

PENGURANGAN EMISI CO₂, N₂O, DAN CH₄ DARI KENDARAAN BERMOTOR DI UNIVERSITAS NEGERI MALANG

CO₂, N₂O, AND CH₄ EMISSIONS FROM MOTORIZED VEHICLE IN STATE UNIVERSITY OF MALANG

Galih Budi Prasetya, Christia Meidiana, Imma Widyawati Agustin

Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jalan Mayjen Haryono 167 Malang 65145 – Telp (0341)567886
Email: prasetya.galih@yahoo.com

Tanggal diterima : 16 November 2016 ; Tanggal disetujui : 20 April 2017

ABSTRACT

In effort to fulfill their compliance, humans need to do movements using motorized vehicle. Using fossil fuels as driving force, motorized vehicles contributed on issues of air pollution in the atmosphere. To prevent the increase of that pollution, Green Campus concept was implemented particularly in the scope of universities area. State University of Malang (UM) began to apply these concepts, especially in policies to reduce greenhouse gas emissions. The purpose of research is to calculate the amount of CO₂, N₂O, dan CH₄ emissions produced from motorized vehicles entered the area of UM and how the emissions reductions way can be done . The type of motorized vehicle divided into motorcycle (MC), light vehicle (LV), and heavy vehicle (HV). The analytical process for emissions based on Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), using fuel consumption method. Furthermore, the research showed a emissions reduction simulation through the centralized parking. The result shows the largest amount of emission produced at Wednesday (as weekday) with 159.90 Kg of CO₂, 0.0014 Kg of N₂O, and 0.0116 Kg of CH₄ emissions. In efforts to reduce emissions through the centralized parking resulted in average reduction of emissions by 37,12%.

Keywords : Green-Campus, Emission, Motorized-Vehicle, Fuel-Consumption, Centralized-Parking

ABSTRAK

Dalam pemenuhan kebutuhan hidupnya, manusia perlu melakukan pergerakan menggunakan alat bantu yaitu kendaraan bermotor. Menggunakan bahan bakar fosil sebagai tenaga penggerak, kendaraan bermotor menjadi penyumbang atas masalah pencemaran udara di atmosfer. Dalam upaya mencegah peningkatan pencemaran udara tersebut, konsep Green Campus mulai diterapkan khususnya dalam lingkup wilayah perguruan tinggi. Universitas Negeri Malang (UM) mulai mengaplikasikan konsep tersebut, terutama perumusan kebijakan pengurangan emisi gas rumah kaca. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah emisi CO₂, N₂O, dan CH₄ yang dihasilkan dari kendaraan bermotor yang masuk ke dalam wilayah UM serta bagaimana bentuk pengurangan emisi yang dapat dilakukan. Jenis kendaraan bermotor dibagi menjadi motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV). Proses analisis jumlah emisi berpedoman pada Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), dimana menggunakan pendekatan konsumsi bahan bakar. Selain itu, pada penelitian ditampilkan simulasi upaya pengurangan emisi melalui parkir terpusat. Hasil penelitian menunjukkan jumlah emisi paling besar dihasilkan pada hari Rabu (weekday) dengan 159,90 Kg CO₂, 0,0014 Kg N₂O, dan 0,0116 Kg CH₄. Dalam upaya pengurangan emisi melalui parkir terpusat menghasilkan penurunan emisi rata-rata sebesar 37,12%.

Kata Kunci : Green-Campus, Emisi, Kendaraan-Bermotor, Konsumsi-Bahan-Bakar, Parkir-Terpusat

PENDAHULUAN

Beberapa tahun belakangan ini gencar dibahasnya wacana mengenai pemanasan global (*Global Warming*) di seluruh negara. *Global Warming* sendiri dapat diartikan meningkatnya suhu rata-rata pada bumi secara global akibat meningkatnya jumlah karbon dioksida yang dilepas ke atmosfer. *Global Warming* sering disamakan dengan Efek Rumah Kaca, dimana radiasi matahari yang dipantulkan bumi tidak semuanya keluar dari atmosfer dan dikembalikan ke permukaan bumi. Hal inilah yang menyebabkan meningkatnya suhu permukaan (Venkataraman, et al., 2011). Peningkatan suhu bumi memiliki beberapa dampak pada beberapa sektor. Kondisi alam dengan suhu yang makin meningkat, akan menyebabkan es di kutub meleleh sehingga permukaan air laut menjadi naik. Dampak lainnya yaitu ekosistem alam akan terganggu, misal kekeringan dan banjir yang berpengaruh kepada kehidupan makhluk hidup termasuk manusia. Manusia akan rentan terhadap masalah kesehatan (Adedeji, et al., 2014). Dampak lain yaitu tidak stabilnya kondisi cuaca dan iklim yang akan mengganggu kegiatan pertanian untuk memenuhi kebutuhan pangan manusia (Hamdan, et al., 2013).

Emisi yang dihasilkan dari kegiatan manusia merupakan kontributor utama *Global Warming* dalam 150 tahun terakhir. Peningkatan jumlah emisi gas rumah kaca (GRK) dimulai sejak ditemukan dan digunakannya bahan bakar fosil oleh manusia (Ring, et al., 2012). Penggunaan bahan bakar fosil terutama pada kendaraan bermotor guna memenuhi kebutuhan pergerakan manusia. Hal ini yang menyebabkan sektor transportasi terutama kendaraan bermotor menjadi penghasil lebih dari seperempat gas karbon dioksida (CO₂) dunia dan menjadi penyumbang terbentuknya gas rumah kaca secara global (Shahid, et al., 2014).

Isu pemanasan global akhirnya menjadi suatu bahasan terkini mengenai lingkungan dalam dunia perguruan tinggi. Beberapa kampus di Indonesia mulai melakukan kajian mengenai penerapan konsep pembangunan berkelanjutan dalam wilayah kampusnya. Konsep ini memiliki tujuan untuk menumbuhkan kesadaran dan kepedulian terhadap lingkungan, dimulai dari kampus sebagai gerbang awal mahasiswa sebelum masuk ke masyarakat. Diharapkan nantinya mahasiswa dapat menerapkan ilmu serta kebiasaan yang mereka dapat di kampus dalam

kehidupan bermasyarakat (Maulidan, 2014). Tahapan penerapan konsep kampus berkelanjutan meliputi kesadaran akan perilaku ramah lingkungan, kemauan menerima perubahan, dan keinginan untuk berubah (Hooi, et al., 2012).

Universitas Negeri Malang (UM) yang merupakan universitas terbesar kedua di Kota Malang, baik dari sisi luas wilayah maupun sisi penerimaan mahasiswa tiap tahunnya (BPS Kota Malang, 2014) mencoba untuk mulai mengurangi emisi dari kendaraan bermotor dalam wilayah kampus. Hasil wawancara peneliti dengan beberapa narasumber di bagian Biro Universitas Negeri Malang (2016). Banyak ide atau gagasan dari pihak rektorat mengenai kampus hijau, namun terkendala masih belum ada kajian yang mendalam mengenai masing-masing ide tersebut. Kendala lainnya yaitu dampak suatu ide pada masing-masing bagian di Rektorat UM, sehingga masih perlu koordinasi yang lebih baik lagi. Pada tahap awal penerapan program kampus hijau, Universitas Negeri Malang (UM) menyediakan 300 unit sepeda yang dapat dipakai di dalam wilayah kampus UM.

Penelitian ini dimaksudkan untuk memberi masukan kepada pihak Rektorat Universitas Negeri Malang mengenai kondisi transportasi (kendaraan bermotor) yang masuk ke dalam kampus serta jumlah emisi CO₂, N₂O, dan CH₄ yang dihasilkan. Selain itu, dalam penelitian juga dilakukan simulasi pengurangan emisi sehingga terlihat perbedaan antara kondisi emisi awal dan setelah dilakukan upaya pengurangan. Nantinya hasil penelitian dapat digunakan sebagai referensi dalam penyusunan peraturan mengenai pengurangan emisi dalam Universitas Negeri Malang.

Kajian Pustaka

Konsep *Green Campus* sudah diterapkan di beberapa kampus perguruan tinggi di Indonesia. Hal tersebut mencerminkan telah tumbuhnya pemahaman civitas akademik mengenai kehidupan hijau dan kampus hijau (*green campus*), meskipun masih termasuk kategori tingkat dasar (Erni, 2013). Hal yang sama juga terjadi di negara Cina, dimana pemerintahnya sangat mendukung penerapan program *green campus* di seluruh universitas yang ada di Cina dalam bentuk peraturan dan bantuan dana. Namun dalam pelaksanaannya masih terdapat beberapa kendala seperti kurang terkoordinasinya antar kementerian serta rendahnya jaminan secara

kelembagaan akan keberlangsungan program di masa depan (Tan, et al., 2013).

