

STUDI TINGKAT PENCEMARAN UDARA DI KOTA MAKASSAR

Achmad Zubair¹, Lawalenna Samang², Mary Selintung³, Hanafi Usman⁴

^{1,2,3,4}Program Studi S3 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Jl. Perintis Kemerdekaan, Km. 10 Tamalanrea, 92145 Telp 0411-587636

Email¹: achmadzubairlingkungan@gmail.com; Email²: samang_1@yahoo.com;

Email³: mary.selintung@yahoo.com; Email⁴: hanafiusman@gmail.com

Abstrak

Peningkatan populasi kendaraan secara cepat dan tingkat aktivitas rumah tangga dan industri serta berbagai aktivitas masyarakat di Kota Makassar telah menimbulkan peningkatan pencemaran udara di Kota Makassar. Dalam rangka mencari solusi pemecahan masalah pencemaran udara di Kota Makassar, maka terlebih dahulu perlu diketahui gambaran tentang kondisi tingkat polusi udara yang ada. Untuk itu, studi ini bertujuan mengevaluasi tingkat pencemaran udara yang sedang terjadi di Kota Makassar. Penelitian ini melakukan pengukuran tingkat polusi udara pada tiga lokasi yang mewakili aktivitas permukiman, terminal, dan pasar. Ketiga titik lokasi yang dijadikan sampel pengujian kualitas udara tersebut adalah di Pasar Sentral Makassar, Pelabuhan Soekarno-Hatta, dan Terminal Regional Daya di Kota Makassar. Pengukuran pencemaran udara menggunakan peralatan mobile laboratory yang ditempatkan pada sisi jalan selama periode waktu tertentu. Survei ini mengukur kualitas Carbon Monoksida (CO), Nitrogen (NO₂), dan Sulfur Diosida (SO₂). Hasil pengukuran ketiga jenis polutan tersebut menunjukkan bahwa untuk Pelabuhan Makassar, kualitas Carbon Monoksida (CO) menempati angka 160,33 ppm, sedangkan Nitrogen (NO₂) angka 118,05 ppm, dan Sulfur Diosida (SO₂) berada pada angka 30,75 ppm. Untuk Terminal Regional Daya, angka CO berada pada 103,03 ppm, NO₂ 38,85 ppm, dan SO₂ 20,14 ppm. Evaluasi terhadap nilai-nilai tingkat pencemaran ini mengindikasikan bahwa kondisi pencemaran udara pada lokasi survei masuk pada kategori tercemar sesuai Indeks Status Mutu (ISM), dan masuk pada kategori sedang berbahaya bila mengacu pada Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU). Buruknya kondisi tingkat pencemaran ini dapat disebabkan oleh karena lokasi pengambilan sampel berada pada lokasi yang sangat tinggi tingkat polusinya, misalnya di lokasi Pasar Sentral, Terminal Daya dan Pelabuhan Makassar yang padat akan aktivitas niaga dan kendaraan sehingga memiliki polusi tinggi. Untuk itu, diperlukan penelitian lebih lanjut secara komprehensif terhadap berbagai aspek mengenai kondisi tingkat pencemaran udara di Kota Makassar.

Kata kunci: Pencemaran udara; Carbon Monoksida (CO); Nitrogen (NO₂); Sulfur Diosida (SO₂)

Pendahuluan

Peningkatan populasi kendaraan secara cepat dan tingkat aktivitas rumah tangga dan industri serta berbagai aktivitas masyarakat di Kota Makassar telah menimbulkan peningkatan pencemaran udara di Kota Makassar. Udara merupakan faktor yang penting dalam kehidupan, namun dengan meningkatnya pembangunan fisik kota dan pusat-pusat industri, kualitas udara telah mengalami perubahan. Udara yang dulunya segar kini kering dan kotor. Hal ini bila tidak segera ditanggulangi, perubahan tersebut dapat membahayakan kesehatan manusia, kehidupan hewan serta tumbuhan. Pertumbuhan pembangunan seperti industri, transportasi, dan lain-lain di samping memberikan dampak positif namun di sisi lain akan memberikan dampak negatif dimana salah satunya berupa pencemaran udara dan kebisingan baik yang terjadi didalam ruangan (*indoor*) maupun di luar ruangan (*outdoor*) yang dapat membahayakan kesehatan manusia dan terjadinya penularan penyakit.

