

PERENCANAAN JALUR HIJAU KOTA WISATA CIBUBUR BERBASIS PREDIKSI KAPASITAS SERAPAN NO₂ MELALUI ANALISIS MENGGUNAKAN SOFTWARE CITYGREEN

Green Belt Planning in Kota Wisata Cibubur Based on NO₂ Absorption Capacity Prediction through Analysis Using CITYgreen Software

Khanh Rizky Ramadhani Wibowo
Departemen Arsitektur Lanskap,
Fakultas Pertanian, IPB University
Email:
khanrizkyramadhani@gmail.com

Bambang Sulistyantara
Departemen Arsitektur Lanskap,
Fakultas Pertanian, IPB University
Email:
bambang_sulistyantara@apps.ipb.ac.id

ABSTRACT

Emissions can harm the environment and health. Compounds that can harm human health are sulfur oxides (SO_x), nitrogen oxides (NO_x), carbon oxides (CO_x), hydrocarbons (HC), heavy metals (Pb) and particulates. These compounds can have bad effects in a densely populated area such as in a housing complexes. This study aims to determine plant species along the main road of Kota Wisata Cibubur, predict the number of emissions in Kota Wisata Cibubur's main roads, and give a planting recommendation that can decrease NO₂ emission. The benefit of this research is a recommendation to the real estate company to give more benefits for the residents in the housing estate in terms of planting the types of plant that can absorb NO₂ emission. The research method used is descriptive quantitative method in that the planning process for this research consists of objectives, inventory, analysis, synthesis, and planning. The highest NO₂ emission recorded was 85,119.91 kg/year. Emissions absorbed is still insufficient even after adding plants to the available green open spaces. Therefore, it is necessary to add plants in a radius of 500 m from the main road because NO₂ emissions can impact health in a radius of 500 m. Along the radius, there are gardens, built areas, streets, open areas, and moor. The concept for planting in each green open space will vary. Just like the planting recommendation in the main access road, the plants used will be according to the standard of the plants that can optimally absorb NO₂. Plants that are suitable to absorb NO₂ emissions and are mostly used are dadap (*Erythrina variegata*), ki hujan (*Samanea saman*), ylang-ylang (*Cananga odorata*), and flamboyant (*Delonix regia*).

Keywords: CITYGreen, Housing, Kota Wisata Cibubur, Planting Plan, Pollutants

Diajukan: 14 Oktober 2022

Diterima: 30 Maret 2023

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kota Wisata Cibubur merupakan salah satu kawasan perumahan yang dikelola oleh Sinarmas Land. Terdapat akses utama yang menghubungkan Jalan Alternatif Cibubur dengan Jalan Gunung Putri. Pengguna kendaraan seringkali lebih memilih melewati akses utama Kota Wisata Cibubur dibandingkan Jalan Gunung Putri di dekat area perumahan tersebut sehingga jumlah kendaraan yang melintas terus meningkat.

Menurut BPS Kabupaten Bogor (2020), penduduk Kecamatan Gunung Putri, Kabupaten Bogor pada tahun 2019 telah mencapai 499.099 jiwa. Selain itu, laju pertumbuhan penduduk Gunung Putri, Kabupaten Bogor per tahun 2018-2019 telah mencapai 0,0495%. Salah satu dampak banyaknya aktivitas kendaraan adalah polutan yang berlebihan. Jenis polutan yang dilepaskan oleh kendaraan bermotor umumnya berbentuk senyawa kimia seperti karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO_x), hidrokarbon (HC), karbon dioksida (CO₂), dan *particulate matter* (PM). Senyawa-senyawa tersebut terbentuk dari pembakaran pada ruang bakar mesin kendaraan bermotor. Oleh karena itu, besaran emisi setiap polutan yang dilepaskan oleh kendaraan bermotor penting untuk dikontrol (Aly, 2015; Ramdhani dan Fatimah, 2016).

Efek yang dapat ditimbulkan umumnya mengenai organ pernafasan. Efek yang diterima seseorang atau hewan maupun tumbuhan tergantung pada dosis dan lamanya paparan (Darmayasa, 2013).

Penggunaan ekstensi CITYGreen dibutuhkan untuk menganalisis emisi tapak. CITYgreen melakukan berbagai analisis statistik, membuat peta, menghitung manfaat berdasarkan kondisi situs tertentu, dan membuat laporan ringkasan. Dengan menggunakan data georeferensi pada pohon, bangunan, permukaan permeabel dan kedap air, program ini menghitung nitrogen dioksida (NO₂), sulfur dioksida (SO₂), ozon, karbon monoksida (CO), partikulat kurang dari 10 mikron (PM10), penyimpanan karbon, sekustrasi karbon, pengurangan *runoff*, pengurangan aliran limpasan puncak, dan total penyimpanan limpasan yang dihindari (Hilton, 2008; Anwar dan Kaswanto, 2021). Dari kelima polutan tersebut, NO₂ merupakan polutan dengan dampak yang terbanyak yaitu menjadi pemicu hujan asam dan membuat lingkungan berkabut karena partikel dari nitrogen dioksida (EPA, 2022). Penggunaan ekstensi CITYGreen dapat dilengkapi dengan penggunaan standar tanaman. Salah satunya adalah standar tanaman yang dapat menyerap NO₂ (Nasrullah *et al.*, 2000; Sulistyantara dan Rahmatullah, 2014).

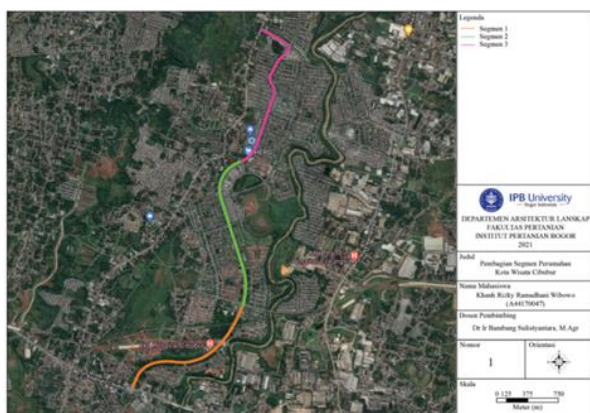
Vegetasi yang terdapat pada Kota Wisata Cibubur beragam. Keragaman terdapat pada jenis tanaman, bentuk, warna, dan tanaman. Vegetasi lebih menonjolkan aspek estetika dimana vegetasi eksisting mempunyai kekhasannya sendiri (Utami, 2007; Sulistyantara dan Pratiwi, 2011). Berdasarkan survei yang dilakukan BPJT terhadap transportasi Jabodetabek, sebanyak 76% penduduk di Cibubur yaitu sekitar 14.455 orang masih menggunakan kendaraan pribadi (Biro Komunikasi dan Informasi Publik Kementerian Perhubungan, 2017). Berdasarkan uraian tersebut, mengevaluasi vegetasi dari

aspek emisi merupakan hal yang menarik untuk dikaji beserta perencanaan jalur hijau berdasarkan aspek emisi (Dwirahmawati *et al.*, 2018; Arisanti *et al.*, 2022).

