

**KOMPOSISI DAN STRUKTUR VEGETASI RIPARIAN
DALAM VARIASI KONSENTRASI *PARTICULATE
MATTER* (PM) DAN KARBON DI KALI KUNING,
YOGYAKARTA**

Skripsi

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 pada Program Studi Biologi



Disusun oleh:
Ade Idaheryana
22106040009

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA
2026**



PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-2134/Un.02/DST/PP.00.9/08/2026

Tugas Akhir dengan judul : Komposisi dan Struktur Vegetasi Riparian dalam Variasi Konsentrasi *Particulate Matter* (PM) dan Karbon di Kali Kuning, Yogyakarta

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : ADE IDAHERYANA
Nomor Induk Mahasiswa : 22106040009
Telah diujikan pada : Selasa, 11 Agustus 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Valid ID: 6a8b0fb48528e

Ketua Sidang

Dr. Eka Sulistiyowati, S.Si., M.A.

SIGNED



Valid ID: 6a8bbd39d7739

Penguji I

Siti Aisah, S.Si., M.Si.

SIGNED



Valid ID: 6a8be9c9340ce

Penguji II

Ardyan Pramudya Kurniawan, S.Si., M.Si.

SIGNED



Valid ID: 6a8c499e46460

Yogyakarta, 11 Agustus 2026

UIN Sunan Kalijaga

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.

SIGNED

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Ade Idaheryana
NIM : 22106040009
Jurusan : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Komposisi dan Struktur Vegetasi Riparian dalam Variasi Konsentrasi *Particulate Matter* (PM) dan Karbon di Kali Kuning, Yogyakarta”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 29 Juli 2026



Ade Idaheryana
NIM. 22106040009

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA



SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Persetujuan Skripsi / Tugas Akhir

Lamp :

Kepada

Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara/i:

Nama : Ade Idaheryana

NIM : 22106040009

Judul Skripsi : Komposisi dan Struktur Vegetasi Riparian dalam Variasi Konsentrasi *Particulate Matter* (PM) dan Karbon di Kali Kuning, Yogyakarta

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam Program Studi Biologi.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqasyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Yogyakarta, 30 Juli 2026

Pembimbing

Stijarf

Dr. Eka Sullistiyowati, S.Si., M.A, M.IWM,

NIP. 19810705 200801 2 032

**Komposisi dan Struktur Vegetasi Riparian dalam Variasi Konsentrasi
Particulate Matter (PM) dan Karbon di Kali Kuning, Yogyakarta**

Ade Idaheryana
22106040009

ABSTRAK

Vegetasi riparian merupakan salah satu komponen ekosistem yang berpotensi mempengaruhi kualitas udara melalui deposisi partikulat dan penyerapan gas. Namun, keterkaitannya dengan konsentrasi polutan udara di kawasan riparian masih belum banyak dikaji. Penelitian ini bertujuan menganalisis komposisi dan struktur vegetasi riparian, mengukur konsentrasi PM_{2.5}, PM₁₀, CO, dan CO₂, serta mengkaji hubungan vegetasi riparian dengan polutan udara dan parameter lingkungan. Pengambilan data vegetasi dilakukan menggunakan metode *purposive sampling* pada tiga lokasi penelitian untuk menghitung Indeks Nilai Penting (INP) dan indeks keanekaragaman Shannon–Wiener (H'). Konsentrasi polutan udara diukur menggunakan *air quality detector 6-in-1* dengan model 2CO10, sedangkan hubungan antara vegetasi, polutan udara, dan parameter lingkungan dianalisis menggunakan *Canonical Correspondence Analysis* (CCA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi dan struktur vegetasi riparian bervariasi antarlokasi, dengan habitus herba sebagai penyusun utama. Lokasi 2 memiliki jumlah spesies terbanyak, sedangkan keanekaragaman tertinggi terdapat di Lokasi 1. Konsentrasi PM_{2.5} dan PM₁₀ tertinggi masing-masing sebesar 26,90 dan 35,03 µg/m³ ditemukan di Lokasi 2, CO tertinggi sebesar 0,61 ppm di Lokasi 3, dan CO₂ tertinggi sebesar 494,40 ppm di Lokasi 1. Hasil CCA menunjukkan bahwa komposisi vegetasi lebih berkaitan dengan CO, CO₂, kelembapan tanah, pH tanah, dan suhu udara dibandingkan PM_{2.5} dan PM₁₀. Vegetasi riparian berperan dalam mempengaruhi kualitas udara melalui deposisi partikulat, penyerapan gas, dan pengaturan mikroklimat.