Peningkatan populasi kendaraan bermotor yang semakin cepat dewasa ini di Kota Makassar semakin meningkatkan emisi kendaraan di jalan-jalan. Jumlah populasi sepeda motor yang beroperasi di Kota Makassar berdasarkan data dari Ditlantas Polda Sulawesi Selatan tahun 2011 adalah sebesar 791.198 8 (82,32%), meningkat secara signifikan dari jumlah 360.122 unit (75,80%) pada tahun 2008 (Sulsel dalam Angka, 2012).

Berkaitan dengan besaran emisi, secara menyeluruh kendaraan bermotor mengeluarkan emisi berupa fosil Karbon Monoksida (CO) dari bahan bakar sebesar 14%, Karbon Monoksida (CO) dan Hidro Karbo (HC) sebesar 50% hingga 60%, dan Nitrat Oksida (NO) sebesar 30% (Hwang et al., 2007). Upaya dan proses dalam mengurangi besaran emisi tersebut merupakan salah satu topik diskusi dalam pemecahan masalah-masalah pemanasan global dan perubahan iklim. Salah satu upaya yang telah dan sedang dilakukan untuk mengontrol dan mengurangi besaran

emisi dari sektor transportasi adalah dilakukannya upaya-upaya pengendalian dan monitoring lalu lintas di jalan. Salah satu kegiatan yang dilakukan oleh pemerintah diberbagai kota di negara berkembang termasuk di Indonesia adalah adanya program Inspeksi dan Monitoring (I/M) untuk mengendalikan polusi udara dari sumber kendaraan bermotor (Simamora, 2006). Meskipun masih terdapat diskusi tentang keefektifan program ini dalam mengurangi emisi kendaraan (Bin, 2003; dan Beydoundkk., 2006). Program I/M ini telah dan sedang dilakukan di berbagai kota-kota besar di Pulau Jawa di Indonesia seperti Jakarta, Bogor, Depok, Tangerang, and Bekasi (Sudarmanto dkk., 2007), Bandung, and Surabaya (Sudarmanto dkk., 2010). Untuk kegiatan I/M di luar Pulau Jawa, juga telah dan secara berkala atau periodik dilakukan oleh Pemerintah Kota Makassar melalui Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (Aly dkk., 2011; Arafah dkk., 2013a; 2013b).

Dalam rangka mencari solusi pemecahan masalah pencemaran udara di Kota Makassar, maka terlebih dahulu perlu diketahui gambaran tentang kondisi tingkat polusi udara yang ada. Untuk itu, studi ini bertujuan mengevaluasi tingkat pencemaran udara yang sedang terjadi di Kota Makassar.

Metode Penelitian

a. Lokasi pengukuran kualitas udara

Penelitian ini melakukan pengukuran tingkat polusi udara pada tiga lokasi yang mewakili aktivitas permukiman, terminal, dan pasar. Ketiga titik lokasi yang dijadikan sampel pengujian kualitas udara tersebut adalah di Pasar Sentral Makassar, Pelabuhan Soekarno-Hatta, dan Terminal Regional Daya di Kota Makassar.

b. Metode pengukuran pencemaran udara

Pengukuran pencemaran udara menggunakan peralatan mobile laboratory, Aeroqual AQM60 Ambient Air Monitoring, yang ditempatkan pada sisi jalan selama periode waktu tertentu. Survei ini mengukur kualitas Carbon Monoksida (CO), Nitrogen (NO₂), dan Sulfur Diosida (SO₂), serta TSP. Visualisasi jenis peralatan pengukur kualitas udara yang digunakan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Jenis peralatan yang digunakan

Spesifikasi alat AQM60 Ambient Air Monitoring adalah dirancang untuk mengukur lebar berbagai parameter kualitas udara dalam hemat biaya paket, dengan kemampuan ukur Termasuk Ozone (O₃), Nitrogen Dioxide (NO₂), Nitrogen Oxides (NO_x), Carbon Monoxide (CO), Carbon Dioxide (CO₂), Sulphur Dioxide (SO₂), Hydrogen Sulphide (H₂S), Volatile Organic Compounds (VOC), Non-methane Hydrocarbons (NMHC), and Particulate Matter by mass (PM₁₀ and PM_{2.5}) or size distribution (0.3 to 10 µm 8-channels).

