tempuh

Dari data yang ditunjukkan pada diagram scatter nilai koefisien korelasi untuk variabel kecepatan tempuh pada setiap klasifikasinya sangat rendah dengan nilai 0,0. Nilai slope pada klasifikasi kecepatan tempuh 10 km/jam sampai dengan 50 km/jam memiliki hubungan dengan emisi CO₂ yang bertolak belakang (negatif) yaitu dengan nilai -0,121. Pada kecepatan 60 km/jam sampai dengan 80 km/jam nilai slope bersifat positif dengan nilai berturut-turut sebesar 0,002, 0,625 dan 3,674.

Dugaan nilai intercept pada variabel kecepatan tempuh relatif besar. Nilai intercept terbesar terdapat pada kecepatan sepeda motor terendah, yaitu 10 km/jam. Selanjutnya nilai intercept menurun hingga kecepatan 60 km/jam dengan nilai sebesar 38,62. Pada kecepatan 70 km/jam dan 80 km/jam nilai intercept menjadi negatif dengan setiap nilai -1211 dan -7333.



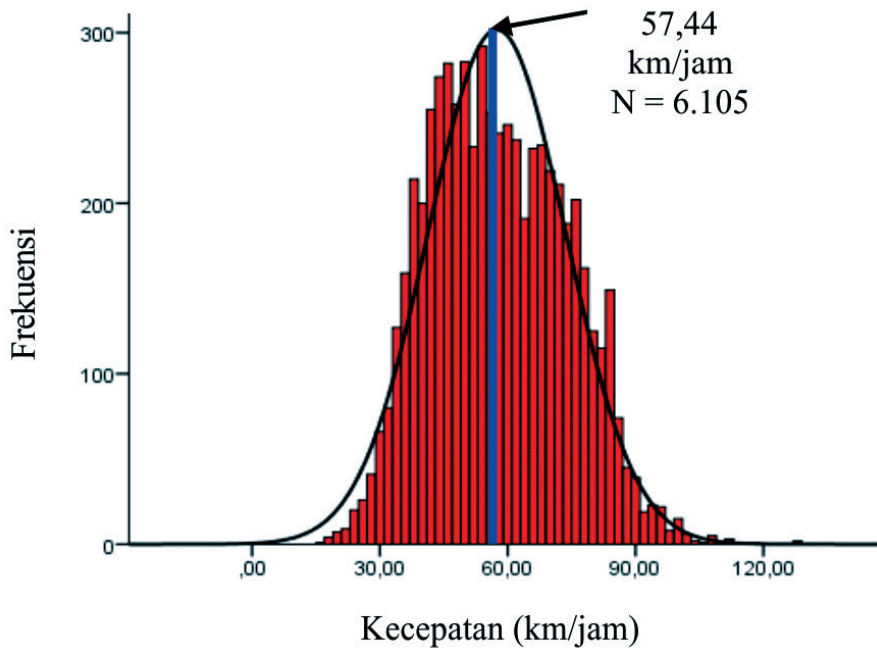
Gambar 10 Deskripsi Data Variabel Kecepatan Tempuh

8.5 Kecepatan Sepeda Motor Menurut Fungsi Jalan

Pengumpulan data kecepatan sepeda motor dilakukan pada fungsi-fungsi jalan yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan kriteria kecepatan yang mayoritas menjadi kecepatan tempuh optimum pada fungsi jalan tersebut. Data kecepatan yang diperoleh adalah data kecepatan pada fungsi jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal, dan jalan akses masuk JKSM.

8.5.1 Kecepatan Jalan Arteri

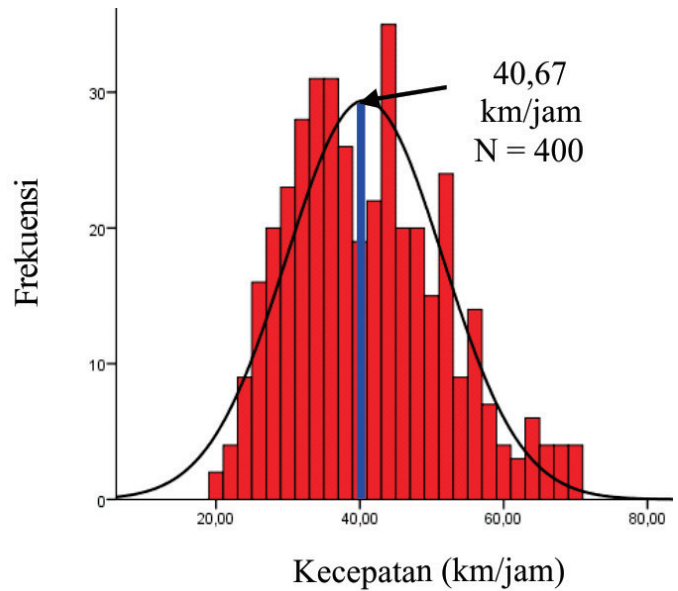
Data kecepatan pada fungsi jalan arteri didapat dari hasil pengumpulan data sekunder dan primer. Data kecepatan sekunder didapat dari fungsi jalan arteri di Bali dan data fungsi jalan arteri di Brebes. Data primer didapat pada fungsi jalan primer di Jakarta. Kecepatan tempuh optimum fungsi jalan arteri adalah 57,44 km/jam. Nilai ini didapat dari hasil pengujian distribusi normal pada data dengan jumlah 6.105 sampel. Distribusi normal kecepatan pada fungsi jalan arteri ditunjukkan pada Gambar 11



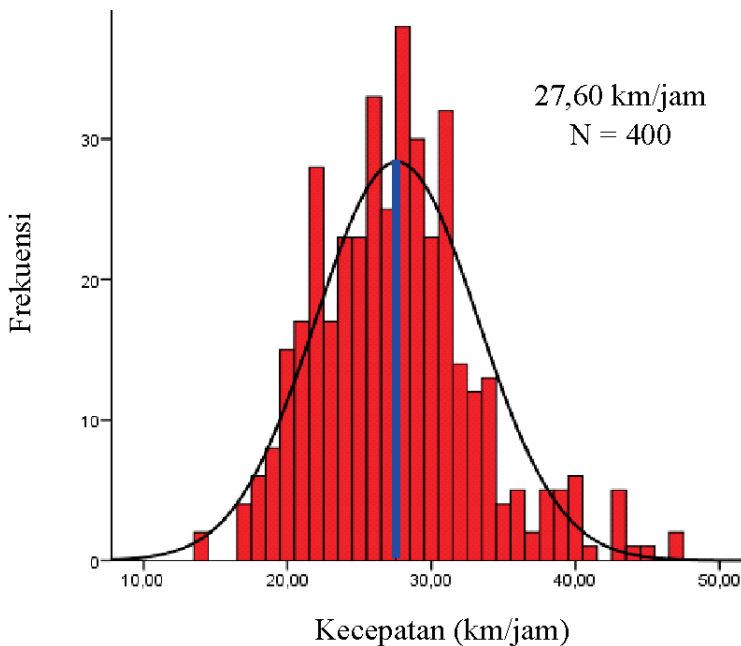
Gambar 11 Distribusi Normal Kecepatan pada Fungsi Jalan Arteri