Kata Kunci : Kali Kuning; Karbon; *Particulate Matter*; Vegetasi Riparian

Composition and Structure of Riparian Vegetation in Relation to Variations in Particulate Matter and Carbon Concentrations Along the Kali Kuning River, Yogyakarta

Ade Idaheryana
22106040009

ABSTRACT

Riparian vegetation is an important ecosystem component that can improve air quality through particulate deposition and the uptake of gaseous pollutants. However, the relationship between riparian vegetation and air pollutant concentrations remains insufficiently understood. This study aimed to analyze the composition and structure of riparian vegetation, determine the concentrations of PM_{2.5}, PM₁₀, CO, and CO₂, and examine the relationships among riparian vegetation, air pollutants, and environmental parameters. Vegetation data were collected using purposive sampling at three study sites to calculate the Importance Value Index (IVI) and the Shannon–Wiener diversity index (H'). Air pollutant concentrations were measured using a 6-in-1 air quality detector (Model 2CO10), while the relationships among riparian vegetation, air pollutants, and environmental parameters were analyzed using Canonical Correspondence Analysis (CCA). The results showed that the composition and structure of riparian vegetation varied among study sites, with herbaceous vegetation being the dominant growth form. Site 2 had the highest number of species, whereas the highest Shannon–Wiener diversity index was recorded at Site 1. The highest concentrations of PM_{2.5} and PM₁₀, 26.90 and 35.03 µg/m³, respectively, were recorded at Site 2. The highest CO concentration, 0.61 ppm, was recorded at Site 3, while the highest CO₂ concentration, 494.40 ppm, was recorded at Site 1. CCA indicated that riparian vegetation composition was more closely associated with CO, CO₂, soil moisture, soil pH, and air temperature than with PM_{2.5} and PM₁₀. Riparian vegetation contributes to air quality regulation through particulate deposition, gaseous pollutant uptake, and microclimate regulation.

Keywords : Carbon; Kali Kuning; Particulate Matter; Riparian Vegetation

MOTTO

“Maka, sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan. Sesungguhnya beserta kesulitan ada kemudahan.”

(QS. Al-Insyirah [94]: 5–6)

*“Working hard is important, but there's something that matters even more:
believing in yourself.”*

(Harry Potter)

“Be strong, jangan mundur hanya karena hambatan terasa besar. Takut bukan alasan untuk berhenti, tetaplah melangkah”

(Dr. Eka Sulistiyowati, S.Si., M.A., M.IWM)

“Happiness can be found even in the darkest of times, if one only remembers to turn on the light.”

(Albus Dumbledore, Harry Potter)

“Selalu ada harga dalam sebuah proses. Nikmati saja lelah-lelah itu. Lebarakan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau investasikan untuk menjadikan dirimu serupa yang kau impikan, mungkin tidak akan selalu berjalan lancar. Tapi, gelombang-gelombang itu yang nanti bisa kau ceritakan.”

(Boy Chandra)

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahillāhi rabbil 'ālamīn.

Dengan penuh rasa syukur, skripsi ini penyusun persembahkan kepada Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, kekuatan, serta kemudahan yang senantiasa menyertai setiap proses penyusunannya. Tanpa pertolongan-Nya, setiap ikhtiar yang telah ditempuh tidak akan sampai pada titik ini.

Teruntuk kedua orang tua tercinta, Ibu Anik dan Bapak Subur. Tidak ada rangkaian kata yang mampu menggambarkan besarnya cinta, kasih sayang, pengorbanan, serta ketulusan doa yang selalu kalian berikan. Terima kasih atas setiap doa yang tidak pernah terputus, kepercayaan yang senantiasa kalian tanamkan, serta kesabaran yang tidak pernah surut dalam mendampingi setiap langkah penyusun. Ibu dan Bapak adalah orang pertama yang selalu meyakini kemampuan penyusun, bahkan ketika penyusun sempat meragukan diri sendiri. Segala pencapaian dalam skripsi ini tidak terlepas dari doa, dukungan, dan perjuangan kalian.

Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan, keberkahan, kebahagiaan, serta membalas setiap pengorbanan yang telah diberikan dengan balasan terbaik di dunia maupun di akhirat. Semoga karya sederhana ini menjadi salah satu bentuk bakti dan kebanggaan yang dapat penyusun persembahkan kepada Ibu dan Bapak.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum. Wr. Wb.

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis diberikan kekuatan, kemudahan, dan kemampuan untuk menyelesaikan skripsi yang berjudul **Komposisi dan Struktur Vegetasi Riparian dalam Variasi Konsentrasi *Particulate Matter* (PM) dan Karbon di Kali Kuning, Yogyakarta**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu pada Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang penuh dengan ilmu pengetahuan, iman, dan cahaya Islam.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Penulis juga menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terwujud dari dukungan dan bantuan banyak pihak secara moril maupun materiil. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan rasa hormat kepada:

1. Ibu Dr. Ika Nugraheni Ari Martiwi, S.Si., M.Si selaku Ketua Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga;
2. Ibu Dr. Arifah Khusnuryani, S.Si., M.Si. selaku Dosen Penasihat Akademik yang telah memberikan motivasi, semangat, dan dukungan kepada penulis agar skripsi ini dapat diselesaikan tepat waktu;
3. Ibu Dr. Eka Sulistiyowati, S.Si., M.A., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, perhatian, dan dukungan selama proses penyusunan skripsi ini. Penulis menyampaikan terima kasih atas kesabaran, ketulusan, serta kepercayaan yang telah Ibu berikan dalam mendampingi penulis melalui setiap tahapan penyusunan skripsi. Setiap dorongan dan motivasi yang diberikan menjadi sumber penguatan bagi penulis, khususnya pada saat menghadapi berbagai kendala selama proses penyelesaian skripsi. Penulis juga menyampaikan terima kasih atas pengertian, kemudahan, dan

kepedulian yang telah diberikan sehingga penulis merasa senantiasa didampingi dalam menyelesaikan penelitian ini. Semoga Allah SWT senantiasa menganugerahkan Ibu kesehatan, keberkahan, kebahagiaan, serta membalas setiap kebaikan dan ketulusan yang telah Ibu berikan;