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi spesies tanaman sepanjang akses utama Perumahan Kota Wisata Cibubur, mengetahui jumlah emisi NO₂ dengan mengevaluasi penanaman eksisting pada sepanjang jalan utama Perumahan Kota Wisata Cibubur, dan membuat redesain dalam bentuk *planting plan* sebagai rekomendasi penanaman yang berpotensi dapat menyerap emisi NO₂.

METODE

Lokasi penelitian di tiga jalan Perumahan Kota Wisata Cibubur, yaitu Jalan Wisata Utama, Jalan Boulevard Raya, dan sebagian Jalan Raya Kota Wisata. Total jarak jalan tersebut adalah 6 km, dimulai dari Gerbang Utama Kota Wisata Cibubur sampai Gerbang Belakang Kota Wisata Cibubur yang berada di Jalan Gunung Putri. Kegiatan penelitian dilakukan dari bulan Maret hingga Mei 2022.



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Jalan Wisata Utama, Jalan Boulevard Raya, dan Sebagian Jalan Raya Kota Wisata)

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif kuantitatif. Proses perencanaan untuk penelitian ini terdiri atas tujuan, inventarisasi, analisis, sintesis, dan perencanaan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui spesies tanaman pada sepanjang jalan utama Perumahan Kota Wisata Cibubur yang berjarak 6 km, mengetahui jumlah emisi NO₂ dengan mengevaluasi penanaman eksisting pada sepanjang jalan utama Perumahan Kota Wisata Cibubur, dan membuat redesain dalam bentuk *planting plan* sebagai rekomendasi penanaman yang berpotensi dapat menyerap emisi NO₂.

Pengidentifikasi tanaman di sepanjang akses utama Perumahan Kota Wisata Cibubur dilakukan pada tahap inventarisasi. Tahap inventarisasi meliputi pengumpulan data baik data primer maupun sekunder. Data primer diperoleh dari pengamatan langsung dan kuesioner yang dilakukan untuk mengetahui kondisi tapak berdasarkan pandangan dari pengguna tapak. Pengguna tapak yang menjadi responden berupa pengguna kendaraan, karyawan, pengguna atau pemilik prasarana dan sarana perumahan, dan penghuni rumah, sedangkan data sekunder dilakukan dengan mencari sumber literatur. Kegiatan pengamatan langsung meliputi mengidentifikasi tanaman eksisting yang berada di tapak.

Tahap analisis dimulai dengan mengetahui jumlah kapasitas serapan. Untuk mengetahui jumlah kapasitas serapan NO₂ diperlukan evaluasi penanaman. Evaluasi

penanaman memerlukan ekstensi CITYgreen. CITYgreen dapat menganalisis beberapa aspek, yaitu aliran permukaan (*stormwater run off*), kualitas udara (*air quality*), penyimpanan karbon dan daya serap karbon (*carbon storage and sequestration*), konservasi energi (*energy savings*), dan permodelan perkembangan Ruang Terbuka Hijau (RTH) (Nugroho dan Fatimah, 2016; Faradilla *et al.*, 2018). Penelitian hanya menggunakan aspek kualitas udara yang dibutuhkan. Aspek kualitas udara yang dibutuhkan hanyalah yang meliputi emisi NO₂. Dibutuhkan kondisi fisik pohon untuk CITYGreen. Kondisi fisik pohon yang diperlukan adalah tinggi pohon, diameter batang pohon, dan diameter kanopi. Tinggi pohon dapat diperoleh menggunakan inclinometer yang diperlukan dalam memperoleh sudut rumus trigonometri sederhana untuk memperoleh tinggi pohon. Diameter batang pohon dapat diperoleh dengan data primer bagi tanaman eksisting dan data sekunder bagi tanaman yang tidak terdapat pada tapak. Pengukuran diameter batang pohon memerlukan meteran gulung agar dapat mengukur keliling atau lingkaran batang pohon. Pengukuran diameter kanopi dapat dilakukan secara manual atau dari pengukuran menggunakan ArcMap atau Google Earth. Rumus untuk memperoleh tinggi pohon dan diameter batang pohon adalah sebagai berikut:

$$h = y + (S \times \tan(\alpha))$$

$$DBH = K / \pi$$

Keterangan

h: Tinggi pohon (m)

y : Tinggi pengamat (m)

s : Jarak pengamat dari titik pohon (m)

α : sudut yang didapat menggunakan klinometer

DBH : Diameter batang setinggi dada

K : Keliling atau lingkaran batang pohon

π : 3,14 atau 22/7

Perkiraan besar emisi kendaraan dapat menggunakan metode Lyons *et al.* (2003). Perkiraan besaran emisi kendaraan (E) dari jenis polutan p, pada periode waktu tertentu t dan pada suatu segmen ruas jalan l dapat diestimasi dengan multiplikasi antara VKT dan faktor emisi (EF) dari setiap tipe kendaraan. VKT adalah multiplikasi dari panjang ruas jalan dan volume lalu lintas.

$$E_{t,l,p} = VKT_{t,l,p} * EF_{t,l,p}$$

Sumber: Lyons *et al.* (2003)

Selain itu diperlukan faktor emisi. Faktor emisi dapat didefinisikan sebagai sejumlah berat tertentu polutan yang dihasilkan oleh terbakarnya sejumlah bahan bakar selama kurun waktu tertentu (Kusuma *et al.*, 2010; Nugroho *et al.*, 2017). Faktor emisi akan menggunakan tabel faktor emisi kendaraan bermotor lama di Indonesia menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12/2010.

Tabel 1. Faktor emisi kendaraan bermotor lama di Indonesia (Permen LH No. 12/2010)

Kategori untuk perhitungan beban pencemar udara	Faktor Emisi NO _x (gr/Km)
Sepeda Motor	0,29
Mobil (Bensin)	2
Mobil (Solar)	3,5
Bis	11,9
Truk	17,7