8.5.2 Kecepatan Jalan Kolektor

Data kecepatan pada fungsi jalan kolektor didapat dari hasil pengumpulan data sekunder dan primer. Data kecepatan sekunder dan primer didapat dari fungsi jalan kolektor di Bandung dan data fungsi jalan kolektor di Jakarta. Kecepatan tempuh optimum (rata-rata) fungsi jalan kolektor yang didapat dari hasil pengujian distribusi normal pada data dengan jumlah 400 sampel adalah 40,67 km/jam.



Gambar 12 Distribusi Normal Kecepatan pada Fungsi Jalan Kolektor



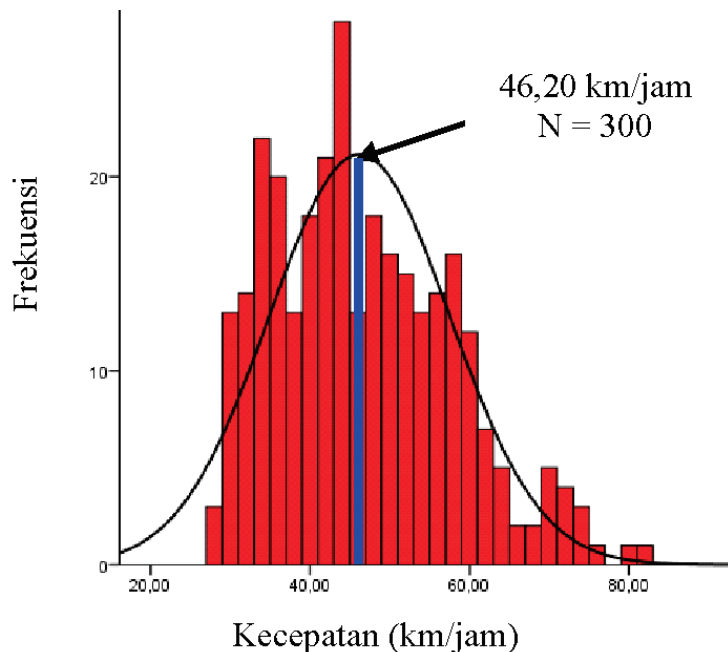
Gambar 13
Distribusi Normal Kecepatan pada Fungsi Jalan Lokal

8.5.3 Kecepatan Jalan Lokal

Data kecepatan pada fungsi jalan lokal didapat dari hasil pengumpulan data sekunder dan primer. Data kecepatan sekunder dan primer didapat dari fungsi jalan lokal di Bandung dan data fungsi jalan lokal didapat di Jakarta. Kecepatan tempuh optimum (rata-rata) fungsi jalan lokal adalah 27,60 km/jam. Nilai ini didapat dari hasil pengujian distribusi normal pada data dengan jumlah 400 sampel. Distribusi normal kecepatan pada fungsi jalan lokal ditunjukkan pada Gambar 13

8.5.4 Kecepatan Jalan Akses Masuk Jalur Khusus Sepeda Motor (JKSM)

Data kecepatan pada fungsi jalan akses JKSM didapat dari hasil pengumpulan data primer pada jalan akses JKSM di Jembatan Suramadu Surabaya. Kecepatan tempuh optimum (rata-rata) fungsi jalan akses JKSM yang didapat dari hasil pengujian distribusi normal pada data dengan jumlah 300 sampel adalah 46,20 km/jam.

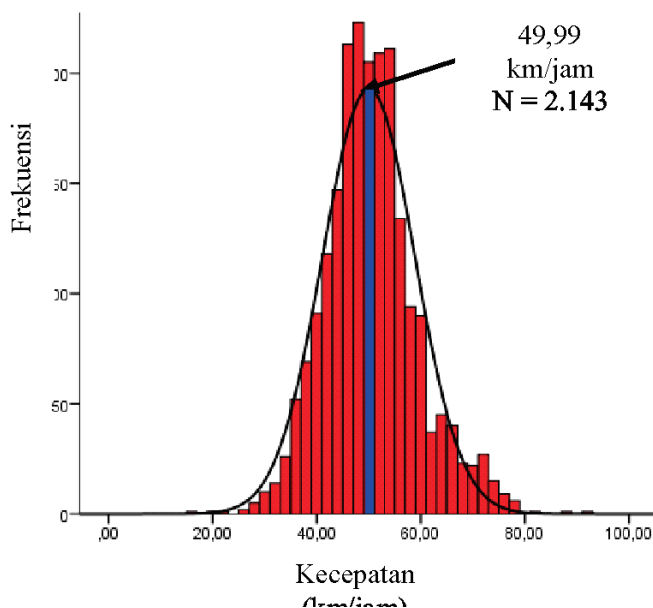


Gambar 14

Distribusi Normal Kecepatan pada Jalan Akses Sebelum JKSM

8.5.5 Kecepatan Jalan pada Jalur Khusus Sepeda Motor (JKSM)

Data kecepatan pada jalan JKSM didapat dari hasil pengumpulan data sekunder. Data kecepatan sekunder didapat dari JKSM di Jembatan Suramadu. Kecepatan tempuh optimum (rata-rata) jalan pada JKSM adalah 49,99 km/jam. Nilai ini didapat dari hasil pengujian distribusi normal pada data dengan jumlah 2.143 sampel. Distribusi normal kecepatan pada jalan JKSM ditunjukkan pada Gambar 15.



