



Penanganan Emisi CO₂ Dari Berbagai Jenis Kendaraan Bermotor Di Desa Tumpa

Andreas Ch. Kaparang^{#a}, Isri R. Mangangka^{#b}, Hendra Riogilang^{#c}

[#]Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^aackaparang@gmail.com, ^bisri.mangangka@unsrat.ac.id, ^criogilanghendra@gmail.com

Abstrak

Emisi CO₂ adalah pelepasan gas karbon dioksida ke atmosfer sebagai hasil dari berbagai aktivitas manusia dan alami yang menjadi salah satu penyebab utama dari pencemaran udara dan pemanasan global. Kendaraan bermotor menjadi kontributor utama dalam menghasilkan emisi CO₂ karena adanya peningkatan jumlah kendaraan bermotor tiap tahunnya. Desa Tumpa terletak di Provinsi Sulawesi Utara, Kabupaten Minahasa Selatan, dimana terjadi pertumbuhan aktivitas kendaraan bermotor yang menghasilkan emisi CO₂ karena topografi Desa Tumpa yang dilintasi Jalan Trans Sulawesi yang menghubungkan Kota Manado dengan Kabupaten Minahasa Selatan sampai dengan Kabupaten Bolaang Mongondow sehingga jumlah kendaraan yang melintasi ruas jalan area penelitian didapat sebanyak 1206 unit kendaraan dan menghasilkan sebesar 25,29 kg emisi CO₂ setiap jamnya. Hal ini membuat emisi CO₂ pada ruas jalan di Desa Tumpa sebanding dengan ruas jalan di kota-kota besar di Indonesia seperti Surabaya dan Manado. Upaya untuk menangani emisi CO₂ di Desa Tumpa adalah dengan mengimplementasikan Ruang Terbuka Hijau tumbuhan bakau dengan memanfaatkan topografi Desa Tumpa yang berada di area pesisir pantai, juga mulai beralih pada kendaraan bebas emisi (*Zero-emissions Vehicles*) yang sudah dipraktekkan sebagian kecil pengendara yang melintasi ruas Jalan Trans Sulawesi di Desa Tumpa.

Kata kunci: penanganan emisi CO₂, emisi CO₂, kendaraan bermotor, Desa Tumpa

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Desa Tumpa terletak di Kabupaten Minahasa Selatan, Provinsi Sulawesi Utara, Indonesia. Sebagai sebuah desa yang terletak di wilayah yang berkembang pesat, Desa Tumpa juga menghadapi tantangan terkait emisi karbon dioksida (CO₂) yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor. Oleh karena itu, penelitian tentang penanganan emisi CO₂ akibat kendaraan di Desa Tumpa sangat relevan untuk mengidentifikasi dampaknya terhadap lingkungan dan mencari solusi yang sesuai.

Desa Tumpa mengalami peningkatan jumlah kendaraan bermotor dalam beberapa tahun terakhir. Kepadatan lalu lintas dan pola perjalanan yang tidak efisien menjadi faktor utama yang berkontribusi terhadap tingginya emisi CO₂ di daerah ini. Selain itu, kebiasaan menggunakan kendaraan pribadi daripada menggunakan transportasi umum juga berperan dalam peningkatan emisi CO₂ (Badan Pusat Statistik Provinsi Sulawesi Utara, 2021).

1.2. Rumusan Masalah

1. Berapa total volume dan jenis kendaraan bermotor yang melintasi Jalan Trans Sulawesi di Desa Tumpa?
2. Berapa total emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas kendaraan bermotor yang melintasi

Jalan Trans Sulawesi di Desa Tumpaan?