Dalam penerapan konsep *green campus* di Universitas Diponegoro, masih terdapat beberapa permasalahan. Beberapa permasalahan yang ada seperti kurang pemeliharaan ruang terbuka hijau, minimnya pengelolaan sampah, jumlah kendaraan yang mengalami peningkatan, tidak adanya lembaga khusus untuk lingkungan, dan terutama belum ada anggaran khusus untuk program *green campus*. Permasalahan terjadi karena belum adanya kesatuan antar program dan kegiatan. Solusi yang ditawarkan adalah perencanaan anggaran yang benar-benar dialokasikan untuk program *green campus* (Hapsari, et al., 2014).

Beberapa istilah seperti kampus berkelanjutan, kampus hijau, kampus konservasi, dan istilah lainnya memiliki satu prinsip yaitu ramah lingkungan. Guna mencapai prinsip pembangunan berkelanjutan perlu terpenuhinya ketiga aspek utama yaitu aspek lingkungan, aspek sosial, dan aspek ekonomi. Universitas Negeri Semarang memiliki konsep pengurangan pemakaian kertas, pengelolaan sampah, arsitektur-hijau, sistem transportasi dalam kampus, serta penggunaan sumber energi bersih. Penekanan yang dilakukan cenderung kepada aspek lingkungan, menyebabkan program pengembangan untuk aspek sosial dan aspek ekonomi tidak begitu banyak. Sehingga, Universitas Negeri Semarang masih belum dapat dikatakan kampus berkelanjutan (Phramesti, et al., 2013).

Institut Teknologi Nasional dan Universitas Katolik Parahyangan memasukkan lima sektor dalam kampus hijau (*Green Campus*) yaitu pendidikan, transportasi, air dan limbah, energi dan perubahan iklim, serta infrastruktur. Hasilnya menunjukkan penerapan kampus hijau pada sektor transportasi memiliki nilai paling rendah. Kendala yang muncul yaitu pemahaman yang kurang serta lemahnya kebijakan mengenai *green campus* (Puspadi, et al., 2016).

Emisi gas rumah kaca (GRK) dihasilkan oleh kendaraan bermotor, dimana dengan semakin banyaknya jumlah kendaraan yang lewat maka akan semakin banyak jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan (Seo, et al., 2013). Jumlah emisi yang dibuang dari kendaraan bermotor juga dipengaruhi oleh cara mengemudi pengendara. Cara berkendara mengakibatkan perubahan kecepatan kendaraan bermotor yang berpengaruh pada jumlah emisi yang dikeluarkan (Aly, et al., 2013).

Pemilihan moda transportasi yang ideal untuk mahasiswa menuju kampus adalah motor. Hasil penelitian tersebut menyebutkan alasan penggunaan motor adalah karena bebas macet,

hemat biaya, jalur bebas, efisien waktu, serta nyaman (Trianisari, et al., 2014). Mohammed et al. (2013) dan Shakir et al. (2013) membahas beberapa faktor yang membuat mahasiswa memiliki kemungkinan untuk tidak menggunakan kendaraan pribadi dalam kampus yaitu dengan memperpendek jarak tempuh, menaikkan biaya parkir, serta peningkatan layanan transportasi umum dalam kampus. Sedangkan terkait peraturan, untuk wilayah kampus perlu adanya peraturan mengenai manajemen lalu lintas, manajemen parkir, dan tata guna lahan di dalam kampus (Al-Mosaind, 2014). Tata guna lahan akan berdampak pada desain kampus, dimana peletakan bangunan penting dan bangunan perkuliahan harus dapat terjangkau menggunakan sepeda atau berjalan kaki. Desain kampus juga harus didukung dengan infrastruktur yang nyaman bagi pengendara sepeda dan pejalan kaki. Bagi pengendara sepeda, marka dan pembatas jalur harus diperjelas (misal dengan warna yang terang). Perlu juga ditanam pepohonan sebagai peneduh di sepanjang jalur sepeda (Jalalkamali, et al., 2012). Bagi pejalan kaki, terdapat tambahan yaitu perlunya disiapkan fasilitas untuk semua kalangan seperti orang tua dan penyandang disabilitas (Asadi-Shekari, et al., 2013).

Pengurangan emisi gas rumah kaca (GRK) termasuk dalam usaha mitigasi gas rumah kaca. Langkah paling efektif sebagai upaya pengurangan gas rumah kaca yaitu pengendalian jumlah kendaraan pribadi melalui penetapan undang-undang/peraturan oleh pemerintah (Xue, et al., 2015).

Pada beberapa penelitian terdahulu yang telah disebutkan pada paragraf sebelumnya, hasil menunjukkan bagaimana tingkat pemahaman serta penerapan konsep *green campus* di beberapa perguruan tinggi di Indonesia.

Pada penelitian ini bahasan tidak melihat isu lingkungan secara umum, namun langsung mengerucut pada permasalahan emisi gas rumah kaca dari sektor transportasi terutama kendaraan bermotor yang masuk dalam wilayah kampus.

METODE PENELITIAN

Universitas Negeri Malang memiliki batas wilayah Jalan Ambarawa di sebelah Barat, Jalan Veteran di sebelah Utara, SMP Laboratorium UM dan Jalan Jakarta di sebelah Timur, serta Jalan Terusan Surabaya di sebelah Selatan. Tercatat jika jumlah mahasiswa S1 pada tahun 2015 mencapai 24.989 orang (BPS Kota Malang, 2014).

Peta wilayah Universitas Negeri Malang ditunjukkan pada Gambar 1. Universitas Negeri Malang memiliki 4 gerbang utama sebagai akses

keluar masuk kendaraan yaitu Gerbang Veteran (jalur masuk dan keluar), Gerbang Semarang (jalur masuk dan keluar), Gerbang Terusan Surabaya (jalur masuk), dan Gerbang Ambarawa (jalur masuk dan keluar khusus motor/MC).

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Penelitian diawali dengan melakukan survei awal yaitu pencatatan jumlah kendaraan selama satu minggu. Tujuan survei ini untuk mengetahui jumlah kendaraan maksimal yang masuk Universitas Negeri Malang pada *weekday* (Senin – Jumat) dan *weekend* (Sabtu – Minggu). Survei utama dilakukan berdasar hasil survei awal, dengan waktu pelaksanaan pada hari Rabu (*weekday*) dan hari Sabtu (*weekend*). Survei lain yang dilakukan adalah pencatatan daya tampung tiap area parkir dalam satuan per unit kendaraan. Selanjutnya data jumlah kendaraan, data daya tampung area parkir, dan data jarak tempuh akan digunakan dalam Matriks Asal Tujuan (MAT) untuk mendapatkan jumlah sebaran kendaraan bermotor ke masing-masing area parkir. Jumlah kendaraan yang didapat dikalikan dengan tingkat konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor dan faktor emisi untuk mendapatkan nilai emisi CO₂, N₂O, dan CH₄. Selanjutnya untuk mengetahui pola sebaran kendaraan bermotor digunakan metode Matriks Asal Tujuan. Untuk menggunakan metode ini, perlu dicari jarak dari masing-masing gerbang masuk Universitas Negeri Malang ke tiap area parkir. Data jarak lalu dibuat Matriks Aksesibilitas F_{id} dengan nilai β = 0,95 (Tamin, 2007).

$$f_{id} = \exp(-\beta C_{di}) \dots \dots \dots (1)$$

f_{id} = Matriks aksesibilitas

C_{di} = Jarak dari gerbang ke area parkir

Langkah berikutnya yaitu menghitung faktor penyeimbang sebagai masukan dalam Matriks Asal Tujuan. Faktor penyeimbang terbagi 2 yaitu A_i dan B_d.

$$A_i = \frac{1}{\sum_d (B_d D_d f_{id})} \dots \dots \dots (2)$$

$$B_d = \frac{1}{\sum_i (A_i O_i f_{id})} \dots \dots \dots (3)$$

- A_i = Faktor penyeimbang asal
- B_d = Faktor penyeimbang tujuan
- D_d = Daya tampung area parkir
- O_i = Kendaraan masuk gerbang

Setelah nilai A_i dan B_d didapat, berikutnya digunakan persamaan T_{id} untuk mendapatkan nilai sebaran kendaraan bermotor.

$$T_{id} = A_i \cdot B_d \cdot O_i \cdot f_{id} \dots \dots \dots (4)$$

- T_{id} = Jumlah kendaraan
- A_i = Faktor penyeimbang asal
- B_d = Faktor penyeimbang tujuan

O_i = Kendaraan masuk gerbang

f_{id} = Matriks aksesibilitas

Hasil perhitungan Matriks Asal Tujuan menunjukkan jumlah sebaran kendaraan ke tiap area parkir. Berdasar IPCC (2006), jumlah kendaraan yang didapat lalu dimasukkan (Persamaan 5) untuk menghitung bahan bakar terpakai seluruh kendaraan bermotor yang masuk ke dalam Universitas Negeri Malang. Jumlah bahan bakar yang didapat, dimasukkan (Persamaan 6) untuk menghitung jumlah emisi CO₂, N₂O, dan CH₄.

$$Fuel = \sum_{i,j} (V_{i,j} \cdot D_{i,j} \cdot C_{i,j}) \dots \dots \dots (5)$$