Adapun metode pengujian yang digunakan oleh peralatan tersebut adalah mengacu kepada SNI sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode pengujian kualitas udara

| Jenis Parameter | Unit | Metode Pengujian | Baku Mutu |
|--------------------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|
| Sulfur Dioksida (SO ₂) | µg/m ³ | SNI 19-7119.7-2005 | 900 µg/Nm ³ |
| Carbon Monoksida (CO) | µg/m ³ | SNI 19-4845-1998 | 30.000 µg/Nm ³ |
| Nitrogen Dioksida (NO ₂) | µg/m ³ | SNI 19-7119.2-2005 | 400 µg/Nm ³ |
| TSP | µg/m ³ | SNI 19-7119.4-2005 | 230 µg/Nm ³ |

b. Metode Analisis dan Evaluasi Kualitas Udara

a) Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU)

Kualitas udara pada umumnya disampaikan dalam bentuk indeks standar pencemar udara atau disingkat ISPU. ISPU adalah laporan kualitas udara kepada masyarakat untuk menerangkan seberapa bersih atau tercemarnya kualitas udara kita dan bagaimana dampaknya terhadap kesehatan kita setelah menghirup udara tersebut selama beberapa jam atau hari. Penetapan ISPU ini mempertimbangkan tingkat mutu udara terhadap kesehatan manusia, hewan, tumbuhan, bangunan, dan nilai estetika. Berdasarkan Keputusan Badan Pengendalian Dampak Lingkungan (Bapedal) Nomor KEP-107/Kabapedal/11/1997, penyampaian ISPU kepada masyarakat dapat dilakukan melalui media massa dan elektronika serta papan peraga di tempat-tempat umum.

ISPU ditetapkan berdasarkan 5 pencemar utama, yaitu: CO, SO₂, NO₂, Ozon permukaan (O₃), dan partikel debu (PM₁₀). Namun dalam studi ini hanya dianalisis berdasarkan 4 parameter saja. Parameter Ozon tidak dievaluasi karena keterbatasan jenis peralatan untuk mengukurnya. Kelima parameter tersebut dijelaskan sebagai berikut:

- a. PM merupakan kependekan dari particulate matter atau partikulat. Partikulat merupakan zat pencemar padat maupun cair yang terdispersi di udara. Partikulat ini dapat berupa debu, abu, jelaga, asap, uap, kabut, atau aerosol. Jenis-jenis partikulat dibedakan berdasarkan ukurannya. Partikel yang sangat kecil dapat bergabung satu sama lain membentuk partikel yang lebih besar. Partikulat dalam emisi gas buang dapat terdiri atas bermacam-macam komponen. Beberapa unsur kandungan partikulat adalah karbon (dari pembakaran tidak sempurna) dan logam timbel (dari pembakaran bensin bertimbel). Sebagian partikulat keluar dari cerobong pabrik sebagai asap hitam tebal. Tetapi, yang paling berbahaya adalah butiran-butiran halus sehingga dapat menembus bagian terdalam paru-paru. Jika ini yang terjadi, organ pernapasan akan terganggu. Standar baku mutu yang diperbolehkan adalah 150 ug/Nm³.
- b. SO₂ merupakan rumus kimia untuk gas sulfur dioksida. Gas ini berasal dari hasil pembakaran bahan bakar yang mengandung sulfur. Selain dari bahan bakar, sulfur juga terkandung dalam pelumas. Gas sulfur dioksida sukar dideteksi karena merupakan gas tidak berwarna. Sulfur dioksida dapat menyebabkan gangguan pernapasan, pencernaan, sakit kepala, sakit dada, dan saraf. Pada kadar di bawah batas ambang, dapat menyebabkan kematian. Korban sulfur dioksida bukan hanya manusia, tetapi juga bangunan dan tumbuhan. Keberadaan gas ini di udara dapat menimbulkan hujan asam yang merusakkan bahan bangunan dan menghambat pertumbuhan tanaman. Standar baku mutu yang diperbolehkan adalah 365 ug/Nm³.
- c. CO merupakan rumus kimia untuk gas karbon monoksida. Gas ini dihasilkan dari pembakaran bahan bakar yang tidak sempurna. Pembakaran tidak sempurna, salah satu sebabnya adalah kurangnya jumlah oksigen. Bisa karena saringan udara yang tersumbat, bisa juga karena karburator kotor dan setelahnya tidak tepat. Asap kendaraan merupakan sumber utama bagi karbon monoksida di berbagai perkotaan. Data mengungkapkan bahwa 60 persen pencemaran udara di kota-kota besar disumbang oleh transportasi umum. Karbon monoksida bersifat racun, mengakibatkan turunnya berat janin, meningkatkan jumlah kematian bayi, serta menimbulkan kerusakan otak. Standar baku mutu yang diperbolehkan adalah 10.000 ug/Nm³.
- d. O₃ merupakan lambang dari ozon. Senyawa kimia ini tersusun atas tiga atom oksigen. Ozon merupakan gas yang sangat beracun dan berbau sangat tajam. Ozon terbentuk ketika percikan listrik melintas dalam oksigen. Adanya ozon dapat dideteksi melalui bau (aroma) yang ditimbulkan oleh mesin-mesin bertenaga listrik. Secara kimiawi, ozon lebih aktif ketimbang oksigen biasa dan juga merupakan zat pengoksidasi yang lebih baik. Biasanya, ozon digunakan dalam proses pemurnian (purifikasi) air, sterilisasi udara, dan pemutihan jenis makanan tertentu. Di atmosfer, terjadinya ozon berasal dari nitrogen oksida dan gas organik yang dihasilkan oleh emisi kendaraan maupun industri. Di samping dapat menimbulkan kerusakan serius pada tanaman, ozon berbahaya bagi kesehatan, terutama penyakit pernapasan seperti bronkitis maupun asma. Standar baku mutu yang diperbolehkan adalah 235 ug/Nm³ pada pengukuran selama 1 jam.
- e. NO₂ singkatan dari nitrogen dioksida. Zat nitrogen dioksida sangat beracun sehingga dapat menyebabkan iritasi pada mata, hidung, dan saluran pernapasan serta menimbulkan kerusakan paru-paru. Gas ini terbentuk dari hasil pembakaran tidak sempurna. Setelah bereaksi di atmosfer, zat ini membentuk partikel-partikel nitrat sangat halus sehingga dapat menembus bagian terdalam paru-paru. Partikel-partikel nitrat ini pula, jika bergabung dengan air baik air di paru-paru atau uap air di awan akan membentuk asam. Asam ini dapat merusakkan tembok bangunan dan menghambat pertumbuhan tanaman. Jika bereaksi dengan sisa hidrokarbon yang tidak terbakar, akan membentuk smog atau kabut berwarna cokelat kemerahan. Standar baku mutu yang diperbolehkan adalah 150 ug/Nm³.

Agar lebih mudah dipahami ISPU dapat dibayangkan seperti penggaris angka 1 hingga 1000. Semakin tinggi nilai ISPU maka semakin tinggi tingkat pencemaran dan semakin berbahaya dampaknya terhadap kesehatan. Sebagai contoh, ISPU 30 menunjukkan kualitas udara baik dan tidak ada dampak yang berbahaya terhadap kesehatan. Ketika kondisi ISPU di bawah 100 dipandang tidak berbahaya terhadap masyarakat secara umum. Namun ketika ISPU beranjak melebihi 100 maka pertama-tama kelompok masyarakat yang sensitif seperti penderita asma dan anak-anak serta orang dewasa yang aktif di luar ruangan, akan paling awal merasakan dampak

kualitas udara yang tidak sehat. Sejalan dengan meningkatnya ISPU maka akan semakin banyak yang merasakan dampak, hingga akhirnya seluruh masyarakat akan menderita karena dampak kesehatan yang terjadi.

Kategori dan rentang Indeks Standar Pencemar Udara dengan ketentuan waktu dapat dikategorikan sebagaiberikut :

1. kategori baik rentang 0 sampai 50 dengan warna **hijau**;
2. kategori sedang rentang 51 sampai 100 dengan warna **biru**;
3. kategori tidak sehat rentang 101 sampai 199 dengan warna **kuning**;
4. kategori sangat tidak sehat rentang 200 sampai 299 dengan warna **merah**;
5. kategori berbahaya rentang 300 sampai 500 dengan warna **hitam**;