3. Apa strategi yang dapat digunakan untuk mengurangi potensi emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas kendaraan bermotor yang melintasi Jalan Trans Sulawesi di Desa Tumpaan?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menghitung total volume serta jenis kendaraan bermotor yang melintasi Jalan Trans Sulawesi di Desa Tumpaan.
2. Menghitung besaran emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas kendaraan bermotor yang melintasi Jalan Trans Sulawesi di Desa Tumpaan.
3. Menyediakan strategi yang dapat digunakan guna mengurangi potensi emisi CO₂ yang dihasilkan dari aktivitas kendaraan bermotor yang melintasi Jalan Trans Sulawesi di Desa Tumpaan.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini memiliki ruang lingkup yaitu area perempatan yang menuju daerah pertokoan Desa Tumpaan (Barat), menuju Kota Manado (Utara), menuju Kabupaten Minahasa (Timur), dan menuju Kota Amurang (Selatan) di Jalan Trans Sulawesi di Desa Tumpaan. Parameter emisi CO₂ yang dijadikan variabel penelitian adalah: jumlah emisi, jumlah kendaraan bermotor, jenis kendaraan bermotor, faktor emisi, dan konsumsi energi spesifik.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Tersedianya data emisi CO₂ di ruas Jalan Trans Sulawesi di Desa Tumpaan
2. Mengetahui dampak negatif dari emisi CO₂ di Jalan Trans Sulawesi di Desa Tumpaan
3. Memberi acuan pada instansi yang bahaya paparan CO₂ yang disebabkan oleh kendaraan bermotor.

2. Metode Penelitian

2.1. Teknik Pengumpulan Data

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian deskriptif kuantitatif. Peneliti mengamati dan menyampaikan keadaan aktual di lapangan dan data-data yang diperoleh diolah secara kuantitatif. Hal-hal yang diamati adalah volume kendaraan, jenis kendaraan, keadaan lokasi penelitian. Data-data diperoleh dengan pengukuran langsung di lapangan (data primer) maupun data yang diperoleh dari studi literatur (data sekunder).

2.1.1. Pengumpulan Data Primer

Untuk pengumpulan data primer dilakukan pengamatan dan menyampaikan keadaan aktual secara langsung dari lapangan dengan cara menghitung jumlah kendaraan dan jenis kendaraan yang melintas. Pengumpulan data primer akan dilaksanakan selama 3 (tiga) hari di masing-masing lokasi dengan intensitas waktu selama 1 (satu) jam per hari dengan waktu yang berbeda-beda secara berkala dengan 3 (tiga) waktu pokok yaitu pagi, siang, dan malam untuk pengumpulan data jenis dan volume kendaraan. Titik pengumpulan data primer berada di sekitar area berikut:

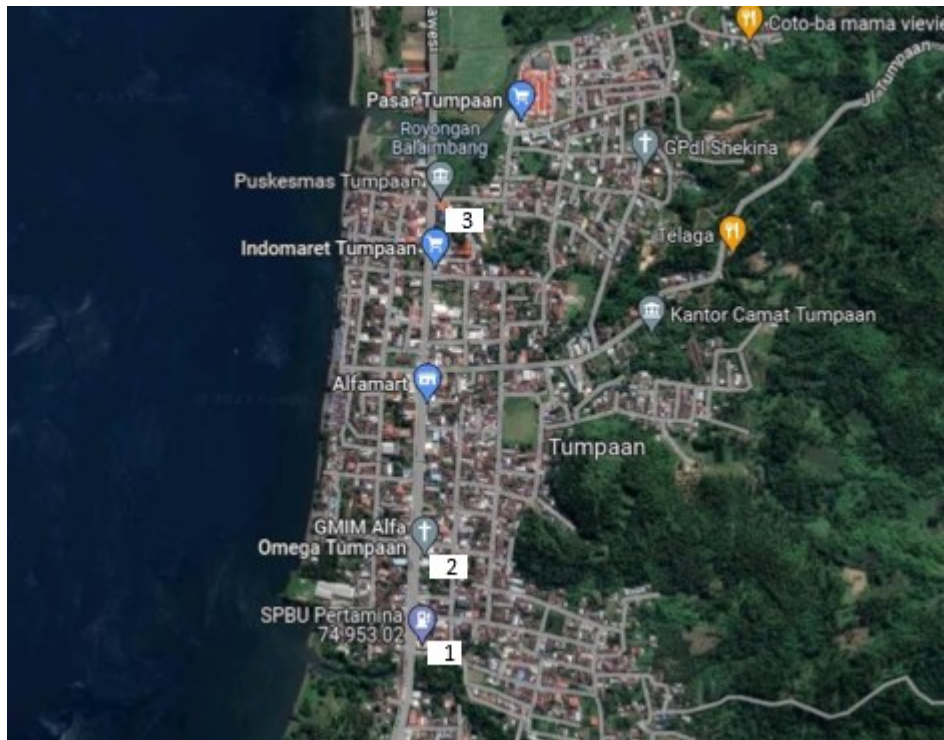
1. Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU) Pertamina Desa Tumpaan.
2. Persimpangan (Titik tengah dari area penelitian).
3. Pusat Kesehatan Masyarakat (Puskesmas) Desa Tumpaan.