Fuel = Total bahan bakar yang digunakan (Lt)

V_{i,j} = Jumlah kendaraan (unit kendaraan)

D_{i,j} = Jarak tempuh kendaraan (Km)

C_{i,j} = Rata-rata konsumsi bahan bakar (Lt/Km)

i = Jenis kendaraan

j = Jenis bahan bakar

Data konsumsi bahan bakar merupakan hasil rata-rata tingkat konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor bersumber dari brosur pabrik. Untuk jenis kendaraan berdasar Direktorat Jenderal Bina Marga (1997) terbagi menjadi tiga yaitu motor (MC), kendaraan ringan (LV), dan kendaraan berat (HV).

$$Emission = \sum_a (Fuel_a \cdot EF_a) \dots \dots \dots (6)$$

Emission = Jumlah emisi (Kg)

Fuel = Bahan bakar yang digunakan (Lt)

EF = Faktor emisi (Kg/GJ)

a = Jenis bahan bakar

Pada penelitian ini jenis bahan bakar yang digunakan adalah Pertamina (*Gasoline*) dan Solar (*Diesel Fuel*). Faktor emisi CO₂, N₂O, dan CH₄ untuk kedua jenis bahan bakar tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Karena faktor emisi memiliki satuan Kg/GJ, maka jumlah bahan bakar yang memiliki satuan Liter (lt) diubah ke satuan *Giga Joule* (GJ) menggunakan faktor konversi 1 Liter bahan bakar menjadi *Joule* (Tabel 2). Hasil akhir yang didapat adalah jumlah emisi CO₂, N₂O, dan CH₄ pada hari Rabu dan Sabtu dalam satuan Kg.

Tabel 1. Faktor Emisi CO₂, N₂O, dan CH₄

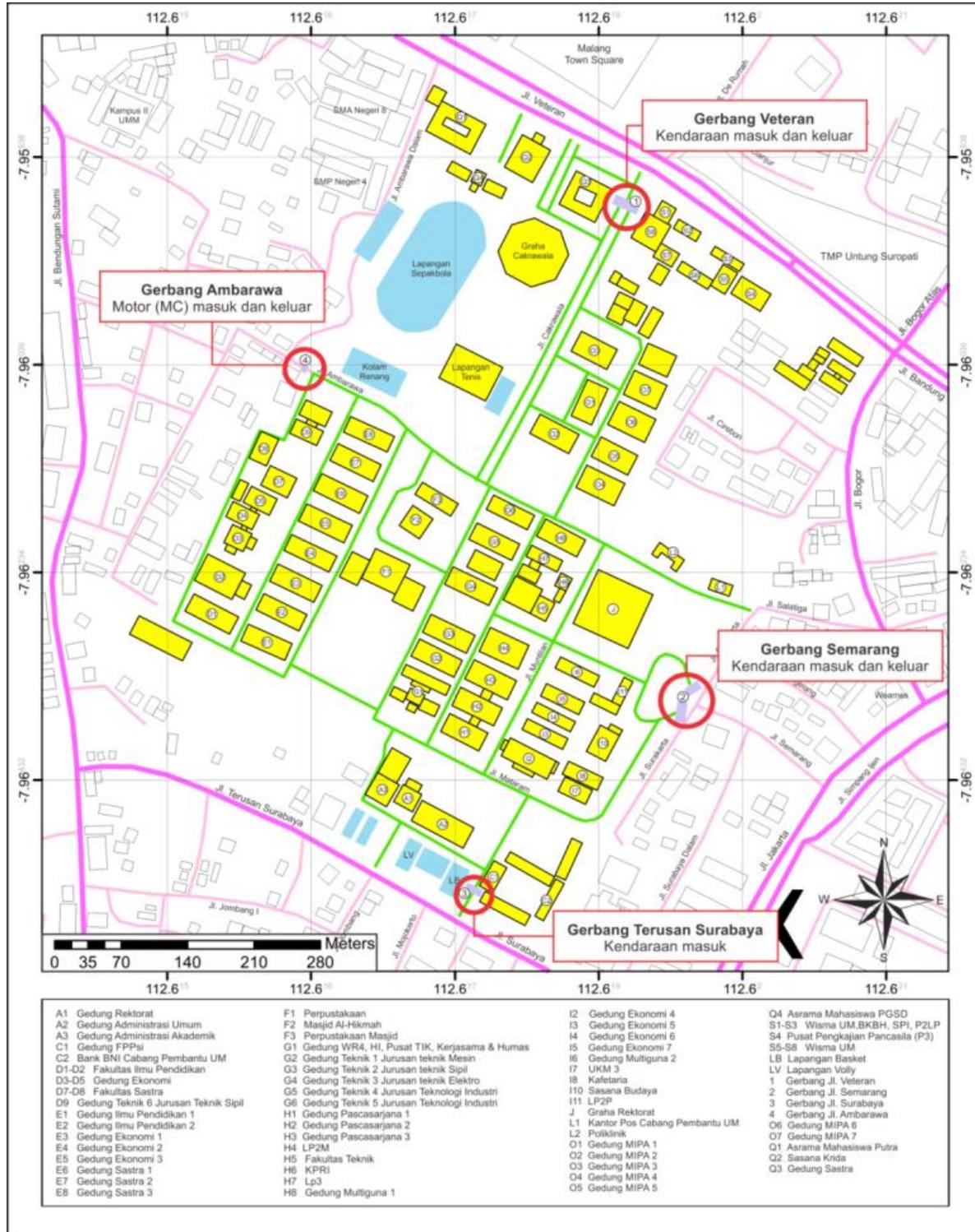
Bahan Bakar	CO ₂ (ton/GJ)	CH ₄ (g/GJ)	N ₂ O (g/GJ)
Pertamax	0,069	5,00	0,60
Solar	0,074	5,00	0,60

Sumber : Kementerian ESDM, 2012

Tabel 2. Faktor Konversi Bahan Bakar

Jenis Bahan Bakar	Konversi 1 Liter Bahan Bakar
Gasoline	0,0322
Diesel Fuel	0,0359

Sumber : Hofstrand, 2008



Gambar 1. Peta Universitas Negeri Malang

Sumber : Hasil Analisis, 2016

adalah emisi dalam lingkungan kampus Universitas Negeri Malang akan berkurang.

Dari nilai emisi gas rumah kaca (CO₂, N₂O, dan CH₄) yang didapatkan (mewakili kondisi eksisting), maka selanjutnya akan dilakukan simulasi pengurangan emisi. Hasil nilai emisi simulasi nantinya akan dibandingkan dengan nilai emisi eksisting sehingga diketahui perubahan nilai emisi yang terjadi.

Dalam simulasi pengurangan emisi CO₂, N₂O, dan CH₄ perlu ditetapkan alternatif yang digunakan untuk mengurangi nilai emisi. Pada Tabel 3, ditampilkan beberapa alternatif atau upaya guna mengurangi jumlah emisi akibat penggunaan kendaraan bermotor.

Penelitian Altintasi, et al. (2016) menyebutkan penggunaan sepeda dalam wilayah kampus dapat mengurangi emisi gas rumah kaca hingga 50%. Konsep tersebut serupa dengan Strompen, et al. (2012), dimana penggunaan moda tidak bermotor seperti sepeda akan mengurangi jumlah kendaraan bermotor sehingga emisi gas rumah kaca akan berkurang. Alternatif berikutnya dari Porter, et al. (2013) yaitu manajemen parkir. Pada manajemen parkir, jumlah area parkir akan dikurangi sehingga memaksa pengguna kendaraan bermotor berpindah menggunakan sepeda atau berjalan kaki. Para pengguna kendaraan bermotor yang tidak mendapat parkir, akan berpikir ulang di waktu yang akan datang bahwa lebih baik menggunakan sepeda atau berjalan kaki daripada harus berputar-putar mencari area parkir yang jumlahnya terbatas. Strompen, et al. (2012) juga menyebutkan alternatif pembatasan kendaraan yang akan masuk suatu wilayah. Kendaraan bermotor akan dipaksa berhenti atau parkir di jalur masuk suatu wilayah tertentu, sehingga emisi gas rumah kaca dalam wilayah tersebut akan sangat rendah.