4. Ibu Siti Aisah, S.Si., M.Si dan Bapak Ardyan Pramudya Kurniawan, S.Si., M.Si, selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak dukungan, masukan, kritikan dan saran kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Semoga Allah SWT senantiasa menganugerahkan Ibu dan Bapak kesehatan, keberkahan, kebahagiaan, serta membalas setiap kebaikan dan ketulusan yang telah Ibu dan Bapak berikan;
5. Seluruh dosen Prodi Biologi atas segala ilmu yang telah diberikan kepada penulis;
6. Keluarga besar penulis; khususnya Bapak Subur dan Ibu Anik Nur H. yang selalu memberikan motivasi, dukungan, dan doa serta senantiasa memberikan yang terbaik kepada penulis untuk kelancaran studi dan penelitian;
7. Deby Yulianti, Abdul Rafi Hidayatullah, Mahrani Piliang, dan Muakhillah Febi Bariya, teman-teman seperjuangan yang telah menjadi bagian berharga dalam perjalanan penyusunan skripsi ini. Terima kasih telah hadir dalam setiap langkah, mengulurkan tangan di kala sulit, meluangkan waktu di tengah kesibukan, serta menjadi tempat berbagi lelah dan cerita selama perjalanan ini. Kehadiran kalian membuat perjalanan panjang ini terasa lebih ringan dan menjadi pengingat bahwa saya tidak pernah benar-benar berjalan sendirian. Semoga segala kebaikan dan ketulusan yang telah kalian berikan dibalas dengan kebaikan yang berlipat ganda, serta semoga keberhasilan dan kebahagiaan senantiasa menyertai setiap langkah kalian ke depannya;
8. Aufa Rafif, adik tingkat yang hadir sebagai salah satu pendukung berarti dalam perjalanan penyusunan skripsi ini. Terima kasih telah menjadi tempat berbagi cerita, senantiasa membantu dalam berbagai hal, dari hal-hal kecil hingga yang begitu berarti, serta selalu peduli dan mengingatkan penulis

untuk menjaga kesehatan. Dukungan dan ketulusanmu memberi arti besar dalam perjalanan ini. Semoga segala kebaikanmu selalu kembali dalam bentuk kebahagiaan dan keberkahan;

9. Abdul Rafi Hidayatullah, Asya Nur Hayati, Ilham Ikhlasul Amal, dan Sahal Chafidzi, teman-teman seperjuangan dalam bimbingan yang telah membersamai proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih atas setiap bantuan, dukungan, dan semangat yang membuat perjalanan ini terasa lebih ringan. Semoga kebaikan kalian selalu dibalas dengan keberhasilan dan kebahagiaan;
10. Teman-teman Program Studi Biologi 2022, terima kasih telah menjadi keluarga yang tumbuh bersama, berbagi cerita, melewati suka dan duka, serta saling menguatkan sepanjang perjalanan perkuliahan ini;

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat serta menjadi kontribusi positif bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya dalam bidang ekologi tumbuhan dan lingkungan pada Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta. Selain itu, skripsi ini diharapkan dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi pembaca maupun peneliti selanjutnya.

Yogyakarta, 30 Juli 2026

Ade Idaheryana

DAFTAR ISI

COVER	1
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	i
HALAMAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN SURAT PERSETUJUAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
MOTTO	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Tujuan Penelitian	6
D. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Kondisi Pencemaran Udara.....	8
B. Materi Partikulat dan Karbon sebagai Polutan Udara.....	8
C. Pengukuran Polutan Udara dan Baku Mutu Udara Ambien	11
D. Peran Vegetasi Dalam Pencemaran Udara	13

E.	Siklus Karbon dan Kebijakan Nasional	19
F.	Gap Penelitian.....	20
BAB III METODE PENELITIAN		24
A.	Waktu dan Tempat Penelitian.....	24
B.	Alat dan Bahan.....	26
C.	Prosedur Kerja	27
D.	Analisis Data.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		35
A.	Komposisi dan Struktur Vegetasi Riparian di Kali Kuning, Yogyakarta	35
B.	Konsentrasi Polutan Udara pada Ekosistem Riparian Kali Kuning, Yogyakarta	45
C.	Hubungan Komposisi Vegetasi Riparian dengan Konsentrasi Polutan Udara dan Parameter Lingkungan	51
BAB V PENUTUP.....		62
A.	Kesimpulan	62
B.	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA.....		64
LAMPIRAN.....		73

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Jumlah spesies berdasarkan famili pada vegetasi riparian di tiga lokasi penelitian Kali Kuning, Yogyakarta.....	41
Tabel 2. Jumlah kendaraan yang melintas selama periode pengukuran pada setiap lokasi penelitian di DAS Kali Kuning	46