Gambar 15

Distribusi Normal Kecepatan pada Jalan JKSM

9. Analisis Data

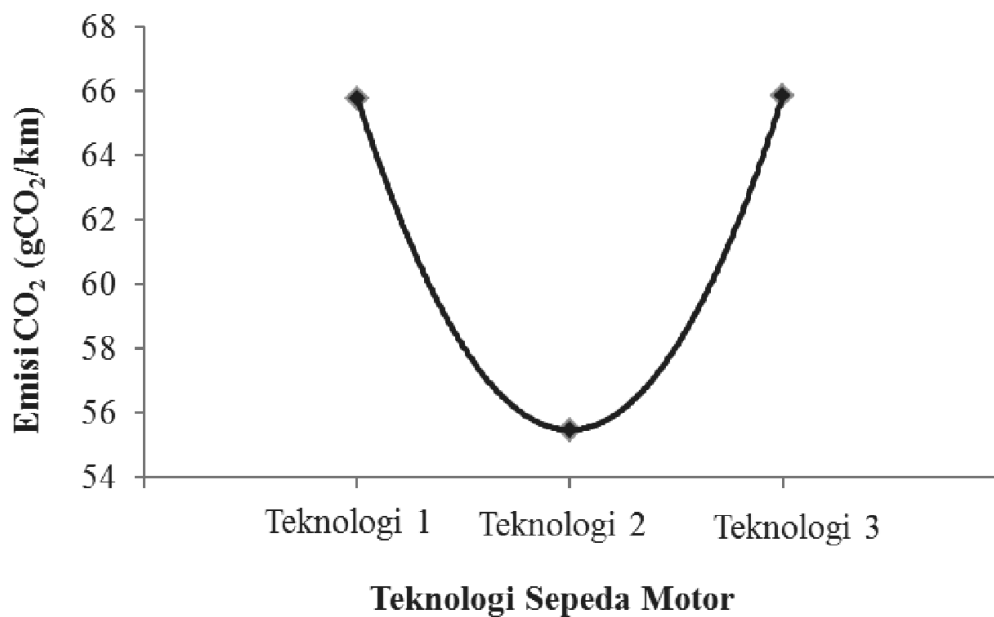
Survei konsumsi bahan bakar dilakukan agar dapat menghitung seberapa besar emisi CO₂. Perhitungan emisi CO₂ merupakan hasil dari konversi konsumsi bahan bakar sepeda motor. Analisis hubungan nilai emisi CO₂ dengan variabel bebas menggunakan analisis korelasi sederhana. Analisis ini digunakan untuk mengetahui keeratan hubungan antara dua variabel dan untuk mengetahui arah hubungan yang terjadi. Semakin nilai korelasi antara variabel ini mendekati 1, maka hubungan antara variabel tersebut semakin kuat.

9.1 Analisis Hubungan Teknologi Manufaktur Sepeda Motor dengan Emisi CO₂

Dari analisis korelasi didapat hubungan antara teknologi manufaktur sepeda motor dan emisi CO₂ yang sangat lemah, yaitu sebesar 0,016 (korelasi kuat = 1). Klasifikasi teknologi sepeda motor, sepeda motor dengan teknologi nomor 2 memiliki nilai korelasi terbesar dan bernilai negatif terhadap nilai emisi CO₂ yaitu -0,139. Hal tersebut berarti bahwa teknologi nomor 2 cenderung memiliki nilai CO₂ paling rendah, diikuti oleh teknologi sepeda motor nomor 1, dan teknologi sepeda motor nomor 3. Tabel korelasi antara teknologi manufaktur dengan emisi CO₂ ditunjukkan pada Tabel 6 dan Gambar 16.

Tabel 6 Nilai Signifikan Teknologi Sepeda Motor dan Emisi CO₂

		Emisi CO2	Teknologi_1	Teknologi_2	Teknologi_3
Nilai Korelasi	Emisi CO2	1,000	0,056	-0,139	0,087
	Teknologi_1	0,056	1,000	-0,537	-0,484
	Teknologi_2	-0,139	-0,537	1,000	-0,478
	Teknologi_3	0,087	-0,484	-0,478	1,000
Nilai Signifikan	Emisi CO2		0,142	0,003	0,047
	Teknologi_1	0,142		0,000	0,000
	Teknologi_2	0,003	0,000		0,000
	Teknologi_3	0,047	0,000	0,000	
Nilai Korelasi Emisi CO2VS Teknologi Sepeda Motor				0,016	



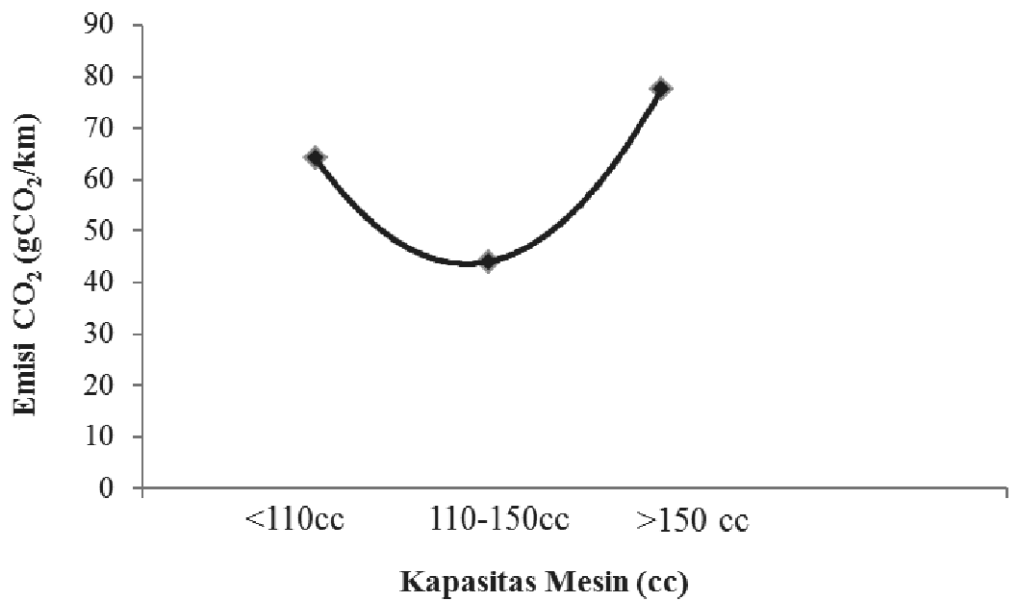
Gambar 16 Korelasi antara Teknologi Sepeda Motor dengan Emisi CO₂

9.2 Analisis Hubungan Kapasitas Mesin Sepeda Motor dengan Emisi CO₂

Dari analisis korelasi didapat hubungan antara kapasitas mesin motor dan emisi CO₂ yang lemah yaitu sebesar 0,211 (korelasi kuat = 1). Pada klasifikasi kapasitas mesin sepeda motor, sepeda motor dengan kapasitas mesin antara 110cc sampai dengan 150 cc memiliki nilai korelasi terbesar dan bernilai negatif terhadap nilai emisi CO₂ yaitu -0,360. Hal tersebut berarti bahwa kapasitas mesin antara 110 cc sampai dengan 150 cc cenderung memiliki nilai CO₂ paling rendah, diikuti oleh sepeda motor dengan kapasitas mesin dibawah 110cc dan sepeda motor dengan kapasitas mesin diatas 150 cc. Tabel korelasi antara kapasitas mesin sepeda motor dengan emisi CO₂ ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Korelasi antara Kapasitas Mesin dengan Emisi CO₂