Dari beberapa alternatif yang telah dijelaskan, maka pada penelitian ini dilakukan simulasi pengurangan emisi CO₂, N₂O, dan CH₄ melalui alternatif manajemen parkir terpusat. Dipilihnya alternatif tersebut karena beberapa alasan, antara lain:

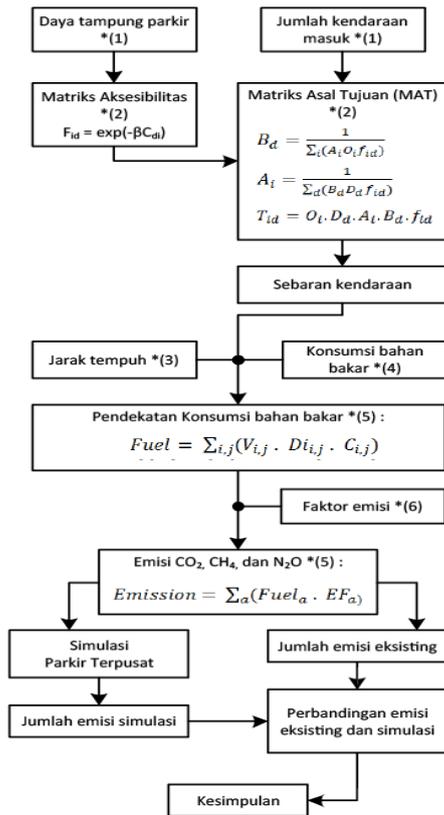
- a. Ketersediaan area parkir di Universitas Negeri Malang yang tidak mencukupi sehingga perlu dilakukan pengaturan kembali.
- b. Alternatif parkir terpusat membatasi kendaraan bermotor yang melintas dalam wilayah Universitas Negeri Malang. hal tersebut juga berarti mengurangi kendaraan bermotor.
- c. Dengan parkir terpusat, pengguna kendaraan bermotor harus berjalan atau bersepeda menuju lokasi (gedung) tujuan. Hasilnya

Langkah analisis penelitian selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 3. Alternatif pengurangan emisi GRK

Sumber	Alternatif	Dampak
Altintasi, et al. (2016)	penggunaan sepeda	<ul style="list-style-type: none"> • Perubahan infrastruktur untuk sepeda. • Pengurangan kendaraan bermotor, emisi berkurang.
Porter, et al. (2013)	Manajemen parkir	<ul style="list-style-type: none"> • Pengurangan lahan parkir. • Pengguna kendaraan bermotor berkurang. • Pindah ke sepeda atau berjalan kaki.
Strompen, et al. (2012)	Peningkatan moda tidak bermotor	<ul style="list-style-type: none"> • Berpindah ke moda tidak bermotor. • Pengurangan kendaraan bermotor, emisi berkurang.
	Pembatasan kendaraan	<ul style="list-style-type: none"> • Berpindah ke moda tidak bermotor atau ramah lingkungan.

Sumber : Hasil Survei, 2016



Sumber :

- (1) : Survei lapangan
- (2) : Tamin (2007)
- (3) : ArcGIS
- (4) : Data sekunder
- (5) : IPCC (2006)
- (6) : Kementerian ESDM (2012)

Gambar 2. Kerangka Metode Penelitian

Sumber : Hasil Survei, 2016

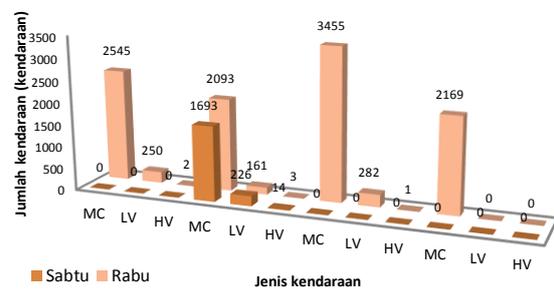
HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah Kendaraan Masuk

Survei jumlah kendaraan masuk dilakukan pada hari Rabu dan hari Sabtu dengan pembagian tiga *shift* yaitu *shift* pagi (06.15-07.45), siang (11.45-13.15), dan sore (15.00-16.30). Penentuan kedua hari tersebut berdasar survei awal yang telah dilakukan selama seminggu. Hasilnya menunjukkan jumlah kendaraan bermotor yang masuk ke Universitas Negeri Malang paling tinggi hari Rabu (*weekday*) 3702,32 satuan mobil penumpang (smp) dan hari Sabtu (*weekend*) 1592,35 smp. Untuk pembagian *shift* pagi-siang-sore berdasar jam puncak hasil dari survei awal. Jumlah kendaraan paling banyak yaitu pada *shift* pagi dengan 1850,24 smp. Jumlah kendaraan bermotor yang banyak pada *shift* pagi disebabkan jadwal perkuliahan yang dimulai pada pagi hari.

Hasil rekap survei jumlah kendaraan ditunjukkan pada Gambar 3. Jenis kendaraan bermotor yang paling banyak masuk adalah motor,

diikuti kendaraan ringan, dan paling rendah adalah kendaraan berat. Jumlah kendaraan masuk paling banyak terjadi pada *shift* pagi dengan gerbang yang paling sering dilewati kendaraan adalah Gerbang Terusan Surabaya. Pada Gerbang Terusan Surabaya hari Rabu tercatat ada 3.455 motor, 282 kendaraan ringan, dan 1 kendaraan berat. Untuk hari Sabtu, hanya Gerbang Semarang yang dibuka untuk akses keluar masuk kendaraan. Jumlah kendaraan yang melewati gerbang tersebut tercatat 1.693 motor, 226 kendaraan ringan, dan 14 kendaraan berat. Jumlah kendaraan berat yang meningkat pada hari Sabtu dikarenakan terdapat pengerjaan proyek. Informasi selengkapnya ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rekap Jumlah Kendaraan

Sumber : Hasil Survei, 2016

Jumlah Kendaraan di Area Parkir

Survei daya tampung area parkir bertujuan untuk mengetahui jumlah kendaraan yang dapat terparkir dalam suatu area parkir dengan batas ruang parkir yang tersedia. Survei dilakukan dengan mencatat jumlah kendaraan berdasar marka/batas ruang parkir yang telah tersedia menggunakan alat *counter*. Pada Tabel 3 ditunjukkan daya tampung dari area parkir yang ada di Universitas Negeri Malang. Area parkir dibagi menjadi 3 jenis yaitu area parkir mahasiswa (kode P), area parkir dosen/karyawan (kode Q), dan area parkir lain (kode R). Pada beberapa area parkir tersedia tempat untuk parkir motor (MC) dan kendaraan ringan (LV) seperti di Q2, Q3, I5, dan SLB.

Kondisi eksisting di Universitas Negeri Malang yaitu cara parkir kendaraan (terutama motor) yang melebihi daya tampung area parkirnya. Kondisi tersebut terlihat pada beberapa area parkir (P1, P2, P3, P6, P13, P15, P20, dan P21) dimana motor diparkir sampai menghalangi jalan keluar masuk area parkir. Hal tersebut menunjukkan jumlah pengguna motor yang besar tidak seimbang dengan ketersediaan area parkir yang ada. Tentunya dengan jumlah motor yang banyak akan menambah jumlah emisi gas buang ke

udara. Selain itu dibukanya tempat parkir dadakan dalam wilayah kampus akan membuat terlihat kurang tertata dan menyulitkan dalam hal pengawasan keamanan.

Jarak Tempuh Kendaraan

Data jarak didapatkan menggunakan software *ArcGIS 10*. Nilai yang didapat awalnya memiliki satuan meter (m), sehingga perlu diubah ke satuan kilometer (Km). Untuk kendaraan berat (HV) hanya ada dua tempat yang sesuai untuk parkir yaitu R2 (parkir Graha Cakrawala luar) dan E7-E8 (gedung Fakultas Sastra). Untuk kendaraan ringan dan kendaraan berat, gerbang Ambarawa tidak dapat digunakan karena hanya untuk akses keluar masuk motor. Dengan adanya empat gerbang utama, maka terdapat area-area parkir yang lokasinya dekat dengan gerbang utama. Gerbang Veteran berdekatan dengan P1, gerbang Semarang berdekatan dengan P22, gerbang Terusan Surabaya berdekatan dengan P23, dan gerbang Ambarawa berdekatan dengan P10. Jauh dekatnya area parkir dari gerbang berpengaruh pada jumlah emisi yang dibuang ke udara. Bila jarak dari gerbang ke area parkir dekat, maka kendaraan bermotor hanya menyala sebentar sehingga penggunaan bahan bakar dan gas buang sedikit. Begitu pula sebaliknya, bila jarak ke area parkir jauh maka penggunaan bahan bakar dan gas buang akan bertambah. Untuk kendaraan ringan dan kendaraan berat, gerbang Ambarawa tidak dapat digunakan karena hanya untuk akses keluar masuk motor. Hasil selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Daya Tampung Area Parkir (Kendaraan)

Kode	Lokasi	Daya tampung		
		Motor (MC)	Kendaraan Ringan (LV)	Kendaraan Berat (HV)
P1	Jl. Gombang	537	-	-
P2	MIPA I	426	-	-
P3	MIPA II	725	-	-
P4	MIPA III	-	33	-
P5	MIPA IV	-	40	-
P6	Tengah (dekat tugu)	1066	-	-
P7	Blok D (dekat kolam)	1052	-	-
P8	Blok D (utara masjid)	336	-	-
P9	Blok D (mobil)	-	96	-
P10	Gerbang Ambarawa	1087	-	-
P11	Belakang Ekonomi	940	-	-
P12	Ekonomi (mobil)	-	33	-
P13	Blok C (ekonomi)	440	-	-
P14	D2 (mobil)	-	9	-
P15	VIP (motor)	645	-	-
P16	VIP (mobil)	-	75	-
P17	G3 – G4 mobil	-	37	-
P18	G2 Teknik Mesin	282	-	-
P19	Blok A (mobil)	-	79	-
P20	Blok A (motor)	619	-	-

Kode	Lokasi	Daya tampung		
		Motor (MC)	Kendaraan Ringan (LV)	Kendaraan Berat (HV)
P21	Blok H (kantin)	627	-	-
P22	Blok H (pagar)	268	10	-
P23	Blok P (Psikologi)	370	-	-
Q1	Samping Teknik Sipil	-	7	-
Q2	Selatan Masjid I	36	4	-
Q3	Seberang ekonomi	90	6	-
Q4	H6 (KPRI)	-	15	-
Q5	I5	21	32	-
Q6	Parkir pimpinan	-	14	-
R4	SLB	89	6	-
Jumlah		9656	482	-

Sumber : Hasil Survei, 2016

Matriks Aksesibilitas

Matriks Aksesibilitas menunjukkan ukuran tingkat kemudahan perpindahan dari tempat asal ke tempat tujuan. Pada penelitian ini tingkat kemudahan diukur berdasar seberapa dekat tempat tujuan.