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Mekanisme respons tanaman terhadap paparan polutan udara melalui jalur apoplastik dan regulasi sinyal reaktif	13
Gambar 2. Struktur mikro permukaan daun yang berperan dalam retensi partikulat (PM)	15
Gambar 3. Mekanisme masuknya polutan gas melalui stomata dan interaksinya dengan jaringan internal daun	16
Gambar 4. Peta lokasi pengambilan sampel penelitian.....	25
Gambar 5. Kondisi vegetasi riparian pada tiga lokasi penelitian di DAS Kali Kuning, Yogyakarta.....	26
Gambar 6. Desain Plot Penelitian	28
Gambar 7. Nilai Indeks Nilai Penting (INP) spesies penyusun vegetasi riparian pada habitus pohon	35
Gambar 8. Nilai Indeks Nilai Penting (INP) spesies penyusun vegetasi riparian pada habitus semak	36
Gambar 9. Nilai Indeks Nilai Penting (INP) spesies penyusun vegetasi riparian pada habitus herba	38
Gambar 10. Nilai Indeks Nilai Penting (INP) spesies penyusun vegetasi riparian pada habitus rumput	39
Gambar 11. Nilai Indeks Nilai Penting (INP) spesies penyusun vegetasi riparian pada habitus liana.....	40
Gambar 12. Nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') vegetasi riparian di DAS Kali Kuning.....	43
Gambar 13. Nilai parameter lingkungan pada tiga lokasi penelitian di kawasan riparian DAS Kali Kuning, Yogyakarta.	43
Gambar 14. Perbandingan konsentrasi PM _{2.5} dan PM ₁₀ pada tiga lokasi penelitian di DAS Kali Kuning.....	46
Gambar 15. Perbandingan konsentrasi CO dan CO ₂ pada tiga lokasi penelitian di DAS Kali Kuning.....	46
Gambar 16. Analisis Canonical Correspondence Analysis (CCA) vegetasi pohon	

riparian dengan gradien polutan udara dan parameter lingkungan.	51
Gambar 17. Analisis Canonical Correspondence Analysis (CCA) vegetasi semak riparian dengan gradien polutan udara dan parameter lingkungan.	53
Gambar 18. Analisis Canonical Correspondence Analysis (CCA) vegetasi herba riparian dengan gradien polutan udara dan parameter lingkungan.	55
Gambar 19. Analisis Canonical Correspondence Analysis (CCA) vegetasi rumput riparian dengan gradien polutan udara dan parameter lingkungan.	56
Gambar 20. Analisis Canonical Correspondence Analysis (CCA) vegetasi liana riparian dengan gradien polutan udara dan parameter lingkungan.	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Vegetasi dengan nilai INP tertinggi.....	73
Lampiran 2. Lokasi penelitian di DAS Kali Kuning, Yogyakarta	74
Lampiran 3. Kegiatan pengamatan dan pengukuran vegetasi riparian, polutan udara, dan parameter lingkungan.....	75
Lampiran 4. Jumlah individu vegetasi habitus pohon di lokasi 1 penelitian (Jembatan Kadisoka).....	78
Lampiran 5. Jumlah individu vegetasi habitus semak di lokasi 1 penelitian (Jembatan Kadisoka).....	78
Lampiran 6. Jumlah individu vegetasi habitus herba di lokasi 1 penelitian (Jembatan Kadisoka).....	78
Lampiran 7. Jumlah individu vegetasi habitus rumput di lokasi 1 penelitian (Jembatan Kadisoka).....	79
Lampiran 8. Jumlah individu vegetasi habitus liana di lokasi 1 penelitian (Jembatan Kadisoka).....	79
Lampiran 9. Jumlah individu vegetasi habitus pohon di lokasi 2 penelitian (Jembatan Kabunan)	80
Lampiran 10. Jumlah individu vegetasi habitus semak di lokasi 2 penelitian (Jembatan Kabunan)	80
Lampiran 11. Jumlah individu vegetasi habitus herba di lokasi 2 penelitian (Jembatan Kabunan).....	80
Lampiran 12. Jumlah individu vegetasi habitus rumput di lokasi 2 penelitian (Jembatan Kabunan)	81
Lampiran 13. Jumlah individu vegetasi habitus liana di lokasi 2 penelitian (Jembatan Kabunan).....	81
Lampiran 14. Jumlah individu vegetasi habitus pohon di lokasi 3 penelitian (Jembatan DAM)	81
Lampiran 15. Jumlah individu vegetasi habitus semak di lokasi 3 penelitian (Jembatan DAM)	82
Lampiran 16. Jumlah individu vegetasi habitus herba di lokasi 3 penelitian	