Tahap sintesis dan perencanaan merupakan tahap terakhir dalam penelitian ini. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menghasilkan rencana penanaman yang diharapkan dapat mengurangi emisi NO₂ di sekitar tapak. Hasil dari tahap sintesis ini adalah rencana penanaman berdasarkan analisis data yang sudah diperoleh pada tahapan sebelumnya. Standar jenis tanaman dibutuhkan dalam tahap penelitian ini. Standar jenis tanaman beserta kemampuannya dalam menyerap NO₂ akan menggunakan tabel jenis tanaman yang dapat menyerap NO₂ menurut Nasrullah *et al.* (2000). Dikarenakan standar tersebut dalam bentuk konsentrasi (µg/g), maka perlu dikonversi menjadi bentuk massa (g/pohon/hari). Cara konversi akan menggunakan metode perhitungan dalam analisis kapasitas daun menyerap nitrogen menurut Memory (2017). Konversi diawali dengan menimbang daun sampai dengan 10 gram. Kemudian mengukur luas sampel daun. Pengukuran sampel daun dapat menggunakan aplikasi leafscan dimana titik referensi yang berbentuk persegi dapat mengukur ukuran daun tersebut (Clifton *et al.*, 2020). Selanjutnya adalah pengeringan daun dalam suhu 80°C selama 48 jam. Daun yang diperoleh dari massa daun sebelum dikeringkan dengan massa daun kering. Kemudian adalah penghitungan berat jenis daun. Kemudian adalah penghitungan luas permukaan tajuk sesuai yang telah direncanakan pada tapak. Setelah itu dilakukan penghitungan massa tajuk vegetasi dan tahapan terakhir ialah penghitungan daya serap per hari. Rumus untuk berat jenis daun, luas permukaan tajuk, massa tajuk, dan daya serap per hari dapat diperoleh dengan rumus-rumus berikut:

$$\text{Berat Jenis Daun} = \frac{\text{Massa Daun (g)}}{\text{Luas Permukaan Daun (cm}^2\text{)}} \\ L = 4\pi r^2$$

Massa tajuk = Berat jenis daun (g/cm²) x Luas permukaan tajuk (cm²)

Daya serap per hari = Kandungan Nitrogen sesuai penelitian sebelumnya (µg/g) x massa tajuk x 24 jam

Keterangan:

r = jari-jari tajuk tanaman

π = 3,14 atau 22/7

Tabel 2. Jumlah Emisi Hari Senin

Hari	Segmen	Waktu	Jumlah Emisi Menuju Jalan Gunung Putri					Jumlah Emisi Menuju Jalan Alternatif Cibubur				
			Sepeda Motor	Mobil Bensin	Mobil Diesel	Bus	Truk	Sepeda Motor	Mobil Bensin	Mobil Diesel	Bus	Truk
Senin	1	Pagi	9465,28	11317,92	1456,35	990,32	2356,79	4624,04	17209,90	1689,37	594,19	2945,99
		Siang	3315,98	17043,46	3844,76	396,13	9132,56	3084,30	15445,63	3087,46	198,06	10605,56
		Sore	6371,32	25165,73	4369,05	990,32	5008,18	8808,84	23334,89	2330,16	198,06	8543,37
	2	Pagi	7335,41	15857,35	772,63	656,74	4558,53	4470,60	14496,05	965,79	656,74	976,83
		Siang	3531,66	21192,19	3476,84	0	8465,84	3030,19	18543,17	1545,26	0	7814,62
		Sore	4497,27	31788,29	5665,97	0	0	9335,97	29212,85	2704,21	0	0
	3	Pagi	2677,58	12859,68	1778,28	0	620,21	6081,72	7568,64	1471,68	0	7442,50
		Siang	4720,06	12582,86	4313,86	0	8140,23	3958,45	10191,38	3219,30	0	5209,75
		Sore	8108,96	11258,35	1609,65	0	1953,66	7399,42	19462,97	3026,14	0	2279,26
		Waktu	Jumlah Emisi Menuju Cileungsi					Jumlah Emisi Menuju Jakarta				
Alternatif Cibubur	Jalan	Pagi	10974,53	14173,68	1624,98	833,95	27134,1	10974,53	30186,96	4782,96	2501,86	23567,90
		Siang	3696,28	16819,20	3311,28	1042,44	23412,85	5715,9	26507,76	4874,94	729,71	24808,32
		Sore	8944,75	21339,36	1533,00	1459,42	16435,51	8944,75	2539,04	3311,28	521,22	27754,31
		Waktu	Jumlah Emisi Menuju Jati Asih					Jumlah Emisi Menuju Jalan Alternatif Cibubur				
Gunung Putri	Jalan	Pagi	7395,10	12299,04	1257,06	938,2	22172,44	2796,98	24019,92	3372,6	1459,42	19381,5
		Siang	4819,14	14033,52	1441,02	938,2	24033,06	5029,99	27103,44	3771,18	833,95	38918,05
		Sore	5710,82	17870,40	2636,76	938,2	14884,99	6887,02	25614,24	4169,76	833,95	14884,99

HASIL DAN PEMBAHASAN

Identifikasi Vegetasi

Segmen 1 didominasi oleh vegetasi berupa ki hujan (*Samanea saman*) dan kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) pada median jalan. Selain itu pada tepi jalan didominasi oleh tanaman seperti cemara angin (*Casuarina equisetifolia*) dan ki hujan (*Samanea saman*). Selain itu terdapat vegetasi seperti glodokan tiang (*Polyalthia longifolia*), kenanga (*Cananga odorata*), mahoni (*Swietenia mahagoni*), palem ekor tupai (*Wodyetia bifurcata*), palem phoenix (*Phoenix roebelenii*), pucuk merah (*Syzygium oleina*), dan willow babilon (*Salix babylonica*).

Segmen 2 didominasi oleh pohon cemara angin. Terdapat 13 tanaman di segmen 2. Diantara 13 spesies tanaman tersebut, vegetasi yang mendominasi segmen 2 berupa cemara angin (*Casuarina equisetifolia*) di tepi jalan dan median jalan pemisah jalur cepat dan jalur lambat, kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) di median jalan, dan bungur (*Lagerstroemia loudonii*) di median jalan pemisah jalur cepat dan jalur lambat. Selain itu terdapat vegetasi seperti beringin (*Ficus benjamina*), flamboyan (*Delonix regia*), glodokan tiang (*Polyalthia longifolia*), kamboja (*Plumeria sp.*), kelapa (*Cocos nucifera*), ketapang kencana (*Terminalia mantaly*), ki hujan (*Samanea saman*), mangga (*Mangifera indica*), palem ekor tupai (*Wodyetia bifurcata*), dan palem kipas (*Livistonia chinensis*).

Segmen 3 didominasi oleh kelapa sawit (*Elaeis guineensis*), ki hujan (*Samanea saman*), dan mahoni (*Swietenia mahagoni*) pada median jalan. Selain tanaman-tanaman tersebut, terdapat beberapa tanaman yang cukup bervariasi di tepi jalan, yaitu cemara kipas (*Thuja orientalis*), dracaena (*Dracaena fragrans*), kamboja (*Plumeria sp.*), kelapa (*Cocos nucifera*), ketapang (*Terminalia catappa*), ketapang kencana (*Terminalia mantaly*), ki hujan (*Samanea saman*), mahoni (*Swietenia mahagoni*), mangga (*Mangifera indica*), palem ekor tupai (*Wodyetia bifurcata*), palem phoenix (*Phoenix roebelenii*), cemara angin (*Casuarina equisetifolia*), pucuk merah (*Syzygium oleina*), dan tabebuaya (*Tabebuia chrysostricha*).