Pada Tabel 5, nilai matriks aksesibilitas didapat dengan memasukkan jarak tempuh kendaraan bermotor pada Tabel 4 ke dalam Persamaan 1. Makin tinggi nilai di matriks aksesibilitas, dapat diartikan semakin mudah perpindahan yang terjadi. Bila dibandingkan dengan nilai jarak tempuh pada Tabel 4, hasil matriks aksesibilitas mengikuti jauh dekatnya jarak tempuh. Contohnya yaitu pada P1 memiliki nilai paling tinggi 0,02 untuk gerbang Veteran, hasil tersebut menunjukkan kemudahan perpindahan karena jarak dari gerbang Veteran ke P1 dekat.

Lalu pada tabel 5, hanya ditunjukkan hasil matriks aksesibilitas untuk motor (MC) sebagai contoh perbandingan dengan jarak tempuh. Hal tersebut karena dari jarak tempuh sudah dapat diketahui tingkat kemudahan perpindahan kendaraan bermotor lainnya (kendaraan ringan dan kendaraan berat). Hasil dari matriks aksesibilitas selanjutnya digunakan dalam perhitungan Faktor Penyeimbang.

Tabel 4. Jarak Dari Gerbang Ke Area Parkir (Km)

Area Parkir	Motor (MC)			
	Gerbang Veteran	Gerbang Semarang	Gerbang Terusan Surabaya	Gerbang Ambarawa
P1	0,042	1,013	0,904	0,531
P2	0,159	0,956	0,845	0,475
P3	0,188	0,987	0,878	0,508
P6	0,342	0,689	0,578	0,246
P7	0,396	0,750	0,541	0,169
P8	0,412	0,768	0,659	0,179
P10	0,560	0,963	0,853	0,026
P11	0,774	0,749	0,637	0,345
P13	0,709	0,683	0,573	0,281
P15	0,830	0,576	0,464	0,401
P18	0,603	0,482	0,370	0,572
P20	0,750	0,262	0,152	0,652

Motor (MC)				
Area Parkir	Gerbang Veteran	Gerbang Semarang	Gerbang Terusan Surabaya	Gerbang Ambarawa
P21	0,901	0,101	0,240	0,800
P22	0,870	0,072	0,268	0,772
P23	0,903	0,337	0,009	0,803
Q2	0,508	0,865	0,754	0,274
Q3	0,655	0,584	0,473	0,349
Q5	0,634	0,244	0,272	0,530
R4	0,854	0,287	0,062	0,754

Kendaraan Ringan (LV)			
Area Parkir	Gerbang Veteran	Gerbang Semarang	Gerbang Terusan Surabaya
P4	0,210	1,010	0,899
P5	0,183	0,854	0,742
P9	0,413	0,768	0,658
P12	0,655	0,730	0,617
P14	0,752	0,641	0,530
P16	0,723	0,520	0,398
P17	0,947	0,553	0,438
P19	0,742	0,280	0,169
P22	0,870	0,072	0,268
Q1	0,529	0,860	0,748
Q2	0,508	0,865	0,754
Q3	0,655	0,584	0,473
Q4	0,509	0,273	0,405
Q5	0,634	0,244	0,272
Q6	0,793	0,329	0,218
R4	0,854	0,287	0,062

Kendaraan Berat (HV)			
Area Parkir	Gerbang Veteran	Gerbang Semarang	Gerbang Terusan Surabaya
R2	0,226	0,827	0,722
E7-E8	0,565	0,850	0,738

Sumber : ArcGIS 10, 2016

Faktor Penyeimbang

Faktor penyeimbang didapat menggunakan Persamaan 2 dan Persamaan 3. Langkah awal yaitu menganggap nilai $A_i = 1$ sehingga didapatkan seluruh nilai B_d pada langkah 0. Berikutnya yaitu menghitung nilai A_i menggunakan nilai B_d yang telah didapat sebelumnya. Selanjutnya kembali menghitung nilai B_d menggunakan nilai A_i pada langkah sebelumnya. Langkah perhitungan ini terus diulang hingga perubahan nilai A_i dan B_d tidak begitu jauh berubah.

Tabel 5. Matriks Aksesibilitas Motor (MC)

Area Parkir	Gerbang Masuk			
	Veteran	Semarang	Terusan Surabaya	Ambarawa
P1	0,02	1,56E-42	5,15E-38	1,25E-22
P2	0,00	3,6E-40	1,31E-35	2,63E-20
P3	0,00	1,81E-41	5,91E-37	1,13E-21
P6	0,00	3,69E-29	1,47E-24	7,25E-11
P7	0,00	1,18E-31	3,57E-27	1,06E-07
P8	0,00	2,01E-32	6,62E-28	4,21E-08
P10	0,00	1,9E-40	6,66E-36	0,081694
P11	0,00	1,3E-31	5,24E-27	5,83E-15
P13	0,00	6,34E-29	2,2E-24	2,52E-12

Area Parkir	Gerbang Masuk			
	Veteran	Semarang	Terusan Surabaya	Ambarawa
P15	0,00	1,74E-24	7,19E-20	2,81E-17
P18	0,00	1,26E-20	5,52E-16	2,53E-24
P20	0,00	1,52E-11	5,4E-07	1,29E-27
P21	0,00	6,83E-05	1,22E-10	9,42E-34
P22	0,00	0,00109	8,38E-12	1,46E-32
P23	0,00	1,22E-14	0,40962	7,58E-34
Q2	0,00	2,03E-36	7,58E-32	4,86E-12
Q3	0,00	7,92E-25	2,96E-20	3,89E-15
Q5	0,00	8,92E-11	6,09E-12	1,42E-22
R4	0,00	1,44E-12	0,002658	7,5E-32

Sumber : Hasil Survei, 2016

Matriks Asal Tujuan (MAT)

Menggunakan Persamaan 4 didapat jumlah sebaran kendaraan bermotor di Universitas Negeri Malang. Tabel 6 merupakan hasil analisis MAT untuk motor (MC) pada hari Rabu. Untuk hasil analisis MAT hari Sabtu.

Contoh pada hari Rabu, area parkir motor P1, P2, P3, dan P6 berada paling dekat dengan Gerbang Veteran, membuat jumlah kendaraan yang masuk dari gerbang Veteran tersebar ke masing-masing area parkir tersebut. Selain itu area-area parkir tersebut memiliki daya tampung yang besar. Pola sebaran kendaraan ini juga sama pada gerbang-gerbang lainnya.

Untuk hari Sabtu, hanya gerbang Semarang yang dibuka untuk akses keluar masuk kendaraan bermotor. Jumlah motor paling banyak terdistribusi pada P6, P7, P10, dan P11 karena berdekatan dengan beberapa lokasi terbuka seperti lapangan dan kolam renang. Hal itu kemungkinan dikarenakan pada hari Sabtu banyak yang melakukan aktifitas olahraga atau kegiatan diluar perkuliahan lainnya dalam wilayah kampus.

Sebaran kendaraan ringan (LV) paling banyak ada di area parkir P9 (Rabu dan Sabtu) serta P13 (Rabu). Hal tersebut dikarenakan area parkir tersebut memiliki daya tampung kendaraan cukup besar dibandingkan area parkir lainnya, serta lokasinya strategis berada di tengah-tengah Universitas Negeri Malang.

Lalu untuk sebaran kendaraan berat (HV) dapat langsung diketahui tanpa melalui proses analisis, hal tersebut karena lokasi yang sesuai untuk parkir kendaraan berat hanya ada dua yaitu parkir Graha Cakrawala (luar) dan parkir VIP. Untuk hari Rabu seluruh kendaraan berat diparkir pada Graha Cakrawala (luar), sedangkan pada hari Sabtu kendaraan berat yang masuk merupakan truk proyek di gedung Sastra E7-E8.

Hasil Matriks Asal Tujuan (MAT) selanjutnya dibuat ke dalam Peta Asal Tujuan.