(Jembatan DAM)	82
Lampiran 17. Jumlah individu vegetasi habitus rumput di lokasi 3 penelitian (Jembatan DAM)	83
Lampiran 18. Jumlah individu vegetasi habitus liana di lokasi 3 penelitian (Jembatan DAM)	83
Lampiran 19. Nilai Konsentrasi Polutan Udara (PM2.5, PM10, CO, dan CO2) di Lokasi 1 (Jembatan Kadisoka)	83
Lampiran 20. Nilai Konsentrasi Parameter Lingkungan di Lokasi 1 (Jembatan Kadisoka)	86
Lampiran 21. Nilai Konsentrasi Polutan Udara dan Parameter Lingkungan di Lokasi 2 (Jembatan Kabunan)	87
Lampiran 22. Nilai Konsentrasi Polutan Udara dan Parameter Lingkungan di Lokasi 2 (Jembatan Kabunan)	89
Lampiran 23. Nilai Konsentrasi Polutan Udara dan Parameter Lingkungan di Lokasi 3 (Jembatan DAM Sambirejo)	90
Lampiran 24. Nilai Konsentrasi Polutan Udara dan Parameter Lingkungan di Lokasi 3 (Jembatan DAM Sambirejo)	92
Lampiran 25. Nilai Indeks Shannon-Wiener (H') di Lokasi 1 (Jembatan Kadisoka)	93
Lampiran 26. Nilai Indeks Shannon-Wiener (H') di Lokasi 2 (Jembatan Kabunan)	94
Lampiran 27. Nilai Indeks Shannon-Wiener (H') di Lokasi 3 (Jembatan DAM Sambirejo)	95

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pencemaran udara merupakan isu lingkungan global yang krusial, karena berdampak terhadap kesehatan masyarakat dan mempercepat dinamika perubahan iklim. Dalam data *World Health Organization* (WHO) menunjukkan bahwa hampir seluruh populasi global sekitar 99%, telah menghirup udara dengan tingkat polutan yang melebihi batas aman, dimana negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah mengalami paparan tertinggi (WHO, 2024). Polusi udara secara signifikan meningkatkan morbiditas dan mortalitas akibat penyakit kardiovaskular, pernapasan, serta kanker paru-paru. Di seluruh dunia, paparan polusi udara diperkirakan mengakibatkan jutaan kematian dini dan hilangnya tahun-tahun hidup sehat setiap tahunnya (WHO, 2021).

Ancaman terbesar pada polusi udara salah satunya datang dari *Particulate Matter* (PM), seperti PM_{2.5} dan PM₁₀. *Particulate Matter* (PM) ialah partikel padat mikroskopis yang tersuspensi di udara dan dapat terhirup oleh manusia. PM₁₀ berukuran $\leq 10 \mu\text{m}$ yang biasanya terperangkap di saluran pernapasan bagian atas dan sistem pencernaan, sedangkan PM_{2.5} yang berukuran lebih halus mampu menembus jauh ke dalam paru-paru dan masuk ke sistem organ lain (As'ari, 2023). Partikel-partikel kecil ini dapat berdampak buruk bagi kesehatan manusia karena terdiri dari bahan kimia organik berbahaya, logam, sulfat, nitrat, dan amonium (Pryor *et al.*, 2022).

Paparan PM₁₀ pada konsentrasi sekitar $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ diketahui dapat menurunkan fungsi paru-paru pada anak-anak, sedangkan pada paparan $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat memperburuk kondisi penderita bronkitis (Sukmawati & Warisaura, 2023). Peningkatan mortalitas terkait penyakit pernapasan sebesar 0,58% berkaitan dengan setiap peningkatan $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ konsentrasi PM₁₀ di udara ambien, sementara peningkatan rawat inap terkait penyakit pernapasan sebesar 2,07% berkaitan dengan peningkatan konsentrasi PM_{2.5}.

Berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa paparan partikulat berhubungan dengan timbulnya berbagai gangguan sistem pernapasan, seperti penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), asma, kerusakan jaringan paru interstisial, serta kanker paru-paru (Pryor *et al.*, 2022).

Karbon monoksida (CO) merupakan gas yang dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna, tidak berwarna, tidak berbau, dan memiliki sifat toksik, dengan ambang batas nasional berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 sebesar 10.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per jam (Rangkuti *et al.*, 2022). Meskipun bukan merupakan gas rumah kaca (GRK) utama, tetapi keberadaanya di atmosfer dapat memberikan pengaruh tidak langsung terhadap perubahan iklim melalui mekanisme kimia atmosfer. Karbon monoksida (CO) berperan dalam reaksi fotokimia yang mempengaruhi pembentukan ozon troposfer (O_3) serta konsentrasi metana (CH_4), sedangkan oksidasi CO di atmosfer berkontribusi terhadap pembentukan karbon dioksida (CO_2). Ozon troposfer merupakan GRK yang berkontribusi terhadap pemanasan atmosfer sehingga perubahan konsentrasi CO dapat mempengaruhi dinamika iklim secara tidak langsung (Daniel & Solomon, 1998; Froidevaux *et al.*, 2025).