Secara lebih spesifik, kategori dan rentang Indeks Standar Pencemar Udara disajikan dan diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2 Kategori dan rentang ISPU

| Kategori | Rentang | Warna | Penjelasan |
|--------------------|-----------|--|---|
| Baik | 0 – 50 |  | Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan ataupun nilai estetika. |
| Sedang | 51 – 100 |  | Tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia ataupun hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitive dan nilai estetika. |
| Tidak Sehat | 101 – 199 |  | Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitive atau bias menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika. |
| Sangat Tidak Sehat | 200 – 299 |  | Kuning Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar. |
| Berbahaya | 300 – 500 |  | Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi. |

b) Indeks Standar Mutu Udara (ISMU)

Indeks Standar Mutu Udara (ISMU) adalah indikator yang menunjukkan nilai mutu udara. Prosedur penentuan nilai ISMU sebagaimana diberikan dalam PP RI No. 41 tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Secara matematis, nilai ISMU dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$\text{Nilai ISM} = \frac{(3 \times \text{Skr CO}) + (2 \times \text{Skr PM}) + (2 \times \text{Skr NO}_2) + (2 \times \text{Skr SO}_2)}{9} \quad (1)$$

Hasil dan Pembahasan

a. Hasil pengukuran kualitas udara

Hasil pengukuran kualitas udara pada ketiga lokasi pengukuran untuk keempat jenis parameter kualitas udara disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran kualitas udara

| Lokasi | Parameter | | | |
|--|--|---------------------------------------|---|---|
| | CO (BM=30.000ug/N m ³) | TSP (BM = 230 ug/Nm ³) | NO ₂ (BM = 400 ug/Nm ³) | SO ₂ (BM=900 ug/Nm ³) |
| Pasar Sentral Makassar | 160,33 | 190,22 | 118,05 | 30,75 |
| Pelabuhan Sukarno Hatta Makassar | 11,45 | 92,63 | 38,35 | 64,19 |
| Terminal Daya | 103,07 | 156,31 | 38,85 | 20,14 |

BM berdasarkan PP RI no 41 Thn 1999 ttg Pengendalian Pencemaran Udara

b. Hasil Analisis dan Evaluasi Kualitas Udara

Hasil-hasil analisis dan evaluasi kualitas udara dengan menggunakan indikator ISPU dan ISM disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5 secara berurutan.

Tabel 4. Nilai ISPU pada lokasi studi

| Lokasi | Parameter | | | | Nilai ISPU Tertinggi | Status ISPU |
|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--|--|----------------------|-------------|
| | CO (BM=30.000ug/Nm ³) | TSP (BM = 230 ug/Nm ³) | NO ₂ (BM = 400 ug/Nm ³) | SO ₂ (BM=900 ug/Nm ³) | | |
| Pasar Sentral Makassar | 500 | 220,11 | 0 | 0 | 500 | Berbahaya |
| Pelabuhan Sukarno Hatta Makassar | 120,71 | 71,31 | 0 | 0 | 120,71 | Sedang |
| Terminal Daya | 500 | 203,15 | 0 | 0 | 500 | Berbahaya |

Tabel 4 memperlihatkan bahwa nilai ISPU pada lokasi Pasar Sentral adalah 500, sebagaimana pada lokasi Terminal Daya. Sedangkan pada lokasi Pelabuhan Soekarno Hatta Makassar, nilai ISPU hanya sebesar 120,71. Dengan nilai-nilai tersebut, status ISPU pada lokasi Pasar Sentral dan Terminal sudah dikategorikan sebagai kondisi udara yang berbahaya, sedangkan pada lokasi Pelabuhan Sukarno Hatta masih dikategorikan sebagai kondisi sedang.

Tabel 5 Nilai ISM pada lokasi studi

| Lokasi | Skor setiap parameter | | | | Nilai ISM | Status ISM |
|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|--|--|-----------|--------------|
| | CO (BM=30.000ug/Nm ³) | TSP (BM = 230 ug/Nm ³) | NO ₂ (BM = 400 ug/Nm ³) | SO ₂ (BM=900 ug/Nm ³) | | |
| Pasar Sentral Makassar | 0,01 | 0,83 | 0,30 | 0,03 | 0,13 | Tercemar |
| Pelabuhan Sukarno Hatta Makassar | 0,00 | 0,40 | 0,10 | 0,07 | 0,06 | Tdk Tercemar |
| Terminal Daya | 0,00 | 0,68 | 0,10 | 0,02 | 0,09 | Tdk Tercemar |

Tabel 5 memperlihatkan bahwa nilai ISM pada lokasi Pasar Sentral adalah 0,13, pada lokasi Terminal Daya sebesar 0,09, dan pada lokasi Pelabuhan Soekarno Hatta Makassar sebesar 0,06. Dengan nilai-nilai tersebut, status ISM pada lokasi Pasar Sentral dikategorikan sebagai udara yang tercemar, sedangkan pada 2 lokasi lainnya tidak tercemar.