2.1.2. Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder antara lain peta area Desa Tumpaan dan data jenis kendaraan yang diperoleh langsung dari area penelitian.



Gambar 1. Aplikasi *Traffic Counter*



Gambar 2. Area Pengumpulan Data Primer

2.2. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang diperoleh untuk mendapatkan hasil emisi CO₂ setelah memperhitungkan daya serap dari ruang terbuka hijau terdiri dari:

- Perhitungan beban emisi:

$$Q = N_i \times F_i \times K_i \times L$$

dimana:

Q = Jumlah emisi (kg/jam)

N_i = Jumlah kendaraan bermotor (kendaraan/jam)

F_i = Faktor emisi (kg/liter)

K_i = Konsumsi energi spesifik (liter/km)

L = Panjang jalan (km)

- Jumlah emisi total:

Total emisi yang dihasilkan = $\Sigma 1 + \Sigma 2 + \Sigma 3$

dimana:

$\Sigma 1$ = Total emisi CO₂ aktual titik 1 (kg/jam)

$\Sigma 2$ = Total emisi CO₂ aktual titik 2 (kg/jam)

$\Sigma 3$ = Total emisi CO₂ aktual titik 3 (kg/jam)

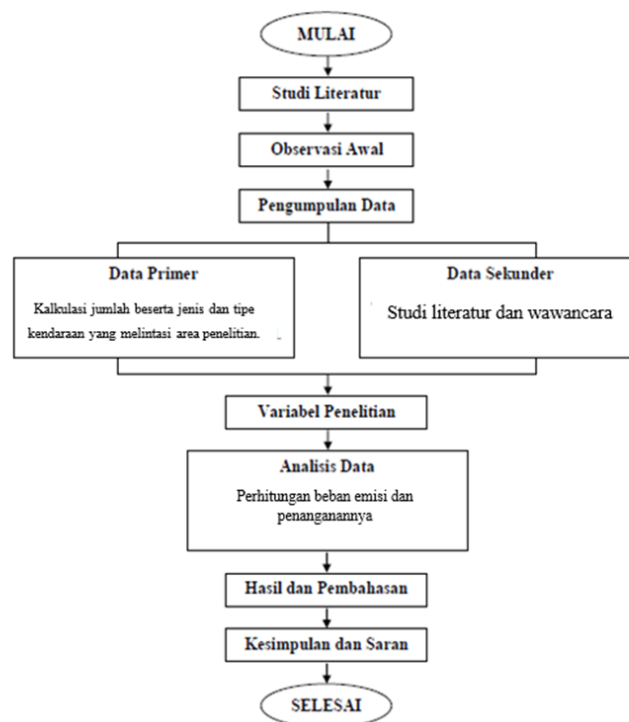
2.3. Variabel Penelitian

- Menghitung jumlah kendaraan bermotor:
 1. Jumlah kendaraan bermotor sesuai jenisnya
 2. Lama waktu pengamatan
- Menghitung jumlah emisi CO₂:
 1. Faktor emisi
 2. Jumlah kendaraan bermotor sesuai jenisnya
 3. Faktor emisi
 4. Konsumsi energi spesifik
 5. Panjang jalan

2.4. Langkah-langkah penelitian

Adapun prosedur penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur
2. Observasi awal
3. Pengumpulan data
 - a. Survei lapangan
 - b. Data primer
Kalkulasi jumlah beserta jenis dan tipe kendaraan yang melintasi areapenelitian
 - c. Data sekunder
Studi literatur mengenai topik yang sama dan mewawancarai masyarakat sekitar dan pelintas
4. Analisis data
5. Menyiapkan strategi untuk menangani emisi CO₂.
6. Hasil dan pembahasan
7. Kesimpulan dan saran



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Area Penelitian

3.1.1. Titik Penelitian

Situasi di lokasi pengambilan data jumlah kendaraan ditunjukkan pada Gambar 4 sd. Gambar 6.