Karbon dioksida (CO_2) merupakan gas rumah kaca utama yang tidak berwarna dan tidak berbau, dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar fosil serta respirasi makhluk hidup. Peningkatan konsentrasi CO_2 di atmosfer berkontribusi terhadap pemanasan global melalui efek rumah kaca (Umeda *et al.*, 2021). Secara fisik, Gas CO_2 memiliki struktur molekul yang memungkinkan gas tersebut menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah yang dipancarkan oleh permukaan bumi setelah menerima radiasi matahari. Radiasi inframerah yang diserap oleh molekul CO_2 kemudian dipancarkan kembali ke segala arah, sehingga sebagian energi panas terperangkap dalam sistem bumi-atmosfer dan meningkatkan suhu permukaan (Kumar *et al.*, 2024). Peningkatan konsentrasi CO_2 juga terbukti dapat menyumbang sekitar 2,16 W/m^2 atau setara dengan 64% dari total *radiative forcing* akibat gas rumah kaca. Angka tersebut menegaskan bahwa

CO₂ merupakan faktor dominan dalam mendorong pemanasan atmosfer dibandingkan gas rumah kaca lainnya (Kumar *et al.*, 2024; Forster *et al.*, 2026).

Paparan CO₂ dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan kelelahan, sakit kepala, dan gangguan pernapasan. Konsentrasi 0,1% diketahui dapat mempengaruhi sistem pernapasan, sedangkan konsentrasi di atas 5% (50.000 ppm) dapat menyebabkan penumpukan CO₂ dalam darah (hiperkapnia) dan meningkatkan keasaman darah (asidosis respiratorik). Pada konsentrasi yang sangat tinggi, yaitu di atas 10% (100.000 ppm), CO₂ dapat memicu kejang, koma, hingga kematian (Umeda *et al.*, 2021). Dampak CO₂ tidak hanya terjadi akibat paparan tinggi dalam waktu singkat. Paparan jangka panjang pada konsentrasi 1.000 – 3.000 ppm juga dapat menurunkan kemampuan berpikir, menyebabkan kelelahan berkepanjangan, memperburuk penyakit paru obstruktif kronis (PPOK), serta berpotensi merusak materi genetik dan meningkatkan risiko kanker (Fan *et al.*, 2023).

Karbon monoksida (CO) memiliki mekanisme kerja yang lebih kompleks di dalam tubuh dibandingkan CO₂. Gas CO memiliki daya ikat terhadap haemoglobin sekitar 210 kali lebih kuat daripada oksigen sehingga membentuk karboksihemoglobin (COHb). Ikatan tersebut mengurangi kemampuan darah untuk mengangkut oksigen ke seluruh tubuh (Rangkuti *et al.*, 2022). Selain itu, CO juga menghambat pelepasan oksigen dari hemoglobin ke jaringan sehingga sel-sel tubuh semakin kekurangan oksigen, CO juga menghambat kerja mitokondria, yaitu organel yang menghasilkan energi di dalam sel, sehingga produksi energi menurun dan pembentukan *reactive oxygen species* (ROS) meningkat. Kondisi tersebut dapat menyebabkan kerusakan jaringan, terutama pada otak dan jantung, serta meningkatkan risiko gangguan daya ingat, depresi, dan gangguan jantung bahkan beberapa bulan setelah keracunan terjadi (Dent *et al.*, 2024).

Berbagai upaya pengendalian pencemaran udara selama ini banyak mengandalkan teknologi filtrasi, regulasi emisi industri, hingga kebijakan

transportasi hijau. Namun, pendekatan ekologis melalui pemanfaatan vegetasi sebagai penyerap alami polutan udara masih belum dimanfaatkan secara optimal. Vegetasi mampu menyerap dan menurunkan konsentrasi polutan seperti karbon dioksida (CO_2), partikulat, serta gas pencemar lainnya melalui proses fotosintesis dan deposisi daun (Vashist *et al.*, 2024). Meskipun demikian, penelitian spesifik terhadap vegetasi riparian sebagai penyerap polutan masih sangat terbatas, sebagian besar studi masih berfokus pada vegetasi perkotaan seperti taman kota, jalur hijau jalan, dan ruang terbuka hijau publik.

Berbagai penelitian telah menunjukkan peran signifikan vegetasi dalam mereduksi polusi udara pada kawasan urban. Penelitian yang dilakukan oleh Yahya *et al.* (2025) pada koridor Jalan Tol Jagorawi menunjukkan bahwa vegetasi ruang terbuka hijau (RTH) mampu menyerap sebesar 56.393 kg CO_2 per hari, atau sekitar 13,54% dari total emisi kendaraan bermotor yang melintas. Meskipun demikian, kapasitas serapan tersebut dinilai belum optimal akibat keterbatasan jumlah dan jenis vegetasi yang tersedia. Demikian pula, penelitian Firdausi & Setyawan (2025) di jalur hijau Kelurahan Kotabaru, Yogyakarta, mengindikasikan bahwa keberagaman jenis vegetasi berkontribusi terhadap peningkatan fungsi ekologis, termasuk kemampuan penyerapan polutan udara dari aktivitas transportasi. Hal ini menegaskan pentingnya variasi jenis vegetasi untuk meningkatkan fungsi ekologis kawasan hijau.