		Emisi CO ₂	Kapasitas Mesin <110	Kapasitas Mesin 110-150	Kapasitas Mesin >150
Nilai Korelasi	Emisi CO2	1,000	0,039	-0,360	0,316
	Kapasitas Mesin <110	0,039	1,000	-0,482	-0,506
	Kapasitas Mesin 110-150	-0,360	-0,482	1,000	-0,512
	Kapasitas Mesin >150	0,316	-0,506	-0,512	1,000
Nilai Signifikan	Emisi CO2	,	0,228	0,000	0,000
	Kapasitas Mesin <110	0,228	,	0,000	0,000
	Kapasitas Mesin 110-150	0,000	0,000	,	0,000
	Kapasitas Mesin >150	0,000	0,000	0,000	,
Nilai Korelasi Emisi CO2VS Kapasitas Mesin Sepeda Motor				0,211	



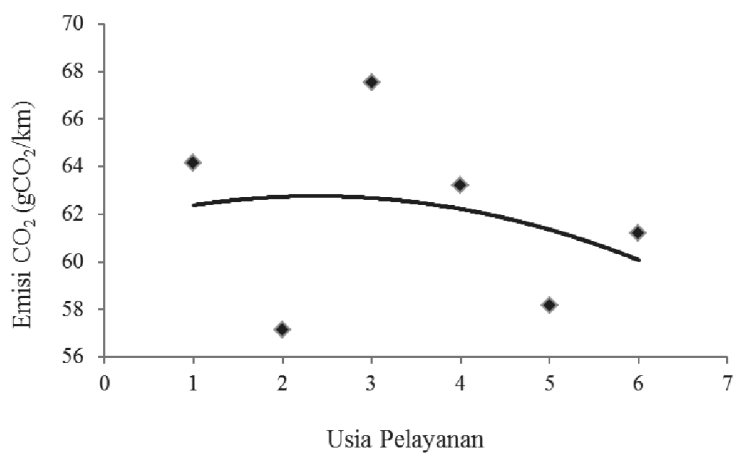
Gambar 17 Korelasi antara Kapasitas Mesin Sepeda Motor dengan Emisi CO₂

9.3 Analisis Hubungan Usia Pelayanan Sepeda Motor dengan Emisi CO₂

Dari analisis korelasi didapat hubungan antara usia pelayanan motor dan emisi CO₂ yang lemah, yaitu sebesar -0,022 (korelasi kuat = 1). Pada klasifikasi usia pelayanan sepeda motor, sepeda motor dengan usia pelayanan 5 tahun dan 2 tahun memiliki nilai emisi yang cenderung rendah jika dibandingkan dengan usia pelayanan lainnya.

Tabel 8 Korelasi antara Usia Pelayanan dengan Emisi CO₂

		Emisi CO ₂	6 Tahun	5 Tahun	4 Tahun	3 Tahun	2 Tahun	1 Tahun
Nilai Korelasi	Emisi CO2	1,000	0,031	-0,067	0,075	0,016	-0,054	-0,003
	6 Tahun	0,031	1,000	-0,212	-0,216	-0,210	-0,214	-0,167
	5Tahun	-0,067	-0,212	1,000	-0,218	-0,212	-0,216	-0,169
	4Tahun	0,075	-0,216	-0,218	1,000	-0,216	-0,220	-0,172
	3Tahun	0,016	-0,210	-0,212	-0,216	1,000	-0,214	-0,167
	2Tahun	-0,054	-0,214	-0,216	-0,220	-0,214	1,000	-0,170
	1Tahun	-0,003	-0,167	-0,169	-0,172	-0,167	-0,170	1,000
Nilai Signifikan	Emisi CO2	,	0,276	0,099	0,073	0,376	0,149	0,478
	6 Tahun	0,276	,	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001
	5Tahun	0,099	0,000	,	0,000	0,000	0,000	0,001
	4Tahun	0,073	0,000	0,000	,	0,000	0,000	0,000
	3Tahun	0,376	0,000	0,000	0,000	,	0,000	0,001
	2Tahun	0,149	0,000	0,000	0,000	0,000	,	0,000
	1Tahun	0,478	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	,
Nilai Korelasi Emisi CO2 dibandingkan dengan Usia Pelayanan Sepeda Motor								-0,022



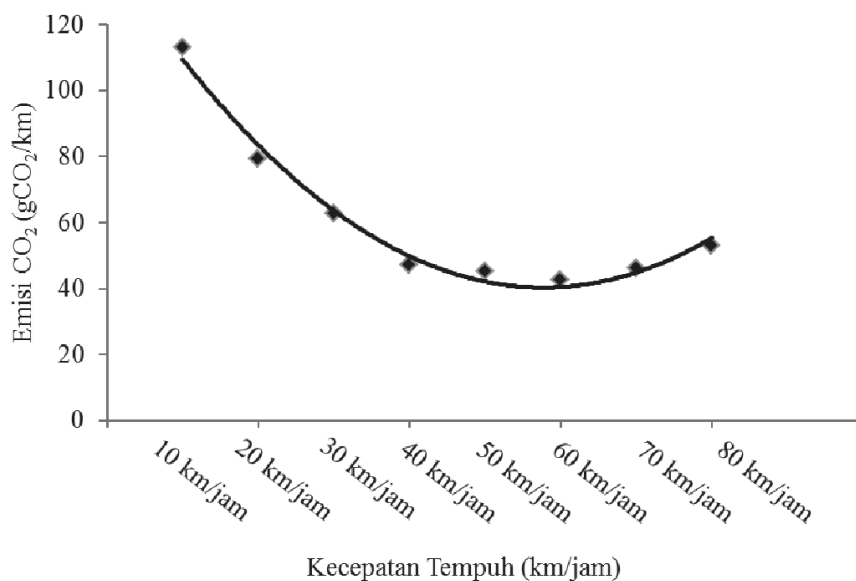
Gambar 18 Korelasi antara Usia Pelayanan dengan Emisi CO2

9.4 Analisis Hubungan Kecepatan Sepeda Motor dengan Emisi CO₂

Dari analisis korelasi didapat hubungan antara kecepatan motor dan emisi CO₂ yang cukup kuat yaitu sebesar -0,557 (korelasi kuat = 1). Hal ini menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang cukup kuat dan bernilai negatif antara kecepatan dengan emisi CO₂. Pada klasifikasi kecepatan sepeda motor, kecepatan sepeda motor pada 60 km/jam memiliki kecenderungan mengurangi emisi yang signifikan yaitu dengan nilai sebesar -0,217, sedangkan untuk kecepatan sepeda motor dengan kecenderungan nilai emisi CO₂ terbesar, adalah pada kecepatan sepeda motor 10 km/jam dengan nilai 0,572. Tabel korelasi dan grafik hubungan antara kecepatan dengan emisi CO₂ ditunjukkan pada Tabel 9 dan Gambar 19