Langkah awal yaitu menetapkan nilai tertinggi dan terendah dari jumlah kendaraan (misal pada Tabel 6). Selisih kedua nilai lalu dibagi menjadi 5 segmen yang menunjukkan tingkatan jumlah kendaraan dari masing-masing gerbang ke tiap area parkir. 5 segmen yang telah ditentukan ditunjukkan dengan ketebalan garis, semakin tebal garis berarti jumlah kendaraan yang menuju area parkir semakin banyak. Berikutnya garis ditarik dari gerbang masuk sebagai asal pergerakan dan berakhir pada area parkir tujuan. Hasil Peta Asal Tujuan ditunjukkan pada Gambar 4 yang menunjukkan bagaimana pola sebaran motor (MC) pada hari Rabu.

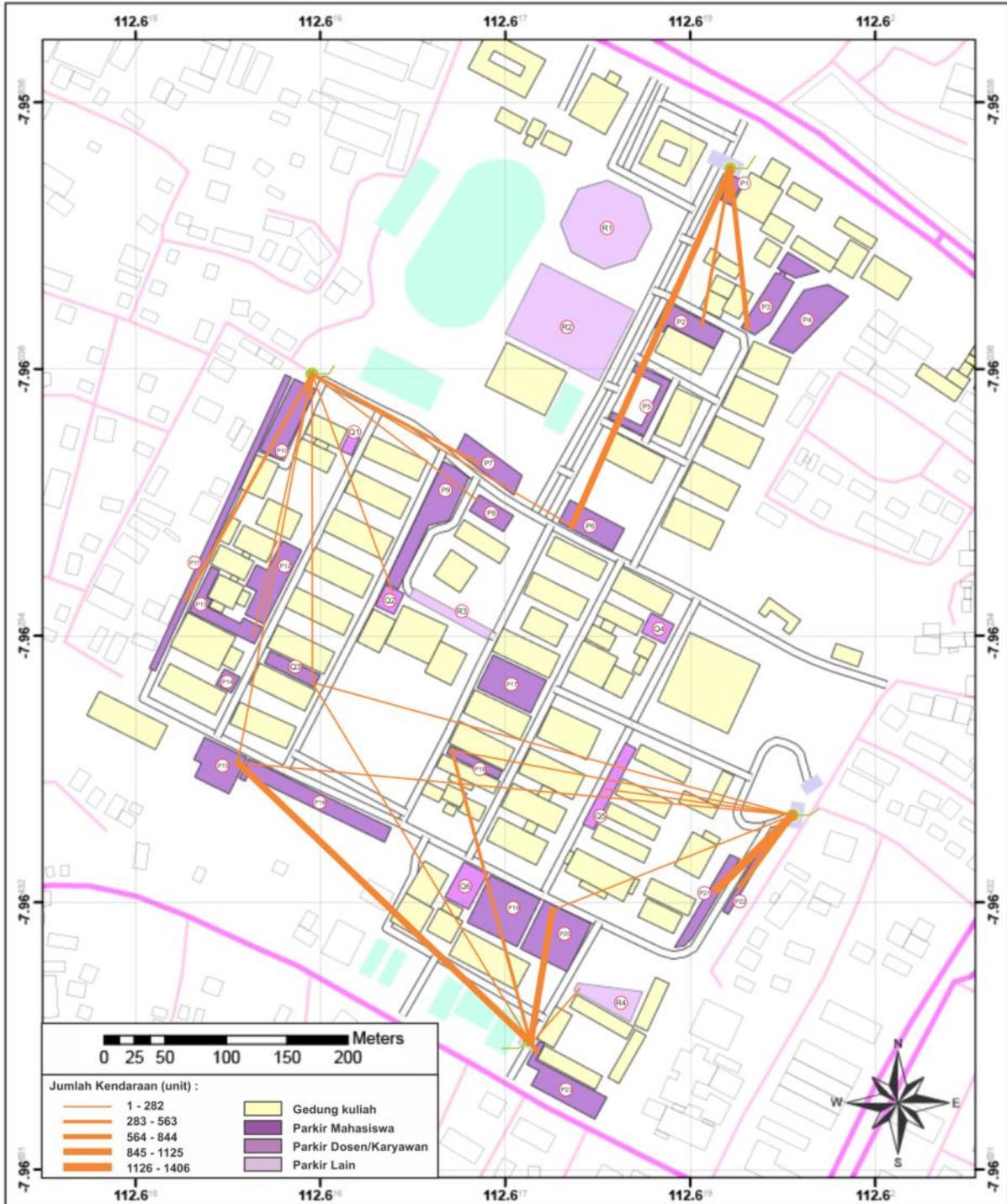
Tabel 6. Matriks Asal Tujuan Motor (MC)

Area Parkir	Rabu			Sabtu	
	Gerbang Veteran	Gerbang Semarang	Gerbang Terusan Surabaya	Gerbang Ambarawa	Gerbang Semarang
P1	537	0	0	0	95
P2	426	0	0	0	75
P3	725	0	0	0	128

P6	857	0	0	109	189
P7	0	0	0	549	186
P8	0	0	0	175	59
P10	0	0	0	567	192
P11	0	0	0	490	166
P13	0	0	0	229	78
P15	0	15	1087	2	114
P18	0	6	478	0	50
P20	0	17	1047	0	110
P21	0	1406	0	0	111
P22	0	601	0	0	47
P23	0	0	634	0	65
Q2	0	0	0	19	6
Q3	0	1	57	29	0
Q5	0	47	0	0	4
R4	0	0	152	0	16
	2545	2093	3455	2169	1693

Sumber : Hasil Survei, 2016

Sumber : hasil analisis, 2016



Gambar 4. Peta Asal Tujuan Motor (MC) Rabu

Konsumsi Bahan Bakar

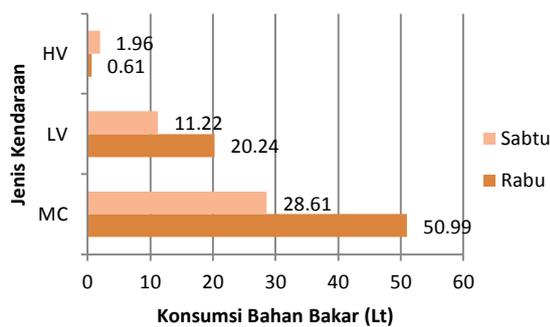
Hasil perhitungan Persamaan 5 menghasilkan jumlah bahan bakar seluruh kendaraan yang masuk Universitas Negeri Malang. Pada hari Rabu Motor (MC) menggunakan bahan bakar paling banyak yaitu 50,9 Liter, diikuti oleh kendaraan ringan (LV) sebesar 20,2 Liter, dan kendaraan berat (HV) sebesar 0,6 Liter. Sedangkan

pada hari Sabtu motor masih merupakan pengguna bahan bakar terbesar dengan 28,6 Liter diikuti kendaraan ringan dengan 11,2 Liter. Untuk kendaraan berat pada hari Sabtu mengalami kenaikan penggunaan bahan bakar yaitu 1,9 Liter, hal dikarenakan pada hari tersebut jumlah kendaraan berat yang masuk Universitas Negeri Malang lebih banyak akibat adanya pekerjaan proyek dalam kampus. Motor menjadi pengguna

bahan bakar terbanyak dibandingkan kendaraan ringan dan kendaraan berat. Hal ini sesuai dengan penelitian Trianisari (2014), dimana pengguna kendaraan bermotor paling banyak dalam kampus adalah mereka yang mengendarai motor (MC).

Beberapa area parkir yang memberi kontribusi pada penggunaan bahan bakar untuk motor yaitu P15 dengan 12,9 Liter (Rabu) dan P10 dengan 4,6 Liter (Sabtu). Sedangkan untuk area parkir kendaraan ringan yaitu P16 dengan 4,2 Liter (Rabu) dan P9 dengan 2,91 Liter (Sabtu).

Jumlah bahan bakar yang digunakan untuk masing-masing jenis kendaraan ditunjukkan pada Gambar 5.