Analisis Emisi NO₂

Penghitungan jumlah kendaraan menggunakan metode *traffic counting* yang dilakukan secara manual. Perhitungan

Tabel 3. Jumlah Emisi Hari Sabtu

Hari	Segmen	Waktu	Jumlah Emisi Menuju Jalan Gunung Putri					Jumlah Emisi Menuju Jalan Alternatif Cibubur					
			Sepeda Motor	Mobil Bensin	Mobil Diesel	Bus	Truk	Sepeda Motor	Mobil Bensin	Mobil Diesel	Bus	Truk	
Senin	1	Pagi	3702,12	9953,11	1514,60	0	3535,19	2765,73	9586,94	1398,10	0	1472,99	
		Siang	2968,46	19673,21	1572,86	0	6775,57	2760,91	18408,26	2621,43	0	5891,98	
		Sore	4730,22	21137,88	2621,43	0	7659,57	5898,30	16610,71	4252,54	198,06	6186,57	
	2	Pagi	4614,64	11221,56	1158,95	0	2930,48	3227,58	11699,86	965,79	218,91	5535,56	
		Siang	3478,32	25754,40	1480,88	0	7489,01	3104,88	27152,50	2317,90	0	6186,57	
		Sore	8114,29	31861,87	6374,21	0	325,61	3867,76	25386,48	3476,84	0	1302,44	
	3	Pagi	3307,60	8094,24	1410,36	0	620,21	3500,67	6692,64	1226,40	0	310,10	
		Siang	3505,75	10476,96	2084,88	0	6512,18	3195,82	11878,56	2207,52	0	6202,08	
		Sore	6899,73	14051,04	2268,84	0	1240,42	6046,15	17484,96	1165,08	0	3721,00	
			Waktu	Jumlah Emisi Menuju Cileungsi					Jumlah Emisi Menuju Jakarta				
		Jalan	Pagi	4313,60	7130,64	1287,72	0	1705,57	4402,51	7481,04	1165,08	0	4031,35
		Alternatif	Siang	2987,51	7656,24	1379,70	0	6512,18	3119,61	7043,04	919,80	0	5891,98
	Cibubur	Sore	5223,06	9338,16	1471,68	0	3721,25	4491,43	8444,64	1594,32	0	2945,99	
		Waktu	Jumlah Emisi Menuju Jati Asih					Jumlah Emisi Menuju Jalan Alternatif Cibubur					
	Jalan	Pagi	3028,16	5291,04	1195,74	0	3101,04	3193,28	5956,80	919,80	0	4496,51	
	Gunung	Siang	2017,08	5220,96	674,52	0	4496,51	2004,38	5536,32	705,18	0	4651,56	
	Putri	Sore	3604,83	18089,40	1287,72	104,24	1240,42	3381,27	8374,56	1410,36	0	2325,78	

dilakukan di 5 titik. Pada masing-masing titik dilakukan enam kali perhitungan jumlah kendaraan berdasarkan waktu dan hari, masing-masing pada hari Senin dan Sabtu pada jam 7.00 - 8.00, 12.00 - 13.00, dan 17.00 - 18.00 saat cuaca sedang cerah. Jumlah kendaraan dibagi menjadi dua, yaitu kendaraan menuju Jalan Gunung Putri dan kendaraan yang menuju Jalan Alternatif Cibubur. Selain itu, penghitungan jumlah kendaraan juga dilakukan di Jalan Gunung Putri dan Jalan Alternatif Cibubur, dimana lokasinya berdekatan dengan gerbang belakang dan depan kawasan perumahan.

Jumlah Emisi Kendaraan

Segmen 1 terdiri dari Jalan Raya Kota Wisata bagian depan yang memiliki panjang 1,9 km. Segmen 2 terdiri dari Jalan Wisata Utama dengan panjang 2,1 km. Segmen 3 terdiri dari gabungan Jalan Boulevard Raya dengan panjang 1,6 km dan Jalan Raya Kota Wisata bagian belakang dengan panjang 400m. Emisi juga diukur di Jalan Gunung Putri dan Jalan Alternatif Cibubur, tepatnya di dekat gerbang belakang dan gerbang depan perumahan. Masing-masing jalan tersebut dipatok dengan radius 500 m dari pertigaan kedua gerbang tersebut. Penghitungan jumlah emisi NO₂ menggunakan metode Lyons *et al.* (2003). Faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi NO₂ menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12/2010.

Analisis Kuisisioner

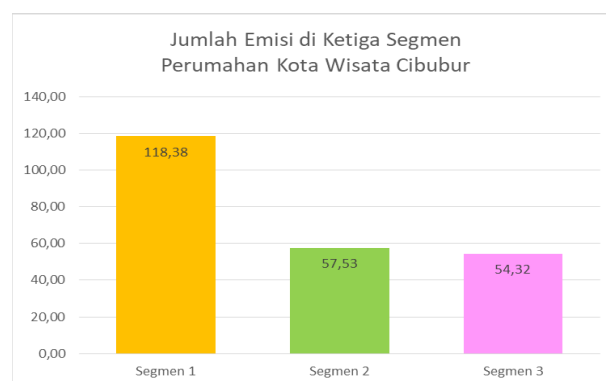
Kuisisioner dilakukan secara online dikarenakan kondisi pandemi yang sedang berlangsung saat penelitian dilakukan. Kuisisioner disebarakan ke penghuni perumahan dan orang-orang yang pernah mengunjungi perumahan. Kelompok responden utamanya dibagi menjadi dua, yaitu warga perumahan dan bukan warga perumahan, dimana untuk masing-masing kategori responden sebanyak 100 responden.

Para responden mengusulkan beberapa tanaman yang dapat dipakai dari segmen 1 sampai segmen 3. Dari semua tanaman yang diusulkan untuk segmen 1 sampai segmen 3, tanaman yang akan digunakan dalam rencana

penanaman adalah tanaman yang memiliki daya serap tinggi menurut Nasrullah *et al.* (2000). Tanaman-tanaman tersebut adalah flamboyan (*Delonix regia*), trembesi atau ki hujan (*Samanea saman*), dan bugenvil (*Bougenvillea sp.*). Bugenvil yang akan dipakai adalah bugenvil merah (*Bougenvillea glabra*) karena memiliki daya serap NO₂ yang tinggi dibandingkan bugenvil lainnya.

Analisis Kapasitas Serapan dengan CITYGreen

Hasil menunjukkan bahwa daya serap emisi NO₂ per tahun pada segmen 1 adalah 261,03 lbs/tahun atau sekitar 118,38 kg/tahun (1 lbs/tahun = 0,453 kg/tahun) dengan penghematan total (Dollar Value) sebesar \$801,3 atau sebesar Rp11.598.857,56 per tahun (1 US Dollar = Rp14.475,05). Daya serap NO₂ pada segmen 2 sebesar 126,86 atau setara dengan 57,53 kg/tahun dengan penghematan total sebesar \$389,44 atau sekitar Rp5.637.163,47 per tahun. Segmen 3 dapat menyerap NO₂ sebesar 119,78 lbs/tahun atau sekitar 54,32 kg/tahun dengan penghematan total sebanyak \$367,7 atau sekitar Rp5.311.334,58.