Tabel 9 Korelasi antara Kecepatan dengan Emisi CO₂

		Emisi CO ₂	10 km//jam	20 km//jam	30 km//jam	40 km//jam	50 km//jam	60 km//jam	70 km//jam	80 km//jam
Nilai Korelasi	Emisi CO ₂	1,000	0,572	0,191	0,007	-0,125	-0,191	-0,217	-0,192	-0,076
	10 km//jam	0,572	1,000	-0,157	-0,157	-0,157	-0,157	-0,156	-0,152	-0,099
	20 km//jam	0,191	-0,157	1,000	-0,157	-0,157	-0,157	-0,156	-0,152	-0,099
	30 km//jam	0,007	-0,157	-0,157	1,000	-0,157	-0,157	-0,156	-0,152	-0,099
	40 km//jam	-0,125	-0,157	-0,157	-0,157	1,000	-0,157	-0,156	-0,152	-0,099
	50 km//jam	-0,191	-0,157	-0,157	-0,157	-0,157	1,000	-0,156	-0,152	-0,099
	60 km//jam	-0,217	-0,156	-0,156	-0,156	-0,156	-0,156	1,000	-0,150	-0,098
	70 km//jam	-0,192	-0,152	-0,152	-0,152	-0,152	-0,152	-0,150	1,000	-0,096
	80 km//jam	-0,076	-0,099	-0,099	-0,099	-0,099	-0,099	-0,098	-0,096	1,000
Nilai Signifikan	CO ₂ Emission	,	0,000	0,000	0,449	0,008	,000	0,000	0,000	0,072
	10 km//jam	0,000	,	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,028
	20 km//jam	0,000	0,001	,	0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,028
	30 km//jam	0,449	0,001	0,001	,	0,001	0,001	0,001	0,002	0,028
	40 km//jam	0,008	0,001	0,001	0,001	,	0,001	0,001	0,002	0,028
	50 km//jam	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	,	0,001	0,002	0,028
	60 km//jam	0,000	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	,	0,002	0,029
	70 km//jam	0,000	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	,	0,032
	80 km//jam	0,072	0,028	0,028	0,028	0,028	0,028	0,029	0,032	,
Nilai Korelasi Emisi CO ₂ VS Kecepatan Sepeda Motor										-0,557



Gambar 19 Korelasi antara Kecepatan dengan Emisi CO₂

9.5 Analisis Regresi

Dengan menentukan level of significant = 5% (0,05) dan degree of freedom untuk $df_1 = 9$ dan $df_2 = 365$, didapat dari tabel (Tabel-F) $F_{\text{tabel}} = 1,92$. Oleh karena $F_{\text{hitung}} = 66,107 > F_{\text{tabel}} (0,05) = 1,93$, H_0 ditolak dan H_1 diterima. Simpulannya adalah variabel bebas yang signifikan memberikan kontribusi terhadap variabel dependent. Nilai F hitung dan ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10 Analisis Anova

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	35343,667	9	3927,074	66,107	,000b
	Residual	21682,871	365	59,405		
	Total	57026,538	374			

Dari hasil keluaran didapatkan nilai R Square yaitu 0,620. Hal ini menunjukkan bahwa 62% variasi variabel terikat (dependent variable) dapat dijelaskan oleh variabel-variabel bebas. Kombinasi variabel dengan teknologi manufaktur sepeda motor nomor 2, sepeda motor dengan usia pelayanan 5 tahun, sepeda motor dengan kapasitas mesin 125 cc dan kecepatan sepeda motor 60 km/jam

memiliki pengaruh terhadap variabel konsumsi bahan bakar sebesar 62%, sisanya sebanyak 38% dipengaruhi oleh variabel lainnya. Setelah variabel-variabel yang tidak signifikan dikeluarkan dari model, variabel bebas penentu konsumsi bahan bakar yang tersisa (signifikan) adalah teknologi manufaktur sepeda motor dengan klasifikasi teknologi sepeda motor nomor 2, kapasitas sepeda motor dengan klasifikasi 110 cc dan 125 cc, usia pelayanan sepeda motor dengan klasifikasi 5 tahun dan 2 tahun, serta kecepatan sepeda motor 10km/jam, 20 km/jam, 30 km/jam dan 60 km/jam seperti ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11 Estimasi Model

Model		Unstandardized Coefficients Standardized Coefficients			t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	24,151	,901		26,796	,000
	Teknologi_2 [D]	-3,267	,838	-,126	-3,897	,000
	CC_110[D]	-5,223	,974	-,198	-5,364	,000
	CC_125[D]	-11,997	,968	-,457	-12,391	,000
	Tahun_2005	-2,481	1,071	-,077	-2,318	,021
	Tahun_2012	-2,432	1,064	-,076	-2,285	,023
	Kecepatan_10	23,074	1,229	,641	18,769	,000
	Kecepatan_20	11,221	1,229	,312	9,127	,000
	Kecepatan_30	5,494	1,229	,153	4,469	,000
	Kecepatan_60	-1,478	1,239	-,041	-1,193	,023
	Model	R	R Square	Adjusted R Square	Estimasi Standar error	Durbin-Watson
	1	0,787 ^a	0,620	0,610	7,70747	1,808
a. Dependent Variable: Konsumsi_BBM_grkm						

Berdasarkan estimasi parameter model konsumsi bahan bakar, persamaan linier dapat disajikan sebagai berikut:

$$y = 24,151 - 3,267 (\text{Teknologi_2}) - 5,223 (\text{cc_110}) - 11,997 (\text{cc_125}) - 2,481 (5_Tahun) - 2,432 (2_Tahun) + 23,074 (\text{Kec_10}) + 11,221 (\text{Kec_20}) + 5,494 (\text{Kec_30}) - 1,478 (\text{Kec_60}) \dots\dots\dots 3$$

Dari persamaan 3 dapat dilihat bahwa variabel-variabel teknologi sepeda motor dengan klasifikasi teknologi manufaktur sepeda motor nomor 2, kapasitas mesin dengan klasifikasi 110 cc dan 150 cc, usia pelayanan sepeda motor dengan klasifikasi 5 tahun dan 2 tahun, serta kecepatan sepeda motor 60 km/jam beserta nilai variabelnya memiliki pengaruh negatif (bersifat mengurangi) yang signifikan terhadap nilai konsumsi bahan bakar. Sementara variabel kecepatan dengan klasifikasi kecepatan 10 km/jam, 20 km/jam, dan 30 km/jam memiliki pengaruh positif (bersifat menambah) yang signifikan terhadap nilai konsumsi bahan bakar.