Titik 1



Gambar 4. Situasi Titik 1

Titik 2



Gambar 5. Situasi Titik 2

Titik 3**Gambar 6.** Situasi Titik 3**3.2. Jenis, Faktor Emisi dan Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan****Tabel 1.** Faktor Emisi Kendaraan

No.	Jenis Kendaraan	Faktor Emisi
1	Sepeda Motor < 250 cc	2597,86
2	Sepeda Motor > 250 cc	2597,86
3	Mobil Bensin	2597,86
4	Mobil Solar	2924,9
5	Mobil Listrik	0
0	Sepeda Motor Listrik	0
7	Mikrobus	2924,9
8	Bus	2924,9
9	Truk Ringan	2924,9
10	Truk Sedang	2924,9
11	Truk Berat	2924,9

(Sumber: Intergovernmental Panel on Climate Control, 1996)

Tabel 2. Konsumsi Energi Spesifik Kendaraan

No.	Jenis Kendaraan	Konsumsi Energi Spesifik (liter/100km)
1	Sepeda Motor < 250 cc	2,66
2	Sepeda Motor > 250 cc	3,2
3	Mobil Bensin	11,79

4	Mobil Solar	11,6
5	Mobil Listrik	0
0	Sepeda Motor Listrik	0
7	Mikrobus	10,64
8	Bus	16,5
9	Truk Ringan	16,5
10	Truk Sedang	16,89
11	Truk Berat	18,5

(Sumber: Intergovernmental Panel on Climate Control, 1996)

3.3 Jumlah Kendaraan

Titik 1

Waktu Penelitian	Jumlah Kendaraan Total
Kamis, 22 Juni 2023 09:00 – 10:00	846
Sabtu, 24 Juni 2023 16:00 – 17:00	1412
Minggu 25 Juni 2023, 11:30 – 12:30	915

Titik 2

Waktu Penelitian	Jumlah Kendaraan Total
Kamis, 22 Juni 2023 11:30 – 12:30	1300
Sabtu, 24 Juni 2023 09:00 – 10:00	1049
Minggu, 25 Juni 2023, 16:00 – 17:00	1306

Titik 3

Waktu Penelitian	Jumlah Kendaraan Total
Kamis, 22 Juni 2023 16:00 – 17:00	1514
Sabtu, 24 Juni 2023 09:00 – 10:00	1218
Minggu, 25 Juni 2023, 11:30 – 12:30	1296

3.4 Total Emisi CO₂

Jumlah emisi berdasarkan data jumlah kendaraan dari ketiga lokasi pengumpulan jumlah kendaraan adalah sebagai berikut:

Titik Penelitian	Jumlah Emisi
Titik 1 (E1)	22,075 kg/jam
Titik 2 (E2)	25,783 kg/jam
Titik 3 (E3)	28,013 kg/jam
Total	75,871 kg/jam

Sehingga jumlah emisi tiap titik adalah $75,871 / 3 = 25,29$ kg/jam
 Jadi, estimasi jumlah emisi CO₂ pada 3 titik dengan ruas jalan sepanjang 100 meter di Jalan Trans Sulawesi di Desa Tumpaan didapatkan sebesar 25,29 kg/jam dan menghasilkan sebanyak 100,77 ton per tahunnya jika diasumsikan ruas jalan pada Jalan Trans Sulawesi di Desa Tumpaan dilintasi oleh kendaraan bermotor selama 12 jam.

3.4 Penanganan Emisi CO₂ di Desa Tumpaan

1. Ruang Terbuka Hijau

Ruang terbuka hijau, terutama melalui vegetasi seperti pohon, rumput, dan tanaman, memiliki kemampuan untuk menyerap karbon dioksida (CO₂) dari udara melalui proses fotosintesis. Tanaman menggunakan CO₂ sebagai bahan baku untuk pertumbuhan mereka, dan dalam prosesnya, mereka menyimpan karbon dalam jaringan mereka. Oleh karena itu, ruang terbuka hijau yang subur dengan vegetasi yang sehat dapat berperan dalam menyerap CO₂ dan membantu mengurangi konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer (J. Lawalata, 2021).

Ruang terbuka hijau yang dirancang dengan baik dan terintegrasi dengan baik di dalam kota dapat mendorong mobilitas berkelanjutan seperti berjalan kaki dan bersepeda. Hal ini dapat mengurangi penggunaan kendaraan bermotor yang berpotensi menghasilkan emisi CO₂ dari bahan bakar fosil. Selain itu, peningkatan keberadaan ruang terbuka hijau dapat membantu mengurangi konsumsi energi dengan memberikan pencahayaan alami, pengaturan suhu yang lebih nyaman, dan penggunaan energi yang lebih efisien di sekitar daerah tersebut (I. D. Pinatik, 2021).