Gambar 2. Diagram Jumlah Emisi

Analisis juga dilakukan dengan cakupan radius 500 m dari jalan utama dalam tapak yang berada dalam segmen 1, 2, dan 3. Analisis menggunakan shapefile dari Pemerintah Kabupaten Bogor yang telah dimodifikasi karena belum adanya kawasan perumahan di file tersebut. Analisis dilakukan secara general tutupan

lahan dimana kategori tutupan lahan yang berada di shapefile tersebut disesuaikan mengikuti tapak. Tutupan lahan tersebut adalah area pemukiman, area terbangun bukan pemukiman, jalan, kebun, lahan terbuka, sungai, sawah, dan tegalan. Analisis tersebut menunjukkan bahwa daya serap NO₂ dari tapak adalah 3.864,61 lbs/tahun, atau setara dengan 1.752,66 kg/tahun dengan nilai penghematan total sebesar \$11.863,73 atau sekitar Rp171.312.261,20.

Evaluasi Vegetasi

Tanaman yang diganti karena termasuk tanaman dengan daya serap NO₂ yang sedang ataupun rendah adalah cemara kipas (*Thuja orientalis*), glodokan tiang (*Polyalthia longifolia*), bungur (*Lagerstroemia loudonii*), kelapa (*Cocos nucifera*), dracaena (*Dracaena fragrans*), kelapa sawit (*Elaeis guineensis*), dan mangga (*Mangifera indica*), ketapang kencana (*Terminalia catappa*) dan cemara angin (*Casuarina equisetifolia*). Tanaman yang dinilai dapat membahayakan atau mengganggu pengguna jalan adalah kelapa sawit (*Elaeis guineensis*), mangga (*Mangifera indica*), dan kelapa (*Cocos nucifera*).

Rekomendasi

Segmen 1 pada median jalan ditanami oleh ki hujan (*Samanea saman*) dan hujan mas (*Cassia multijuga*). Daerah bebas pandang terdapat semak ataupunutup tanah. Semak yang dapat digunakan adalah bugenvil merah (*Bougainvillea glabra*) dan nusa indah (*Mussaenda erythrophylla*). Penutup tanah tetap menggunakan rumput paetan (*Axonopus compressus*) eksisting dan lantana ungu (*Lantana camara*) Segmen 2 pada median jalan ditanami oleh ki hujan (*Samanea saman*) dan flamboyan (*Delonix regia*). Tepi jalan akan ditanami oleh kenanga (*Cananga odorata*), flamboyan (*Delonix regia*), dan

hujan mas (*Cassia multijuga*). Terdapat beberapa daerah bebas pandang dikarenakan adanya bundaran. Daerah bebas pandang dapat ditanami beberapa perdu seperti nusa indah (*Mussaenda erythrophylla*) dan bugenvil merah (*Bougainvillea glabra*) dan penutup tanah seperti rumput paetan (*Axonopus compressus*) eksisting dan lantana ungu (*Lantana camara*).

Segmen 3 di median jalan menggunakan ki hujan (*Samanea saman*) dan flamboyan (*Delonix regia*). Tepi jalan menggunakan ki hujan (*Samanea saman*), kenanga (*Cananga odorata*), cempaka (*Michelia champaka*), dan flamboyan (*Delonix regia*). Terdapat daerah bebas pandang karena persimpangan dan bundaran. Tanaman yang digunakan di daerah bebas pandang berupa perdu dan penutup tanah. Perdu yang digunakan adalah bugenvil merah (*Bougainvillea glabra*) dan nusa indah (*Mussaenda erythrophylla*). Penutup tanah menggunakan rumput paetan (*Axonopus compressus*) eksisting dan lantana ungu (*Lantana camara*).

Rekomendasi Konsep Penanaman di Luar Tapak

Kebun

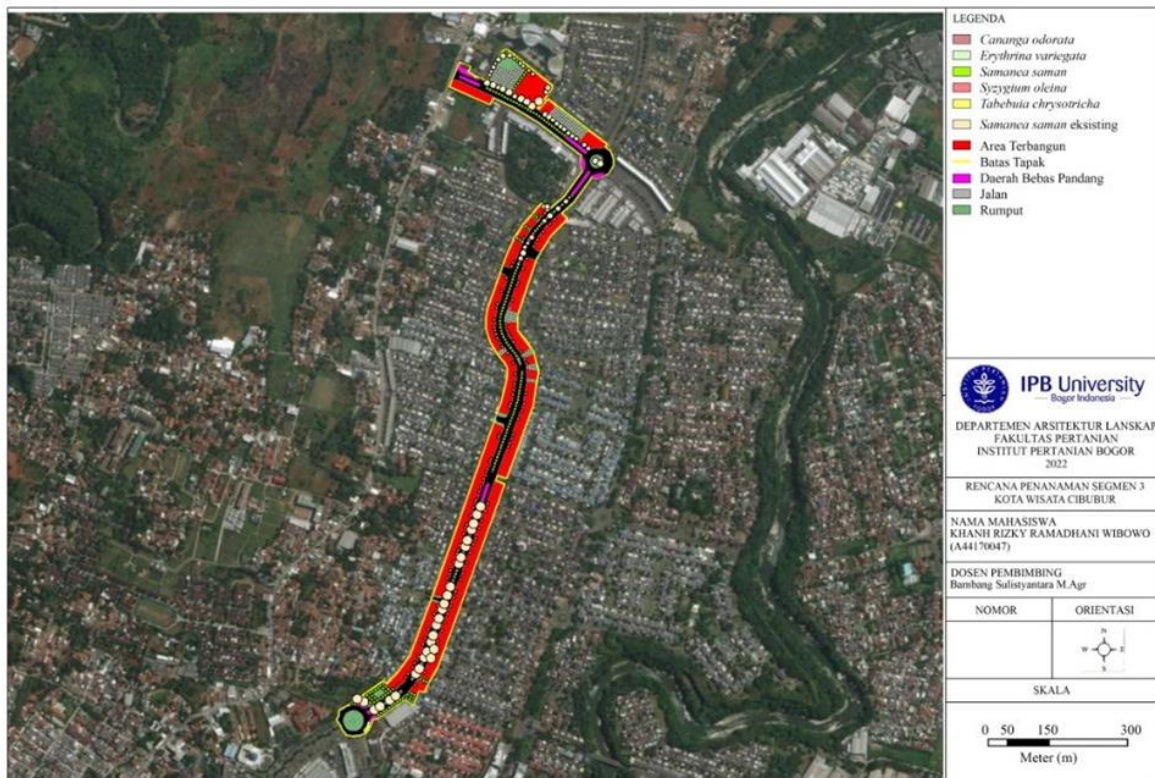
Tutupan lahan pada RTH masing-masing klaster diklasifikasikan sebagai kebun. Terdapat 38 klaster perumahan di Kota Wisata. Masing-masing klaster mempunyai satu ruang terbuka yang dapat dimanfaatkan untuk penanaman. Jika 38 klaster masing-masing paling banyak menanam lima pohon, maka jumlah emisi yang dapat diserap dari semua klaster tersebut adalah 1.268,44 kg/tahun menggunakan dadap kuning (*Erythrina variegata*) dan sebanyak 563,07 kg/tahun jika menggunakan ki hujan (*Samanea saman*). Penyusunan tanaman dapat mengacu kepada RTH Rukun Warga menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2008).