Dari analisis model regresi linier didapatkan kombinasi untuk setiap variabel-variabel bebas yang apabila digabungkan menghasilkan nilai konsumsi bahan bakar yang terendah yaitu kombinasi variabel dengan teknologi manufaktur sepeda motor nomor 2, sepeda motor dengan usia pelayanan 5 tahun, sepeda motor dengan kapasitas mesin 125 cc dan Kecepatan sepeda motor 60 km/jam.

Dari hasil analisis regresi linier berganda berdasarkan model didapat nilai emisi CO_2 . Nilai emisi CO_2 (gCO_2/km) didapat dari hasil konversi konsumsi bahan bakar atau spesifik fuel consumption (g/km) menggunakan persamaan yang diadopsi dari Clean Development Mechanism (CDM) Methodology AMS-III. Nilai emisi CO_2 tersebut dianalisis hubungannya dengan setiap variabel bebas, yaitu teknologi manufaktur sepeda motor, kapasitas mesin, usia pelayanan sepeda motor dan kecepatan sepeda motor.

9.6 Analisis Prediksi Nilai CO_2 pada Berbagai Fungsi JALAN

Pengumpulan data kecepatan sepeda motor dilakukan pada fungsi-fungsi jalan yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan kriteria kecepatan yang mayoritas menjadi kecepatan tempuh optimum pada fungsi jalan tersebut. Data kecepatan yang diperoleh adalah data kecepatan pada fungsi jalan arteri, jalan kolektor, jalan lokal, dan jalan akses masuk JKSM.

9.6.1 Prediksi Nilai CO_2 pada Fungsi Jalan Arteri

Nilai prediksi emisi CO_2 pada jalan arteri yang didapat adalah berdasarkan hasil analisis regresi yang diinterpolasi. Selanjutnya hasil rata-rata (mean) dan persentil 2, 16, 84 dan 98 dari setiap fungsi jalan dapat diketahui nilai emisi CO_2 nya. Kecepatan tempuh optimum (rata-rata) pada fungsi jalan arteri adalah 57, 44 km/jam dan diprediksi memiliki nilai CO_2 , yaitu sebesar 45,57 gCO_2/km pada setiap sepeda motor yang berada di lalu lintas jalan tersebut. Persentil kecepatan pada fungsi jalan arteri dan nilai emisi CO_2 ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12 Nilai CO₂ Berdasarkan Kecepatan pada Fungsi Jalan Arteri

		Kecepatan Tempuh (km/jam)	Emisi CO ₂ (grCO ₂ /km)
Rata-Rata		57.4378	44.57
Persentil	2	29.0000	77.58
	16	41.0000	43.89
	84	75.0000	55.64
	98	90.0000	62.93

9.6.2 Prediksi Nilai CO₂ pada Fungsi Jalan Kolektor

Dari hasil perhitungan persentil 2, 16, 84 dan 98, didapat kecepatan tempuh pada fungsi jalan kolektor masing-masing adalah 23 km/jam, 30 km/jam, 52 km/jam dan 66 km/jam. Berdasarkan hasil analisis regresi yang diinterpolasi maka didapat nilai prediksi emisi CO₂ sebesar 45,35 grCO₂/km pada kecepatan rata-rata serta nilai emisi CO₂ sebesar 67,75 gr CO₂/km, 62,83 gr CO₂/km, 43,22 gr CO₂/km dan 44,80 grCO₂/km pada masing-masing persentil. Nilai emisi berdasarkan kecepatan pada fungsi jalan kolektor ditunjukkan pada Tabel 13

Tabel 13 Nilai CO₂ Berdasarkan Kecepatan pada Fungsi Jalan Kolektor

		Kecepatan Tempuh (km/jam)	Emisi CO ₂ (grCO ₂ /km)
Rata-Rata		40,6750	45,35
Persentil	2	23,0000	67,75
	16	30,0000	62,83
	84	52,0000	43,22
	98	66,0000	44,80

9.6.3 Prediksi nilai CO₂ pada Fungsi Jalan Lokal

Nilai prediksi emisi CO₂ pada jalan lokal yang didapat adalah berdasarkan hasil analisis regresi yang diinterpolasi. Selanjutnya, hasil rata-rata (mean) dan persentil 2, 16, 84 dan 98 dari masing-masing fungsi jalan dapat diketahui nilai emisi CO₂ nya. Kecepatan tempuh optimum (rata-rata) pada fungsi jalan lokal adalah 27,6 km/jam dan diprediksi memiliki nilai CO₂ yaitu sebesar 75,27 gCO₂/km pada setiap sepeda motor yang berada di lalu lintas jalan tersebut. Persentil kecepatan pada fungsi jalan lokal dan nilai emisi CO₂ ditunjukkan pada Tabel 14.

Tabel 14 Nilai CO₂ Berdasarkan Kecepatan pada Fungsi Jalan Lokal

		Kecepatan Tempuh (km/jam)	Emisi CO ₂ (grCO ₂ /km)
Rata-Rata		27.6000	75.27
Persentil	2	18.0000	106.31
	16	22.0000	66.11
	84	32.0000	50.25
	98	43.0000	44.27

9.6.4 Prediksi nilai CO₂ pada akses Jalur Khusus Sepeda Motor (JKSM)

Berdasarkan hasil analisis regresi yang diinterpolasi maka didapat nilai prediksi emisi CO₂ sebesar 46,35 gr CO₂/km pada kecepatan rata-rata, serta nilai emisi CO₂ sebesar 77,58 gr CO₂/km, 44,27gr CO₂/km, 44,72 gr CO₂/km dan 51,58 gr CO₂/km pada setiap persentil. Distribusi normal kecepatan pada fungsi jalan akses JKSM ditunjukkan pada Gambar 14 dan nilai emisi berdasarkan kecepatan pada fungsi jalan akses JKSM ditunjukkan pada Tabel 15.

Tabel 15 Nilai Emisi berdasarkan Kecepatan pada Akses Jalan JKSM

		Kecepatan Tempuh (km/jam)	Emisi CO ₂ (grCO ₂ /km)
Rata-Rata		46.2000	46.35
Persentil	2	29.0000	77.58
	16	43.0000	44.27
	84	58.0000	44.72
	98	72.0000	51.58

9.6.5 Prediksi Nilai CO₂ pada Jalur Khusus Sepeda Motor (JKSM)

Nilai prediksi emisi CO₂ pada JKSM yang didapat adalah berdasarkan hasil analisis regresi yang diinterpolasi. Selanjutnya hasil rata-rata (mean) dan persentil 2, 16, 84 dan 98, dari setiap fungsi jalan dapat diketahui nilai emisi CO₂ nya. Kecepatan tempuh optimum (rata-rata) pada JKSM adalah 49,99 km/jam dan diprediksi memiliki nilai CO₂, yaitu sebesar 45 g CO₂/km pada setiap sepeda motor yang berada di lalu lintas jalan tersebut. Persentil kecepatan pada JKSM dan nilai emisi CO₂ ditunjukkan pada Tabel 16.