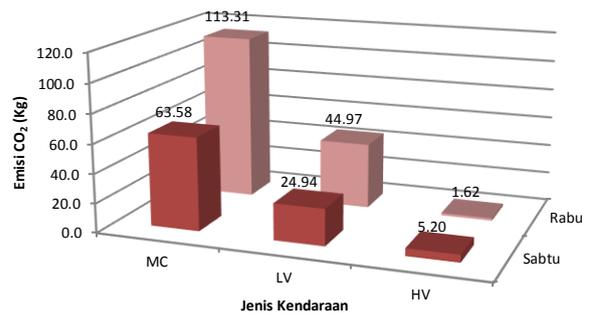
Gambar 5. Konsumsi Bahan Bakar

Sumber : hasil analisis, 2016

Emisi CO₂, N₂O, dan CH₄ Eksisting

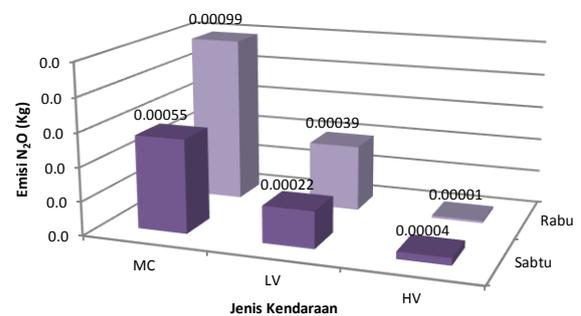
Perhitungan emisi CO₂, N₂O, dan CH₄ menggunakan Persamaan 6. Untuk motor (MC) dan kendaraan ringan (LV), bahan bakar yang digunakan adalah *Gasoline*. Sedangkan untuk kendaraan berat (HV), bahan bakar yang digunakan adalah *Diesel Fuel*. Pada Gambar 6 merupakan jumlah emisi CO₂ di hari Rabu dengan motor (MC) sebagai penghasil terbesar CO₂ yaitu 113,31 Kg. Total emisi CO₂ yang dihasilkan pada hari Rabu adalah 159,90 Kg. Gambar 7 menunjukkan jumlah emisi N₂O, untuk hari Rabu jumlah total sebesar 0,0014 Kg. Sedangkan pada Gambar 8, jumlah emisi CH₄ yang dihasilkan pada hari Rabu adalah 0,0116 Kg dengan motor (MC) penyumbang paling tinggi.

Untuk area parkir yang berkontribusi dalam bangkitan emisi gas buang terbesar, lokasinya mengikuti jumlah bahan bakar yang digunakan kendaraan bermotor. Sehingga untuk motor, area parkir P15 (Rabu) dan P10 (Sabtu). Sedangkan untuk kendaraan ringan pada area parkir P16 (Rabu) dan P9 (Sabtu).



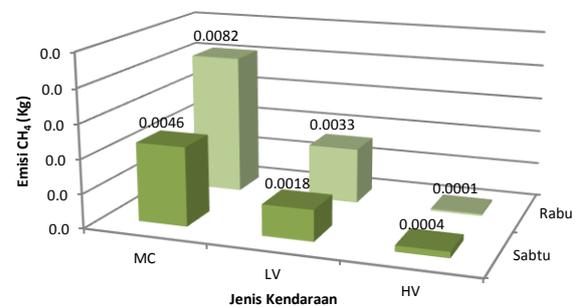
Gambar 6. Emisi CO₂

Sumber : hasil analisis, 2016



Gambar 7. Emisi N₂O

Sumber : hasil analisis, 2016



Gambar 8. Emisi CH₄

Sumber : hasil analisis, 2016

Simulasi Pengurangan Emisi

Untuk menghitung emisi CO₂, N₂O, dan CH₄ simulasi, langkah pelaksanaan sama seperti yang dilakukan pada perhitungan emisi sebelumnya. Untuk itu perlu disiapkan lokasi yang menjadi area parkir terpusat. Pemilihan lokasi dilihat dari lokasinya yang berada dekat dengan gerbang masuk. Hal itu dilakukan agar jarak tempuh penggunaan kendaraan bermotor menjadi dekat dan pengeluaran emisi CO₂, N₂O, dan CH₄ dapat dikurangi. Beberapa area parkir simulasi beserta daya tampungnya ditunjukkan pada Tabel 7.

Pada Tabel 8 ditampilkan jarak tempuh dari gerbang ke area parkir. Kendaraan bermotor (motor, kendaraan ringan, kendaraan berat) yang masuk melalui Gerbang Veteran akan keluar melewati gerbang yang sama. Pada Gerbang Ambarawa hanya dapat dilalui oleh motor untuk masuk dan keluar. Gerbang Terusan Surabaya hanya dapat dilalui motor dan kendaraan ringan sebagai jalur masuk, sedangkan saat keluar diarahkan ke Gerbang Semarang. Jalur Gerbang Terusan Surabaya ke Gerbang Semarang dipilih karena lebar Gerbang Terusan Surabaya hanya cukup sebagai jalur masuk motor dan kendaraan ringan saja.

Pembatasan akses kendaraan agar berada di sekitar area parkir terpusat menggunakan penghalang jalan. Dari area parkir terpusat, pengguna kendaraan akan menggunakan sepeda atau berjalan kaki untuk berpindah dalam lingkungan Universitas Negeri Malang. Denah rencana parkir terpusat ditunjukkan pada Gambar 9.

Perhitungan emisi CO₂, N₂O, dan CH₄ simulasi menggunakan langkah yang sama seperti pada proses perhitungan emisi eksisting. Pada simulasi, akan membandingkan jumlah emisi yang dikeluarkan kendaraan pada hari Rabu. Pemilihan hari Rabu karena jumlah emisi yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan emisi pada hari Sabtu. Nilai emisi saat simulasi parkir terpusat ditunjukkan pada Tabel 9.

Setelah didapatkan nilai emisi CO₂, N₂O, dan CH₄ pada hari Rabu, selanjutnya akan ditampilkan perbandingan jumlah masing-masing emisi pada kondisi eksisting dan simulasi. Pada Gambar 10 ditampilkan penurunan emisi CO₂, yang awalnya 113,31 Kg menjadi 74,55 Kg. Pada Gambar 11 ditampilkan penurunan emisi N₂O, yang awalnya 0,00099 Kg menjadi 0,00065 Kg. Serta Gambar 12 yang menunjukkan penurunan emisi CH₄, yang awalnya 0,00821 Kg menjadi 0,0054 Kg. bila penurunan emisi yang terjadi dibuat dalam prosentase, maka rata-rata terjadi penurunan jumlah emisi sebesar 37,12% setelah dilakukan penerapan parkir terpusat (Gambar 14).

Tabel 7. Lokasi Parkir Terpusat Simulasi

Area Parkir	Daya tumpang		
	Motor (MC)	Kendaraan Ringan (LV)	Kendaraan Berat (HV)
P1	537	-	-
P2	426	-	-
P3	725	-	-
P10	1087	-	-
P19	-	79	-
P20	619	-	-
P21	627	-	-
P23	370	-	-
R2	-	153	4
Q6	-	14	-

Sumber : hasil analisis, 2016

Tabel 8. Jarak Tempuh Simulasi

Area Parkir	Gerbang		
	Veteran	Terusan Surabaya	Ambarawa
P1	0,04	-	-
P2	0,16	-	-
P3	0,19	-	-
P10	-	-	0,03
P20	-	0,15	-
P21	-	0,24	-
P23	-	0,01	-

Jarak tempuh Kendaraan Ringan (Km)

Area Parkir	Gerbang Masuk	
	Veteran	Terusan Surabaya
P19	-	0,40
R2	0,23	-
Q6	-	0,22

Jarak tempuh Kendaraan Berat (Km)

Area Parkir	Gerbang Masuk
	Veteran
R2	0,23

Sumber : hasil analisis, 2016

Tabel 9. Nilai Emisi Simulasi

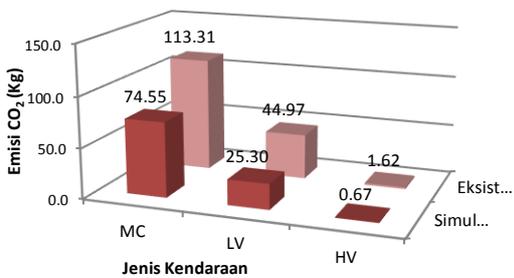
Jenis Kendaraan		Emisi Simulasi Rabu (Kg)		
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Motor	MC	149,10	0,0108	0,00130
Kendaraan Ringan	LV	50,60	0,0037	0,00044
Kendaraan Berat	HV	1,35	0,0001	0,00001
		201,04	0,0146	0,00175