Gambar 3. Rencana Penanaman Segmen 1



Gambar 4. Rencana Penanaman Segmen 2



Gambar 5. Rencana Penanaman Segmen 3

Jika terdapat komoditas pada kebun tersebut, kebun dapat menerapkan kebun campuran, dimana kebun campuran tersebut merupakan kebun yang ditanami berbagai jenis tanaman dengan minimal satu jenis tanaman berkayu.

Beberapa tanaman jenis lain berupa tanaman tahunan dan atau tanaman setahun yang tumbuh sendiri maupun ditanam dapat dibiarkan hidup di kebun campuran

selama tidak mengganggu tanaman pokok. Salah satu contoh penerapan kebun campuran tersebut adalah agroforestri (Rozalina, 2019; Prastiyo *et al.*, 2020).

Penerapan agroforestri dapat menggunakan sistem agroforestri sederhana untuk lahan bukan hutan tetapi masuk ke dalam kategori kebun campuran (Prastiyo *et al.*, 2018). Sedangkan untuk lahan yang dikategorikan sebagai kebun yang termasuk hutan dapat menerapkan sistem

agroforestri kompleks. Tanaman yang ditanam juga sebaiknya dapat menyerap NO₂. Tanaman yang direkomendasikan adalah jambu biji (*Psidium guajava*), nangka (*Artocarpus integra*), kapuk (*Ceiba pentandra*), kenanga (*Cananga odorata*), atau kalandra (*Calliandra surinamensis*) (Arifin *et al.*, 2009; Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2017).

Area Terbangun

Lahan area terbangun dapat dimanfaatkan sebagai area penanaman untuk jenis-jenis tanaman yang menyerap NO₂ pada kategori tinggi. Penanaman tanaman buah untuk area terbangun sebaiknya dilakukan di lahan yang berada di halaman belakang area terbangun. Masing-masing unit rumah atau ruko dapat ditanami tanaman yang dapat menyerap NO₂. Tanaman yang dapat ditanami berupa jenis tanaman dengan daya serap tertinggi yaitu dadap kuning (*Erythrina variegata*) atau yang sering dijumpai dan memiliki daya serap NO₂ tinggi yaitu ki hujan (*Samanea saman*).

Penerapan *vertical garden* atau taman vertikal dapat digunakan untuk area terbangun apabila terdapat keterbatasan ruang terbuka. Tanaman dapat disusun dalam bidang yang vertikal dengan sistem dan struktur tertentu. Beberapa cara membuat taman vertikal yang diterapkan adalah dengan penggunaan geotekstil, *green facade*, atau dengan cara sederhana seperti menggunakan pot atau botol bekas air minum (Nasrullah *et al.*, 2021). Salah satu tanaman yang dapat digunakan adalah kriminil merah (*Alternanthera ficoidea*) dengan serapan 24,06 µg/gr.

Jalan

Median jalan, tepi jalan, dan bundaran dalam kawasan perumahan akan mengikuti penanaman yang diterapkan pada segmen 1, segmen 2, dan segmen 3. Sedangkan median jalan di luar kawasan perumahan yaitu di Jalan Alternatif Cibubur akan menyesuaikan kondisi eksistingnya dimana lebar pada median jalan di Jalan Alternatif Cibubur adalah 2 m. Kondisi median jalan tersebut berupa perkerasan tetapi tetap ada beberapa pohon ki hujan (*Samanea saman*). Untuk median jalan Jalan Alternatif Cibubur, median jalan yang berupa perkerasan dapat diubah menjadi lahan untuk penanaman baru sehingga lebih banyak pohon seperti ki hujan (*Samanea saman*) bisa ditanam dengan jarak tanam rapat dan beberapa penanaman semak/perdu yang dapat menyerap NO₂. Salah satu tanaman yang dapat digunakan adalah nusa indah merah (*Mussaenda erythrophylla*). Terdapat lima planter box eksisting yang dapat dimanfaatkan untuk penanaman. Salah satu tanaman yang dapat digunakan adalah bugenvil merah (*Bougenvillea glabra*). Tepi jalan di luar kawasan perumahan sudah padat dengan banyaknya area terbangun sehingga sulit untuk ditanami.

Lahan Terbuka

Lahan terbuka dapat ditanami sesuai jenis-jenis tanaman yang dapat menyerap NO₂. Tanaman akan mengikuti seperti tanaman-tanaman yang berada di segmen 1, segmen 2, dan segmen 3. Peruntukkan fungsi lahan akan diutamakan sebagai penyangga untuk penyerapan NO₂.

Tegalan

Pada radius 500m, terdapat 56.615,57 m tegalan. Tanaman di tegalan dapat mengikuti tanaman yang

digunakan di segmen 1, segmen 2, segmen 3, maupun system agroforestri seperti di tutupan lahan berupa kebun campuran. Curah hujan Kabupaten Bogor yang tinggi dapat mendukung pengairan pada lahan. Tegalan dalam analisis 500 m dari jalan perumahan berada di dalam satu klaster yaitu klaster Beverly Hills dimana terdapat beberapa persimpangan. Menurut Peraturan Menteri Nomor 111 tahun 2015 tentang Tata Cara Penetapan Batas Kendaraan, kecepatan maksimal dalam suatu area pemukiman berupa 30 km/jam, yang dimana jarak sudut pandang yang diperlukan adalah 27 km/jam.

Konsep dan Teknis Penggantian Tanaman

Pohon eksisting yang sekiranya tidak dipakai untuk penyerapan NO₂ dapat direlokasi. Menurut Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 24 Tahun 2021, relokasi adalah upaya untuk tetap melestarikan pohon dengan memindahkannya ke tempat lain dengan cara dan teknik yang benar. Metode yang dapat dilakukan untuk relokasi pohon adalah *transplanting*. *Transplanting* adalah penggalian dan penanaman kembali pohon. Bagian dari sistem akar yang hilang ketika pohon digali harus diganti agar dapat tetap hidup di lokasi barunya. Semakin kecil diameter bola akar semakin kecil juga diameter batang pohon. (Pryor dan Watson 2016). Semakin muda tanaman tersebut, kemungkinan besar untuk tumbuh cepat dan pulih dari stres akan besar jika dibanding tanaman yang besar (Watson, 2005).