Dalam rangka mengurangi emisi karbon dioksida di area Desa Tumpaan, pemerintah hendaknya menanam vegetasi yang memiliki daya serap karbon dioksida yang tinggi, seperti tanaman bakau yang bernama *sonneratia alba* yang merupakan salah satu tanaman yang paling berkapasitas dalam menyerap karbon dioksida. Satu tanaman *sonneratia alba* dapat menyerap sebanyak 6,5 ton/tahun. ha emisi karbondioksida sehingga jika menggunakan lahan berikut di sekitar area Desa Tumpaan yang berukuran 20 ha dapat menyerap sekitar 130 ton emisi karbon dioksida.

2. Peralihan Moda Transportasi ke Electric Vehicle

Kendaraan listrik dan kendaraan hibrida telah menjadi alternatif yang menarik dalam mengurangi emisi CO₂ dan menjawab tantangan perubahan iklim. Kendaraan listrik sepenuhnya didukung oleh motor listrik dan menggunakan baterai sebagai sumber energi utama. Dengan tidak adanya emisi langsung saat digunakan, kendaraan listrik memberikan kontribusi signifikan dalam mengurangi polusi udara dan emisi CO₂ di tempat penggunaannya. Hal ini membantu memperbaiki kualitas udara dan mengurangi dampak negatif pada lingkungan (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, 2021). Sementara itu, kendaraan hibrida merupakan solusi peralihan yang lebih tanggap dan menggabungkan keunggulan mesin pembakaran internal dengan motor listrik. Dalam kendaraan hibrida, mesin pembakaran internal mengisi ulang baterai dan motor listrik memberikan bantuan daya saat diperlukan, seperti saat akselerasi atau beban berat. Dengan memanfaatkan teknologi hibrida, konsumsi bahan bakar dapat dikurangi secara signifikan, mengurangi emisi CO₂ dan menjaga kinerja kendaraan yang efisien (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, 2021). Meskipun kendaraan listrik dan hibrida telah mengalami perkembangan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, masih ada beberapa tantangan yang perlu diatasi. Salah satu tantangan utama adalah harga yang masih lebih tinggi dibandingkan dengan kendaraan konvensional. Namun, perkembangan teknologi dan peningkatan produksi massal telah membantu mengurangi harga kendaraan listrik dan hibrida secara bertahap. Selain itu, pengembangan infrastruktur pengisian daya yang lebih luas dan cepat juga penting untuk mendukung penggunaan kendaraan listrik secara lebih luas di masa depan (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, 2021).

4. Penutup

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan data, penulis memperoleh kesimpulan yang

dapat diambil dari penelitian mengenai Penanganan Emisi Gas CO₂ oleh Kendaraan Bermotor di Desa Tumpaan sebagai berikut:

1. Total volume kendaraan bermotor yang melintasi ruas Jalan Trans Sulawesi di Desa Tumpaan sepanjang jalur 1 kilometer area penelitian didapatkan sebanyak 846 sampai dengan 1514 kendaraan bermotor setiap jamnya dan meskipun jenis terbanyak merupakan kendaraan roda dua (sepeda motor), emisi yang dihasilkan masih lebih banyak kendaraan roda empat (mobil) terlebih khusus mobil yang berbahan bakar bensin.
2. Total emisi CO₂ yang dihasilkan dari ruas Jalan Trans Sulawesi di Desa Tumpaan pada 3 titik area penelitian masing-masing sepanjang 100 meter didapatkan sebesar 25,29 kg/jam yang dapat dikatakan tinggi untuk ukuran suatu desa.
3. Strategi yang dapat digunakan untuk mengurangi potensi emisi CO₂ yang dihasilkan dari ruas Jalan Trans Sulawesi di Desa Tumpaan sepanjang jalur 1 kilometer area penelitian adalah yang pertama dengan menanam tumbuhan bakau karena area penelitian berdekatan dengan area pesisir juga daya serap tumbuhan bakau yang dapat menanggulangi emisi CO₂ yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor di area penelitian, yang kedua dengan mengimplementasikan penggunaan kendaraan bermotor bertenaga listrik yang sudah sebagian kecil digunakan oleh masyarakat sebagai moda transportasi yang terbukti sama sekali tidak menghasilkan emisi CO₂ guna memenuhi target Indonesia *net zero emission* pada tahun 2060.