Tabel 16 Nilai CO₂ Berdasarkan Kecepatan pada JKSM

		Kecepatan Tempuh (km/jam)	Emisi CO ₂ (grCO ₂ /km)
Rata-Rata		49,9851	45,00
Persentil	2	33,0000	51,82
	16	42,0000	45,59
	84	58,0000	44,72
	98	71,0000	52,26

10. Rekomendasi Kebijakan

Berdasarkan hasil analisis rekomendasi kebijakan yang terkait dengan sepeda motor dan bidang ke-PU-an, infastruktur dapat disusun. Rekomendasi kebijakan ini didasarkan atas permasalahan-permasalahan eksisting mengenai sepeda motor dan emisi CO₂ dan analisis pemodelan emisi CO₂.

10.1 Rekomendasi Kebijakan Terkait Sepeda Motor

Dari hasil analisis linier berganda yang menjelaskan kecenderungan klasifikasi sepeda motor dengan gas buang CO₂ terendah, didapatkan temuan-temuan yang dapat dijadikan sebagai acuan bagi pemerintah untuk membuat suatu kebijakan. Rekomendasi untuk menekan permasalahan emisi CO₂ sepeda motor adalah dengan melakukan kebijakan sebagai berikut

- Kecepatan tempuh sepeda motor untuk menghasilkan emisi CO₂ yang rendah berada pada rentan kecepatan 40 km/jam sampai dengan 70 km/jam. Untuk meminimalisasi emisi CO₂, direkomendasikan peningkatan kualitas pelayanan jalan yang maksimal agar sepeda motor dapat beroperasi pada kecepatan tersebut. Keadaan jalan yang macet, yaitu pada kecepatan kurang dari 40 km/jam akan cenderung menghasilkan CO₂ yang lebih tinggi hingga 62,23%.
- Sepeda motor dengan kapasitas mesin antara 100 cc sampai dengan 150 cc adalah sepeda motor yang memiliki peluang nilai konsumsi bahan bakar dan CO₂ yang rendah. Hal ini disebabkan pada tahun belakangan ini produksi pada rentang cc tersebut merupakan produksi sepeda motor yang mendominasi jika dibandingkan cc lainnya. Pengembangan teknologi baru banyak diterapkan pada sepeda motor pada rentang cc ini dan perkembangan sepeda motor baru salah satunya berorientasi pada

teknologi hemat bahan bakar yaitu murah, irit dan kencang . Perlunya kebijakan pengembangan teknologi dan intervensi terhadap produsen sepeda motor untuk memproduksi sepeda motor dengan emisi rendah khususnya pada sepeda motor dengan kapasitas mesin kurang dari 100 cc lebih dari 150 cc.

- c. Teknologi sepeda motor yang beroorientasi pada penghematan bahan bakar (irit) perlu terus ditingkatkan oleh produsen sepeda motor. Hal tersebut disebabkan konsumsi bahan bakar berbanding lurus dengan banyaknya emisi CO_2 yang dihasilkan. Analisis teknologi produsen no 2 menghasilkan nilai emisi CO_2 yang paling rendah karena memiliki teknologi penghemat konsumsi bahan bakar paling baik.

10.2 Rekomendasi Kebijakan Terkait Ke-PU-an

Analisis korelasi yang menjelaskan hubungan antara nilai emisi CO_2 dengan klasifikasi sepeda motor dan analisis hubungan nilai emisi CO_2 dengan kecepatan pada tiap-tiap fungsi jalan. Hal tersebut dapat dijadikan sebagai acuan bagi pemerintah untuk membuat suatu kebijakan. Rekomendasi untuk menekan permasalahan emisi CO_2 terkait ke-PU-an adalah dengan melakukan kebijakan sebagai berikut

- a. Berdasarkan kecepatan tempuh sepeda motor untuk menghasilkan emisi CO_2 yang rendah dan berada pada rentan kecepatan 40 km/jam sampai dengan 70 km/jam. Maka dapat direkomendasikan sepeda motor lalu lintas yang homogen agar tidak terganggu oleh kendaraan jenis lain sehingga kecepatan sepeda motor menjadi konstan. Begitu pun sebaliknya, yaitu kendaraan selain sepeda motor. Jalur khusus sepeda motor (JKSM) adalah jalur yang khusus diperuntukan untuk sepeda motor, dan dari hasil analisis didapat nilai emisi di JKSM relatif lebih rendah jika dibandingkan dengan nilai emisi pada akses JKSM. Dari penjelasan tersebut dapat direkomendasikan JKSM sebagai solusi untuk mengatasi masalah emisi yang ditimbulkan oleh sepeda motor.
- b. Dari hasil analisis fungsi jalan arteri menjadi fungsi jalan dengan kecenderungan nilai emisi terendah karena pada jalan ini kendaraan memiliki kecepatan yang relatif konstan dan kriteria jalan pada fungsi jalan ini sangat baik, ditinjau dari lebar dan kecepatan rencana. Direkomendasikan untuk melakukan peninjauan kembali mengenai kriteria pembangunan jalan yang mempertimbangkan akomodasi pertumbuhan sepeda motor yang pesat, sehingga jalan-jalan menjadi lebih lancar dan berkualitas baik.

11. Rekomendasi Penelitian Lanjutan yang Perlu Dilakukan

Rekomendasi penelitian lanjutan terkait sepeda motor yang perlu dilakukan untuk meminimalisasi emisi CO₂ di antaranya adalah sebagai berikut

- a. Pemanfaatan sepeda motor dengan bahan bakar alternatif di jalan raya
Direkomendasikan analisis mengenai bahan bakar alternatif untuk sepeda motor yang memiliki sifat mengurangi emisi CO₂ yang maksimal. Analisis dapat berupa perbandingan-perbandingan antara bahan bakar alternatif untuk mengetahui jenis bahan bakar yang paling optimal meminimalisasi emisi CO₂. Bahan bakar alternatif tersebut dapat berupa biofuel, bahan bakar gas, sepeda motor tenaga listrik dan sepeda motor hibrida dimana alternatif-alternatif tersebut lebih ramah terhadap lingkungan.
- b. Alternatif akomodasi sepeda motor di jalan raya dan solusi penyelesaiannya
Direkomendasikan dilakukan penelitian lanjutan mengenai akomodasi sepeda motor di jalan raya agar tidak mengganggu kelancaran lalu lintas. Kemacetan yang ditimbulkan oleh sepeda motor berpotensi menimbulkan efek peningkatan emisi CO₂. Oleh karena itu harus dianalisis masalah-masalah yang terjadi dan ditemukan solusi penyelesaiannya bagaimana seharusnya pemerintah dapat mengakomodasi jumlah sepeda motor yang sangat banyak dengan penyediaan infrastruktur yang mampu mengakomodasi sepeda motor tersebut. Salah satu cara mengakomodasi sepeda motor tersebut adalah dengan cara menyediakan fasilitas infrastruktur khusus bagi sepeda motor.