Transplanting tidak dilakukan di musim panas guna mencegah evapotranspirasi dan juga tidak dilakukan di keadaan angin kencang (*Greening, Landscape, and Tree Management Section Development Bureau*, 2014). *Transplanting* direkomendasikan untuk dilakukan di musim hujan karena stres fisiologi yang lebih sedikit (Kshirsagar *et al.*, 2018).

Pemindahan pohon menggunakan alat sederhana maupun alat berat untuk proses penggalian (Tattar, 1998). Setelah pohon berada di lokasi baru, pohon perlu melakukan adaptasi. Oleh karena itu, dibutuhkan steger penyangga dan pemupukan selama dua kali sebulan (Chong-rong *et al.*, 2013).

SIMPULAN

Tanaman pada tapak terdiri dari beberapa tanaman. Segmen 1 didominasi oleh cemara angin (*Casuarina equisetifolia*) sebanyak 413, kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) sebanyak 211, dan ki hujan (*Samanea saman*) sebanyak 243. Segmen 2 didominasi oleh bungur (*Lagerstroemia loudonii*) sebanyak 102, cemara angin (*Casuarina equisetifolia*) sebanyak 326, kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) sebanyak 211, dan ki hujan (*Samanea saman*) sebanyak 191. Segmen 3 didominasi ki hujan (*Samanea saman*) sebanyak 88, Mahoni (*Swietenia mahagoni*) sebanyak 52, dan mangga (*Mangifera indica*) sebanyak 59.

Emisi NO₂ terbanyak terdapat pada segmen 1 di Senin pagi hari sebanyak 85.119,91 kg/tahun NO₂. Segmen yang memiliki NO₂ paling sedikit adalah segmen 3 di Sabtu pagi hari yang memiliki emisi NO₂ sebanyak 25.162,22 kg/tahun. Jumlah NO₂ yang dapat diserap berdasarkan analisis CITYGreen adalah 118,38 kg/tahun untuk segmen 1; 57,53 kg/tahun untuk segmen 2; 54,32 kg/tahun untuk segmen 3; dan 1.752,66 kg/tahun untuk analisis 500 m dari jalan.

Planting plan dapat dibuat dengan menanam tambahan pohon. Jumlah pohon yang dapat ditambahkan pada tapak adalah ketiga segmen tersebut adalah 2.808 pohon. Tanaman yang paling banyak digunakan adalah dadap (*Erythrina variegata*), ki hujan (*Samanea saman*), kenanga (*Cananga odorata*), dan flamboyan (*Delonix regia*) karena daya serap NO₂ yang tinggi. Daya serap tapak dapat ditingkatkan menjadi 151,15 kg/tahun untuk segmen 1; 85,54 kg/tahun untuk segmen 2; dan 67,06 kg/tahun untuk segmen 3. Oleh karena itu dibutuhkan penanaman di radius 500m dari jalan agar dapat mendukung penyerapan emisi NO₂ pada tapak. Penanaman menyesuaikan tutupan lahan eksisting dimana tutupan lahan yang dapat dimanfaatkan berupa kebun, area terbangun, jalan, lahan terbuka, dan tegalan.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hakim, A.H. 2014. Evaluasi Efektivitas Tanaman dalam Mereduksi Polusi Berdasarkan Karakter Fisik Pohon pada Jalur Hijau Jalan Pajajaran Bogor. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Aly, S.H. 2015. *Emisi Transportasi*. Makassar (ID): Penebar PLUS+.
- American Forest. 2002. CITYgreen 5.0: User Manual. Washington DC (US): American Forest.
- Anwar, S., Kaswanto, R.L. 2021. Analysis of Ecological and Visual Quality Impact on Urban Community Activities in Bogor City. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 879 (1) 012035. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/879/1/012035>
- Arifin, H.S., Wulandari, C., Pramukanto, Q., Kaswanto, R.L. 2009. Analisis Lanskap Agroforestri: Konsep, Metode, dan Pengelolaan Agroforestri Skala Lanskap dengan Study Kasus Indonesia, Filipina, Laos, Thailand, dan Vietnam. Institut Pertanian Bogor (IPB) Press, Bogor.
- Arisanti, S., Sulistyantara, B., Nasrullah, N. 2022. Evaluasi Kerusakan Fisik Pohon dalam Upaya Menghadirkan Pohon Jalur Hijau yang Aman di Kota Padang. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 14(2), 69-77. <https://doi.org/10.29244/jli.v14i2.40196>
- Asnur, P. 2021. Evaluasi Kemampuan dan Kesesuaian Lahan Pertanian di Kabupaten Bogor. *UG Journal*.14(2):13-19.
- Biro Komunikasi dan Informasi Publik Kementerian Perhubungan. 2017. Kurangi Penggunaan Kendaraan Pribadi Angkutan Permukiman di Jabodetabek Diresmikan [Internet]. [Diakses pada 13 September 2022]. Tersedia pada: <http://dephub.go.id/post/read/kurangi-penggunaan-kendaraan-pribadi-angkutan-permukiman-di-jabodetabek-diresmikan>
- BPS Kabupaten Bogor. 2020. Kabupaten Bogor Dalam Angka 2020. Bogor (ID): BPS Kabupaten Bogor.
- BPS Kabupaten Bogor. 2021. Kabupaten Bogor Dalam Angka 2021. Bogor (ID): BPS Kabupaten Bogor.
- BPS Provinsi Jawa Barat. 2020. Provinsi Jawa Barat Dalam Angka 2020. Bandung (ID): BPS Provinsi Jawa Barat.
- Dwirahmawati, F., Nasrullah, N., Sulistyantara, B. 2018. Analisis Perubahan Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂) pada Area Bervegetasi dan Tidak Bervegetasi di Jalan Simpang Susun. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 10(1), 13-18. <https://doi.org/10.29244/jli.v10i1.18356>
- Chong-rong, Y., Yi, L., Xiu-ming, C. 2013. A Study of Technical Key Points of Big Tree Transplanting. *Journal of Sichuan Forestry Science and Technology*. 34(3):101- 103.
- Clifton, E.H., Hajek, A.E., Jenkins, N.E., Roush, R.T., Rost, J.P., Biddinger, D.J. 2020. Applications of *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae) to Control Populations of Spotted Lanternfly (Hemiptera: Fulgoridae), in Semi-Natural Landscapes and on Grapevines. *Environmental Entomology*. 49(4):854-864. <https://doi.org/10.29244/jli.v10i1.18356>
- Darmayasa, I.G.O. 2013. Dampak NO_x terhadap Lingkungan. *Kurva Teknik*. 2(1): 98-107.
- Departemen Kehutanan. 2005. *Handbook of Indonesian Forestry*. Jakarta.
- Dinas Tata Ruang dan Lingkungan Hidup Kabupaten Bogor. 2007. Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Bogor. Bogor (ID): Pemerintah Kabupaten Bogor.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 1997. Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota. Jakarta (ID): Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Fadhli, M.E., Widodo, H. 2020. Analisis Pengurangan Kemacetan berdasarkan Sistem Ganjil-Genap. *Planners Insight: Urban and Regional Planning Journal*. 2(2): 36-41.
- Faradilla, E., Kaswanto, R.L., Arifin, H. S. 2018. Analisis Kesesuaian Lahan untuk Ruang Terbuka Hijau dan Ruang Terbuka Biru di Sentul City, Bogor. *Jurnal Lanskap Indonesia* 9(2) 101-109. doi: 10.29244/jli.v9i2.17398.
- Gubernur DKI Jakarta. 2021. Peraturan Gubernur Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 24 Tahun 2021 tentang Pengelolaan dan Perlindungan Pohon. Jakarta (ID): Gubernur DKI Jakarta.
- Gunawan, H., Sugiarti, S., Rianti, A., Sudarso, I. 2019. Perception of Students of Elementary and Junior High Schools on Urban Forest in Industrial Estate of Gunung Putri, Bogor, West Java. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. 5 (2): 179-189
- Greening, Landscape, and Tree Management Section Development Bureau. 2014. Guidelines on Tree Transplanting. Tamar (HK): The Government of the Hong Kong Special Administrative Region.
- HEI (Health Effects Institute Panel on the Health Effects of Traffic-Related Air Pollution). 2010. Traffic-Related Air Pollution: A Critical Review of the Literature on Emissions, Exposure, and Health Effects. HEI Special Report 17.
- Hilton, B.N. 2008. Urban ecosystem analysis using GIS: The claremont colleges sustainability initiative. *American Forests*. 20-53.