Sumber : hasil analisis, 2016



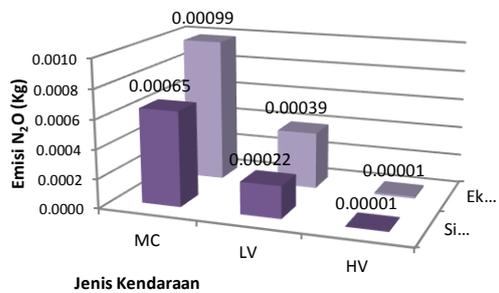
Gambar 9. Peta parkir terpusat simulasi

Sumber : hasil analisis, 2016



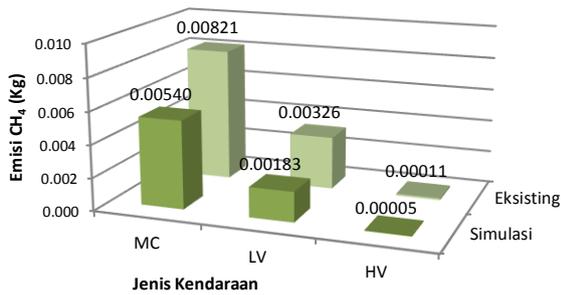
Gambar 10. Emisi CO₂ simulasi

Sumber : hasil analisis, 2016



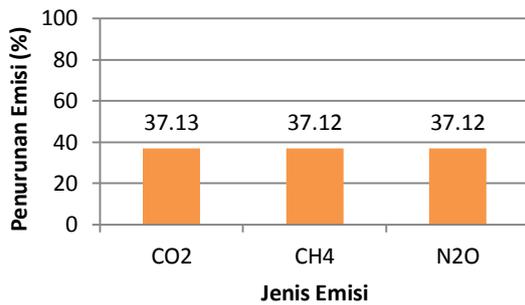
Gambar 11. Emisi N₂O simulasi

Sumber : hasil analisis, 2016



Gambar 12. Emisi CH₄ simulasi

Sumber : hasil analisis, 2016



Gambar 13. Penurunan jumlah emisi

Sumber : hasil analisis, 2016

KESIMPULAN DAN SARAN

Jumlah emisi dari kendaraan bermotor yang dihasilkan pada hari Rabu lebih banyak dibandingkan pada hari Sabtu. Untuk hari Rabu emisi CO₂ 159,90 Kg, emisi CH₄ 0,0116 Kg, dan emisi N₂O 0,0014 Kg. Untuk hari Sabtu emisi CO₂ 93,71 Kg, emisi CH₄ 0,0068 Kg, dan emisi N₂O 0,0008 Kg. Dapat diketahui pula jika motor (MC) merupakan penghasil emisi CO₂, N₂O, dan CH₄ terbesar di Universitas Negeri Malang.

Hasil simulasi penerapan parkir terpusat untuk mengurangi emisi CO₂, N₂O, dan CH₄ di Universitas Negeri Malang menunjukkan penurunan nilai emisi pada hari Rabu untuk CO₂ sebesar 37,13%, N₂O sebesar 37,12%, dan CH₄ sebesar 37,12%.

Adapun beberapa hal yang menjadi batasan penelitian ini seperti fokus penelitian yaitu pada emisi gas rumah kaca dari kendaraan bermotor, sehingga hasil yang didapat merupakan kondisi sektor transportasi dari lokasi penelitian. Karena itu pada penelitian berikutnya dapat dilakukan penelitian lain sebagai referensi tambahan untuk penetapan peraturan di Universitas Negeri Malang. beberapa hal yang dapat dibahas seperti perhitungan jumlah emisi yang dihasilkan oleh bangunan dan tingkat serapan emisi oleh tanaman dalam wilayah Universitas Negeri Malang, sehingga

dapat diketahui jumlah emisi dari seluruh aspek per luas area kampus.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih atas bantuan, bimbingan, dan kerjasamanya kami sampaikan kepada Ibu Christia Meidiana dan Ibu Imma Widyawati Agustin, Kasubbag Rumah Tangga dan anggota Posko Universitas Negeri Malang, Kepala P3LH MBA Universitas Negeri Malang, Grup CMinor, Laboratorium Transportasi Jurusan Sipil Universitas Brawijaya Malang, serta teman-teman yang ikut membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adedeji, O., Reuben, O., & Olatoye, O. 2014. *Global Climate Change. Journal of Geoscience and Environment Protection*. 2: 114-122.
- Al-Mosaind, M. 2014. *Traffic Conditions In Emerging University Campuses: King Saud University, Riyadh, Sadi Arabia. Journal of Sustainable Development*. 7 (6): 204-213.
- Aly, Sumarni Hamid, & Muhammad Isran Ramli. 2013. *Running Vehicle Emission Factors Of Passenger Cars In Makassar, Indonesia. Proceeding of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. Volume 9*. 2013.
- Altintasi, O., & Tuydes-Yaman, H. 2016. *Best Option For Reducing On-Campus Private Car-Based CO₂ Emissions: Reducing VKT Or Congestion?. Journal of METU JFA 2016*. 33 (1): 87-105.
- Asadi-Shekari, Z., Moeinaddini, M., & Shah, M. Z. 2013. *A Pedestrian Level Of Service Method For Evaluating And Promoting Walking Facilities On Campus Streets. Journal of Elsevier Land Use Policy*. 38: 175-193.
- . 2014. *Kota Malang Dalam Angka 2014*. Malang: Badan Pusat Statistik Kota Malang.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta: Direktorat jenderal Bina Marga.
- Erni, Sukma. 2013. *Green Life, Green Campus (Kajian Pemahaman Kehidupan Hijau di Lingkungan Akademisi Universitas Islam Negeri SultanSyarif Kasim Riau)*. Jurnal Kutubkhanah. 16 (2): 104-114.
- Hamdan, M. E., Man, N., Yassin, S. M., D'Silva, J. L., & Shaffril, H. A. M. 2013. *Farmer's Adaptive Capacity Towards The Impacts Of Global Warming: A Review. Journal of Asian Social Science*. 9 (13): 177-184.

- Hapsari, I. D., Sumarjiyanto, N., & Purwanti, E. Y. 2014. Perencanaan Dan Penganggaran *Green Campus* Universitas Diponegoro. *Jurnal Teknik*. 35(2): 86-93.
- Hofstrand, Don. 2008. *Liquid Fuel Measurements and Conversions File C6-87*. Iowa: Iowa State University.
- Hooi, K. K., Hassan, F., & Mat, M. C. 2012. An Exploratory Study Of Readiness And Development Of Green University Framework In Malaysia. *Journal of Elsevier Procedia Social and Behavioral Sciences*. 50: 525-536.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Volume 2 Energy*. Japan: Institute for Global Environment Strategies (IGES).
- Jalalkamali, N, & Ghraei, F. M. N. G. 2012. *The Cycling Potentials Of Malaysian Students In UiTM Campus*. *Journal of Elsevier Procedia Social and Behavioral Sciences*. 50: 941-949.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2012. *Kajian Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Transportasi*. Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Maulidan, Raden Roby. 2014. *Kesiapan Warga Kampus UPI menuju ECO-Campus*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Mohammed, A. A., & Shakir, A. A. 2013. *Factors That Affect Transport Mode Preference For Graduate Students In The National University Of Malaysia By Logit Method*. *Journal of Engineering Science and Technology*. 8 (3): 351-363.
- Phramesti, R., & Yuliasuti, N. 2013. *Kajian Keberlanjutan Universitas Negeri Semarang (UNNES) sebagai Kampus Konservasi*. *Jurnal Teknik PWK*. 2 (1): 183-190.
- Porter, C. D., Brown, A., Deflorio, J., McKenzie, E., Tao, W., Vimmerstedt, L. 2013. *Effects of Travel Reduction and Efficient Driving on Transportation: Energy Use and Greenhouse Gas Emissions*. Transportation Energy Futures Series. Department of Energy: Washington.
- Puspadi, N. A., Wimala, M., & Sururi, M. R. 2016. *Perbandingan Kendala dan Tantangan Penerapan Konsep Green Campus di Iteas dan Unpar*. *Jurnal Reka Racana*. 2 (2): 1-13.
- Ring, Michael J., Lindner, D., Cross, E. F., & Schlesinger, M. E. 2012. *Causes Of The Global Warming Observed Since The 19th Century*. *Journal of Atmospheric And Climate Sciences*. 2: 401-415.
- Seo, Y., & Kim, S. M. 2013. *Estimation Of Greenhouse Gas Emissions From Road Traffic: A Case Study In Korea*. *Journal of Elsevier Renewable And Sustainable Energy Reviews*. 28: 777-787.
- Shahid, S., Minhans, A., & Puan, O. C. 2014. *Assesment of Greenhouse Gas Emission Reduction Measures In Transportation Sector Of Malaysia*. *Jurnal Teknologi*. 70 (4): 1-8.
- Shakir, A. A., & Mohammed, A. A. 2013. *Curb Parking In Campus And Stimulating Students To Use Public Bus Within Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) Campus*. *International Journal of Advances in Applied Sciences (IJAAS)*. 2 (3): 105-112.
- Strompen, F., Litman, T., & Bongardt, D. 2012. *Reducing Carbon Emissions through Transport Demand Management Strategies: A review of international examples*. GIZ China.
- Tamin, O. Z. 2007. *Perencanaan dan Permodelan Transportasi*. Edisi Kedua. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Tan, H., Chen, S., Shi, Q., & Wang, L. 2014. *Development Of Green Campus in China*. *Journal of Cleaner Production*. 64: 646-653.
- Trianisari, M. S., Ekasari, A. M., & Kusuma, H. E. 2014. *Preferensi Mahasiswa Terhadap Penggunaan Moda Transportasi Ke Kampus*. *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI 2014*: F13-F14.
- Venkataramanan, M., & Smitha. 2011. *Causes And Effects Of Global Warming*. *Indian Journal Of Science And Technology*. Volume 4 Issue 3: 226-229.
- Xue, X., Ren, Y., Cui, S., Lin, J., Huang, W., & Zhou, J. 2015. *Integrated Analysis Of GHGs And Public Health Damage Mitigation For Developing Urban Road Transportation Strategies*. *Journal of Elsevier Transportation Research. Part D* 35: 84-103.