Kesimpulan

Tingkat kualitas udara pada 3 lokasi utama di Kota Makassar, yaitu pada Pasar Sentral, Pelabuhan Sukarno Hatta, dan Terminal Daya, telah diukur dan dievaluasi dengan menggunakan indikator ISM dan ISPU. Hasil pengukuran ketiga jenis polutan tersebut menunjukkan bahwa untuk Pelabuhan Makassar, kualitas Carbon Monoksida (CO) menempati angka 160,33 ppm, sedangkan Nitrogen (NO₂) angka 118,05 ppm, dan Sulfur Dioksida (SO₂) berada pada angka 30,75 ppm. Untuk Terminal Regional Daya, angka CO berada pada 103,03 ppm, NO₂ 38,85 ppm, dan SO₂ 20,14 ppm.

Evaluasi terhadap nilai-nilai tingkat pencemaran ini mengindikasikan bahwa kondisi pencemaran udara pada lokasi survei masuk pada kategori tercemar sesuai Indeks Status Mutu (ISM), dan masuk pada kategori sedang berbahaya bila mengacu pada Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU). Buruknya kondisi tingkat pencemaran ini dapat disebabkan oleh karena lokasi pengambilan sampel berada pada lokasi yang sangat tinggi tingkat polusinya, misalnya di lokasi Pasar Sentral, Terminal Daya dan Pelabuhan Makassar yang padat akan aktivitas niaga dan kendaraan sehingga memiliki polusi tinggi. Untuk itu, diperlukan penelitian lebih lanjut secara komprehensif terhadap berbagai aspek mengenai kondisi tingkat pencemaran udara di Kota Makassar.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah (BPLHD) Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan yang telah bekerjasama dalam memfasilitasi dan mengizinkan penggunaan data hasil kegiatan Monitoring Kualitas Udara di Kota Makassar. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Eng. Muhammad Isran Ramli yang telah membantu dalam penyusunan makalah ini.

Daftar Pustaka

- Aly, S.H., Selintung, M., Ramli, M.I., Sumi, T., (2011), Study on emission measurement of vehicle on road based on binomial logit model, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 9, pp. 784 – 795.
- Arafah, M., Ramli, M., I., Aly, S. H., dan Selintung, M., (2013a), “Studi karakteristik sepeda motor di Kota Makassar” *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil ITS, Pebruari 2013*.
- Arafah, M., Ramli, M., I., Aly, S. H., dan Selintung, M., (2013b), “Analisis level emisi karbon monoksida dan hidrokarbon sepeda motor di Kota Makassar” *Journal Rekayasa Transportasi*, Vol. 02(01) pp.129-136.
- Beydoun, M., and Jean, M.G., (2006), “Vehicle characteristic and emissions: logit and regression analysis of I/M data from Massachusetts, Maryland and Illinois” *Transportation Research, Part D*, Vol. 11 pp.59-76.
- Bin, O. (2003), A logit analysis of vehicle emissions using inspection and maintenance testing data. *Transportation Research, Part B*, 8, 215-227.
- Hwang, K. P., Tseng, P., (2007) CO2 emission: status, reduction policy and management strategy of Taiwan’s transportation sector. *Proceeding of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 6.
- Pemerintah Republik Indonesia, (1999), Peraturan Menteri RI, No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, Jakarta, Indonesia
- Pemprov Sulsel, (2012), Sulsel Dalam Angka, Badan Pusat Statistik Provinsi Sulsel.
- Simamora, A. P., (2006), “Garages ask for speedier emission testing approval.” *The Jakarta Post-The Journal of Indonesia Today, City News*. <http://www.thejakartapost.com> May 01 2006.
- Sudarmanto, B.N., Fujiwara, A., Zhang, J., Senbil, M., (2007), Bivariate probit model of on-road emission measurement of passenger cars in Jakarta City, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 7, pp. 1377 – 1388.
- Sudarmanto, B.N., Fujiwara, A., and Zhang, J., (2010), Analysis of inspection and maintenance program for in-use motorcycles emission in Indonesia, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 8, pp. 1015 – 1026.