4.2. Saran

Adapun manfaat dan saran yang dapat berguna dari hasil penelitian yang dilaksanakan ini diantaranya adalah:

1. Bagi pembaca, hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan pengetahuan terkait dengan hubungan antara emisi karbon dioksida dengan daya serap karbon dioksida tumbuhan juga pentingnya peralihan ke kendaraan *zero emission* guna mengurangi emisi CO₂.
2. Bagi pemerintah Kabupaten Minahasa Selatan untuk menjadikan hasil penelitian ini sebagai acuan dalam pengambilan keputusan mengenai pengurangan emisi karbon dioksida di Desa Tumpaan.
3. Dalam rangka mengurangi emisi karbon dioksida di area Desa Tumpaan, pemerintah hendaknya menanam vegetasi yang memilikidaya serap karbon dioksida yang tinggi, seperti tanaman bakau yang bernama *sonneratia alba* yang merupakan salah satu tanaman yang paling berkapasitas dalam menyerap karbon dioksida. Satu tanaman *sonneratia alba* dapat menyerap sebanyak 6,5 ton/tahun. ha emisi karbondioksida sehingga jika menggunakan lahan berikut di sekitar area Desa Tumpaan yang berukuran 20 ha dapat menyerap sekitar 130 ton emisi karbon dioksida.

Referensi

- Lawalata, J. Analisis Pencemaran Udara Gas CO Akibat Pembuangan Gas Emisi Kendaraan Bermotor di Depan Bahu Mall pada Ruas Jalan Wolter Monginsidi Kota Manado.
- Pinatik, I. D. Analisis Beban Emisi CO₂ Di Bandar Udara Internasional Sam Ratulangi Manado Dengan Metode Intergovernmental Panel on Climate Change
- Rawung, F C. 2012. EFEKTIVITAS RUANG TERBUKA HIJAU (RTH) DALAM MEREDUKSI EMISI GAS RUMAH KACA (GRK) DI KAWASAN PERKOTAAN BOROKO.
- Lestari, E A P. 2018. EFEKTIVITAS RUANG TERBUKA HIJAU DALAM MEREDUKSI EMISI GAS KARBON DI KOTA BANJARMASIN, KALIMANTAN SELATAN.
- Purnomosutji, D P. 2017. ANALISIS RUANG TERBUKA HIJAU TERHADAPPENYERAPAN EMISI KARBONDIOKSIDA.
- Purnomohadi, N. 2006. Ruang Terbuka Hijau Sebagai Unsur Utama Tata Ruang Kota. Direktorat Jenderal Penataan Ruang, Departemen Pekerjaan Umum.
- Putri P, Zain AFM. 2010. Analisis Spasial dan Temporal Perubahan Luas Ruang Terbuka Hijau di Kota Bandung. Jurnal Lanskap Indonesia 2 (2): 115-121.
- RI (Republik Indonesia). 2007. Undang-undang No 26 tahun 2007 Tentang Penataan Ruang. Jakarta (ID): Direktorat Jendral Penataan Ruang Menteri Pekerjaan Umum. Lembaran Negara RI Tahun 2007, No. 68. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Todaro MP, Smith S.C. 2006. Pembangunan Ekonomi. Terjemahan. Edisi kesembilan.
- Munandar, H (penterjemah). Jakarta (ID): Erlangga.
- M. Faikah, H. Hariyati, J.M. Yamin, "Pencemaran udara karbon monoksida dan nitrogen oksida akibat

kendaraan bermotor pada ruas jalan padat lalu lintas di Kota Makassar,” Simposium XII FSTPT, Universitas Kristen Petra Surabaya, Nov. 14 (2009).

M.Y. Yusuf, “Kemampuan penyerapan gas CO₂ beberapa jenis tanaman pada ruang terbuka hijau di Kota Makassar,” Tesis, Program Studi Pengelolaan Lingkungan Hidup, UNHAS, Makassar (2015)

Intergovernmental Panel on Climate Change. 1996, 2006, 2021. First - Sixth Assessment Report. Geneva.

International Organization of Standardization. 1997. ISO 14064.

United Nations Framework Convention on Climate Change. 2021. Annual Report. 978-92-9219-202-0.

United States Environmental Protection Agency. 2021. GHG Emission Factors.