- Kementerian Perhubungan. 2015. Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 111 Tahun 2015 tentang Tata Cara Penetapan Batas Kecepatan. Jakarta (ID): Kementerian Perhubungan.
- Kota Wisata. 2020. Pengembang Kota Wisata Cibubur [Internet]. [Diakses pada 18 Oktober 2020]. Tersedia pada: <https://www.kota-wisata.co.id/>
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2017. Peraturan Direktur Jenderal Pengendalian Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung Nomor P.7/PDASHL/SET/KUM.1/8/2017n tentang Petunjuk Teknis Pelaksanaan Agroforestri. Jakarta (ID): Direktorat Jenderal Pengendalian Daerah Aliran Sungai Dan Hutan Lindung.
- Kshirsagar, Y., Palanikumar, B., Manjunatha, T.V. 2018. Tree Transplanting: Success Stories of Trees Transplanting at Karnataka, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(10): 2709-2716. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.710.315>
- Kusuma, W.P., Boedisantoso, R., Wilujeng, S.A. 2010. Studi Kontribusi Kegiatan Transportasi terhadap Emisi Karbon di Surabaya Bagian Barat. *Jurnal Teknik Lingkungan ITS*.
- Lyons, T.J., Kenworthy, J.R., Moy, C., Dos Santos, F. 2003. An International Urban Air Pollution Model for the Transportation Sector. *Transportation Research Part D*. 8(3): 159-167. [https://doi.org/10.1016/S1361-9209\(02\)00047-0](https://doi.org/10.1016/S1361-9209(02)00047-0)
- Memory, H. 2017. Perencanaan Jalur Hijau Simpang Susun Cimanggis pada Jalan Tol Cijago. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Nasrullah, N., Gandanegara, S., Suharsono, H., Wungkar, M., Gunawan, A. 2000. Pengukuran Serapan Polutan Gas NO₂ pada Tanaman Tipe Pohon, Semak dan Penutup Tanah dengan Menggunakan Gas NO₂ bertanda 15N. *Risalah Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi*. 181-187.
- Nugroho, F.A., Fatimah, I.S. 2016. Manfaat kanopi pohon dalam mereduksi aliran permukaan studi kasus: sempadan sungai Ciliwung Tengah, Kota Bogor. *E-Jurnal Arsitektur Lansekap*. 2(2): 196-205. <https://doi.org/10.24843/JAL.2016.v02.i02.p10>
- Nugroho, S.B., Zusman, E., Nakano, R., Takahashi, K., Kaswanto, R.L., Arifin, H.S., Arifin, N., Munandar, A., Muchtar, M., Gomi, K., Fujita, T. 2017. Exploring Influential Factors on Transition Process of Vehicle Ownership in Developing Asian City, A Case Study in Bogor City Indonesia. *In 2017 IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)* 674-679. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2017.8317966>
- Prastiyo, Y.B., Kaswanto, R.L., Arifin, H.S. 2018. Plants Production of Agroforestry System in Ciliwung Riparian Landscape, Bogor Municipality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 179 (1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/179/1/012013>
- Prastiyo, Y.B., Kaswanto, R.L. dan Arifin, H.S. 2020. Plants Diversity of Agroforestry System in Ciliwung Riparian Landscape, Bogor Municipality. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 477 (1) 012024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/477/1/012024>
- Pryor, M., Watson, G. 2016. Mature tree transplanting: Science supports best management practice. *Arboricultural Journal*, 38(1), pp.2-27. <https://doi.org/10.1080/03071375.2016.1157401>
- Ramdhani, A.Y., Fatimah, I.S. 2016. Studi Potensi Kanopi Pohon di Kebun Raya Bogor dalam Menyerap Emisi Karbondioksida dari Kendaraan Bermotor. *Jurnal Lanskap Indonesia*, 5(1). <https://doi.org/10.29244/jli.2013.5.1.%p>
- Republik Indonesia. 2010. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010. Jakarta.
- Rozalina. 2019. Profil kebun campuran di Desa Karacak Kecamatan Leuwiliang Kabupaten Bogor. *Jurnal Akar*.1(1):72-82.
- Safirah V. 2020. Perencanaan pengembangan pipa induk distribusi air bersih di Kota Wisata, Cibubur. [Skripsi]. Jakarta (ID): Universitas Trisakti.
- Sulistiyantara, B., Pratiwi, P.I. 2011. Perencanaan Penataan Lanskap Kawasan Wisata dan Penyusunan Alternatif Program Wisata di Grama Tirta Jatiluhur, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Lanskap Indonesia* 3(2).
- Tattar TA. 1998. Large Tree Transplanting. East Lansing (US): Michigan State University.
- US EPA. 2022. Basic Information about NO₂ [Internet]. [Diakses pada 26 Maret 2023]. Tersedia pada: <https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#Effects>
- Utami, E.S. 2007. Manajemen Pemeliharaan Lanskap Pemukiman Kota Wisata Cibubur Jawa Barat. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Wardoyo, A.Y.P. 2016. *Emisi Partikulat Kendaraan Bermotor dan Dampak Kesehatan*. Malang (ID): Universitas Brawijaya Press.
- Watson, W.T. 2005. Influence of Tree Size on Transplant Establishment and Growth. *HortTechnology*. 15(1):118-122. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.15.1.0118>