12. Penutup

- a. Dari hasil analisis korelasi sederhana didapat korelasi antara teknologi sepeda motor dengan emisi CO₂ adalah 0,016. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang lemah antara teknologi sepeda motor dengan emisi CO₂. Dari analisis model regresi teknologi manufaktur sepeda motor nomor dua cenderung menurunkan nilai konsumsi bahan bakar sebesar 3,267 gram/km atau nilai emisi CO₂ 9,35 gram CO₂/km. Teknologi manufaktur sepeda motor nomor dua memiliki rata-rata nilai emisi CO₂ sebesar 55,49 gram CO₂/km, lebih rendah dibandingkan dengan teknologi sepeda motor nomor satu dan

teknologi nomor tiga yang mempunyai nilai emisi CO_2 masing-masing sebesar 65,78 gram CO_2/km dan 65,85 gram CO_2/km . Teknologi maufaktur sepeda motor nomor dua cenderung mempunyai nilai CO_2 lebih rendah.

- b. Dari hasil analisis korelasi sederhana didapat korelasi antara kapasitas mesin dengan emisi CO_2 adalah 0,211. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang lemah antara kapasitas mesin dengan emisi CO_2 . Sepeda motor dengan klasifikasi kapasitas mesin 110 cc dan 125 cc cenderung lebih baik dikarenakan konsumsi bahan bakarnya lebih rendah jika dibandingkan dengan sepeda motor dengan ≥ 150 cc. Dari hasil analisis klasifikasi sepeda motor dengan kapasitas mesin 110 cc dan 125 cc cenderung menurunkan emisi CO_2 sebesar masing-masing 17 % dan 43% jikadibandingkan dengan klasifikasi kapasitas mesin 150 cc. Nilai rata-rata emisi CO_2 klasifikasi sepeda motor kapasitas mesin 125 cc sebesar 44,1 gram CO_2/km lebih baik jika dibandingkan kapasitas mesin 110 cc yaitu dengan nilai rata-rata sebesar 64,20 gram CO_2/km . Hal ini disebabkan varian jenis pada sepeda motor dengan klasifikasi kapasitas mesin 110 cc mayoritas sepeda motor matic yang lebih boros dalam hal mengonsumsi bahan bakar.
- c. Dari hasil analisis korelasi sederhana didapat korelasi antara usia pelayanan dengan emisi CO_2 adalah -0,022. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi hubungan yang bertolak belakang yang lemah antara usia pelayanan dengan emisi CO_2 . Klasifikasi usia pelayanan sepeda motor enam hingga satu tahun menghasilkan emisi CO_2 yang relatif sama. Klasifikasi variabel pada tahun produksi memiliki perbedaan yang tidak signifikan, yaitu antara nilai variabel tertinggi dengan terendah memiliki perbedaan sebesar 15%. Usia pelayanan sepeda motor enam tahun sampai dengan satu tahun relatif sama. Hal ini sebab teknologi lima tahun terakhir relatif sama yaitu sepeda motor injeksi.
- d. Dari hasil analisis korelasi sederhana didapat korelasi antara kecepatan dengan CO_2 , yaitu -0,557. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi hubungan bertolak belakang yang kuat antara kecepatan dengan CO_2 . Nilai CO_2 pada kecepatan sepeda motor 10 km/jam memiliki nilai emisi CO_2 tertinggi yaitu rata-rata 113,15 gram CO_2/km . Selanjutnya nilai emisi menurun secara berturut-turut berkisar 25% pada kecepatan 20km/jam, kecepatan 30 km/jam, kecepatan 40 km/jam, dan kecepatan 50 km/jam dan puncaknya pada kecepatan 60 km/jam dengan rata-rata nilai emisi CO_2 sebesar 42,73 gram CO_2/km . Selanjutnya secara bertahap nilai emisi naik kembali berturut-turut pada kecepatan 70 km/jam dan kecepatan 80 km/jam, yaitu sebesar 11 %.

Pada kecepatan 60 km/jam kinerja mesin sudah optimal sehingga konsumsi bahan bakar dapat lebih rendah dari kecepatan rendah dan tinggi yang membutuhkan kinerja mesin lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Agah M Mulyadi, 2013, Laporan Akhir Kajian Emisi CO₂ Sepeda Motor, 2013, Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Bandung.
- International Workshop on Human Health and Environmental Effects of Motor Fuels and Their Exhaust Emissions, Sydney, Australia, 6-10 April 1992
- Japan International Cooperation Agency, 1997, The Study on The Integrated air Quality Management for Jakarta Metropolitan Area. Jakarta
- J. Goettemoeller, A. Goettemoeller, 2007. Sustainable Ethanol: Biofuels, Biorefineries, Cellulosic Biomass, Flex-Fuel Vehicles, and Sustainable Farming for Energy Independence (Brief and comprehensive account of the history, evolution and future of ethanol). Prairie Oak Publishing, Maryville, Missouri. ISBN 9780978629304.
- Kupchella CE & Hyland MC, 1993, Environmental Science, Living within the system of nature. Pp 270-307
- NILIM, 2011, Environmentally Friendly Road, Using Motorcycle, Japan.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, 2007, Pedoman Pemantauan Kualitas Udara Ambien, Bandung.
- Pryde LT (1973) Environmental Chemistry ; An Introduction. pp 155-164
- Tri-Tugaswati A, Suzuki S, Kiryu Y, Kawada T, 1995, Automotive Air Pollution in Jakarta with Special emphasis on lead, Particulate, and nitrogen dioxide. Jpn J of Health and human Ecology 61:261-75
- The Worldwatch Institute (2007). Biofuels for Transport: Global Potential and Implications for Energy and Agriculture (Global view, includes country study cases of Brazil, China, India and Tanzania). Earthscan Publications Ltd., London, UK ISBN 9781844074228.
- Thailand Automotive Industry, 2012, Moving A head with AEC: Opportunities and Challenges
- United Nations Framework Convention on Climate Change, 2011 CDM Methodology Booklet, Germany.