Salah satu bentuk kawasan hijau yang berpotensi besar namun belum banyak diteliti adalah daerah aliran sungai (DAS) sebagai zona riparian. Berdasarkan penelitian Wang *et al.* (2021), menunjukkan bahwa vegetasi riparian efektif menurunkan konsentrasi partikulat udara ($\text{PM}_{2.5}$ dan PM_{10}), terutama pada kombinasi pohon, semak, dan rumput di kondisi aliran udara ringan. Selain itu, berdasarkan penelitian Woosono *et al.* (2024) menunjukkan bahwa zona riparian sebagai lahan basah memungkinkan vegetasi di sekitarnya mampu menyerap karbon lebih banyak. Analisis data dari Sungai Pusur menunjukkan bahwa cadangan karbon per hektar tertinggi

di blok *upland* mencapai 9085,91 kg/ha, yang secara tegas menyoroti peran penting kawasan ini sebagai penyimpan karbon di luar area hutan.

Kali Kuning merupakan alur sungai di lereng selatan Gunung Merapi yang berada dalam kawasan Taman Nasional dan memiliki dinamika lingkungan tinggi akibat pengaruh material erupsi yang terus-menerus mengubah bentuk serta fungsi alur sungainya (Darmanto, 2013). Menurut Muhamad (2017) Zona KaliKuning-Kaliadem merupakan bagian dari zona pemanfaatan TNGM, yang berfungsi sebagai destinasi ekowisata berbasis ekologi sekaligus sumber utama jasa lingkungan. Di wilayah ini, vegetasi seperti *Schima wallichii*, *Syzygium polyanthum*, dan *Altingia excelsa* sangat penting untuk menstabilkan tanah, menyerap karbon, dan menjaga kualitas udara (Muhamad, 2017).

Kali Kuning merupakan alur sungai di lereng selatan Gunung Merapi yang berada di kawasan berkarakter vulkanik dengan pemukiman desa dan aktivitas pertanian serta penambangan lokal, bukan di wilayah perkotaan atau pusat transportasi padat (Darmanto, 2013). Kondisi tersebut menimbulkan tekanan ekologis pada zona riparian yang berfungsi sebagai ruang terbuka hijau alami. Selain berdampak pada kesehatan masyarakat, paparan polusi juga menurunkan fungsi ekologis vegetasi riparian sebagai penyerap polutan udara. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk memetakan tingkat pencemaran udara di sepanjang Kali Kuning serta menilai korelasi antara vegetasi riparian, konsentrasi polutan udara, dan parameter lingkungan dalam mereduksi polutan sebagai dasar pengelolaan lingkungan berbasis ekologi yang berkelanjutan.

Penelitian ini berupaya mengintegrasikan analisis komposisi dan struktur vegetasi riparian dengan variasi konsentrasi partikulat ($PM_{2.5}$ dan PM_{10}), karbon monoksida (CO), dan karbon dioksida (CO_2) secara spasial di sepanjang Kali Kuning, Yogyakarta. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih menekankan ruang terbuka hijau perkotaan, penelitian ini menyoroti karakteristik khas ekosistem riparian. Penelitian semacam ini masih terbatas, terutama di wilayah tropis seperti sub-DAS

Kali Kuning, sehingga mengakibatkan minimnya data empiris lokal tentang peran vegetasi riparian dalam mitigasi polusi udara. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari jenis dan struktur vegetasi riparian dapat berkontribusi terhadap pengurangan partikulat udara dan kadar karbon, sekaligus memberikan landasan ilmiah bagi pengelolaan zona riparian dalam pengendalian polusi dan perbaikan lingkungan berkelanjutan.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana komposisi dan struktur vegetasi riparian pada Kali Kuning, Yogyakarta?
2. Bagaimana konsentrasi polutan udara, khususnya partikulat ($PM_{2.5}$ dan PM_{10}) serta senyawa karbon (CO dan CO_2) pada ekosistem riparian Kali Kuning, Yogyakarta?
3. Bagaimana hubungan antara komposisi vegetasi riparian dengan konsentrasi polutan udara ($PM_{2.5}$, PM_{10} , CO , dan CO_2) serta parameter lingkungan (kecepatan angin dan intensitas cahaya) di kawasan Kali Kuning, Yogyakarta?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis komposisi dan struktur vegetasi riparian yang terdapat di Kali Kuning, Yogyakarta.
2. Menganalisis konsentrasi polutan udara, meliputi partikulat ($PM_{2.5}$ dan PM_{10}) serta senyawa karbon (CO dan CO_2), pada ekosistem riparian Kali Kuning, Yogyakarta.
3. Menganalisis hubungan antara komposisi vegetasi riparian dengan konsentrasi polutan udara ($PM_{2.5}$, PM_{10} , CO , dan CO_2) serta parameter lingkungan (kecepatan angin dan intensitas cahaya) di kawasan Kali Kuning, Yogyakarta.

D. Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi ilmiah mengenai komposisi dan struktur vegetasi riparian di Kali Kuning Yogyakarta, yang dapat menjadi dasar dalam upaya pengelolaan dan pelestarian ekosistem riparian di kawasan perkotaan.
2. Menyediakan data empiris mengenai peran vegetasi riparian dalam menurunkan konsentrasi polutan udara sehingga dapat mendukung strategi mitigasi polusi udara di perkotaan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai komposisi dan struktur vegetasi riparian serta hubungannya dengan konsentrasi polutan udara di DAS Kali Kuning, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Vegetasi riparian di tiga lokasi penelitian DAS Kali Kuning memiliki komposisi dan struktur yang bervariasi antarlokasi. Setiap lokasi menunjukkan spesies dengan dominansi berbeda pada masing-masing kelompok habitus, baik pohon, semak, herba, rumput, maupun liana. Lokasi 2 (Jembatan Kabunan) memiliki jumlah spesies terbanyak, sedangkan nilai keanekaragaman Shannon–Wiener (H') tertinggi terdapat di Lokasi 1 (Jembatan Kadisoka). Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa jumlah spesies yang lebih tinggi tidak selalu diikuti oleh tingkat keanekaragaman yang lebih tinggi karena indeks keanekaragaman juga dipengaruhi oleh proporsi kelimpahan masing-masing spesies dalam komunitas.
2. Konsentrasi $PM_{2.5}$ dan PM_{10} tertinggi ditemukan di Lokasi 2 (Jembatan Kabunan), konsentrasi CO tertinggi di Lokasi 3 (Jembatan DAM), dan konsentrasi CO_2 tertinggi di Lokasi 1 (Jembatan Kadisoka). Konsentrasi $PM_{2.5}$, PM_{10} , dan CO yang terukur masih berada di bawah baku mutu udara ambien nasional berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, sedangkan konsentrasi CO_2 tidak dibandingkan dengan baku mutu udara ambien tersebut.
3. Hasil *Canonical Correspondence Analysis* (CCA) menunjukkan bahwa komposisi vegetasi riparian lebih dekat hubungannya dengan gradien CO, CO_2 , kelembaban tanah, pH tanah, dan suhu udara dibandingkan dengan $PM_{2.5}$ dan PM_{10} . Keterkaitan vegetasi dengan $PM_{2.5}$ dan PM_{10} relatif lemah akibat kecilnya variasi konsentrasi partikulat antar lokasi. Vegetasi riparian berperan dalam mempengaruhi kualitas udara melalui deposisi partikulat, penyerapan gas, dan pengaturan mikroklimat,

sedangkan struktur komunitasnya dibentuk oleh interaksi antara faktor lingkungan dan gangguan antropogenik.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengukur biomassa vegetasi dan mengestimasi cadangan karbon. Analisis tersebut diperlukan untuk memperoleh informasi kuantitatif mengenai kapasitas vegetasi riparian dalam menyerap dan menyimpan karbon sehingga perannya sebagai *carbon sink* dapat dijelaskan secara lebih komprehensif.
2. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menganalisis kemampuan setiap spesies vegetasi riparian dalam menangkap partikulat melalui pengukuran akumulasi PM pada permukaan daun serta karakter morfologi daun. Analisis tersebut diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai mekanisme penyerapan polutan udara oleh vegetasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Addikah, C., Abubeker, H., Mukiibi, A., Bairu, M., Amelework, A., Laan, M. Van Der, & Mangani, R. (2026). Current and future potential of cassava (*Manihot esculenta*) in Southern Africa : a scoping review. *Discover Agriculture*, 4(120).
- Agustin, A., Fitriyani, A., Lindiyani, L., & Supriatna, A. (2024). Keanekaragaman famili Poaceae di Wilayah Kampus I UIN Sunan Gunung Djati Bandung. *Polygon : Jurnal Ilmu Komputer Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 2(4), 15–23.
- Artana, I. G. N. B., Rai, I. B. N., & Bakta, I. M. (2018). Polusi udara terkait lalu lintas dan kesehatan respirasi. *Intisari Sains Medis*, 9(3), 101–105.
- As'ari, R. M. (2023). Hubungan kadar PM2.5 dan PM10 terhadap keluhan dyspnea warga Desa Lakardowo, Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur. *Environmental Pollution Journal*, 2(2), 419–425.
- Ashari, A., Nurussolikhin, R. P. S., Putri, A., Ervin, M., & Wardoyo, M. A. I. (2025). Spatio-temporal patterns of air quality on commuter lane of the sub-urban area of Yogyakarta, Indonesia. *Environmental Research and Technology*, 8(2), 354–371.
- Badi'ah, L. N., Darmanti, S., & Prihastanti, E. (2024). Toleransi berbagai tanaman hias terhadap polutan karbon monoksida (CO) di Kecamatan Tembalang dan Banyumanik Kota Semarang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(4), 1088–1099.
- Bando, A. H., Siahaan, R., & Langoy, M. L. D. (2016). Keanekaragaman vegetasi riparian di Sungai Tewalen, Kabupaten Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Sains*, 16(1), 7–11.
- Banerjee, A. K., & Dewanji, A. (2017). Role of intraspecific trait plasticity in *Mikania micrantha* Kunth growth and impact of its abundance on community composition. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 10(2), 237–249.
- Budiharta, S., & Holl, K. D. (2025). Harnessing opportunities to upscale forest landscape restoration in Indonesia. *Trees, Forests and People*, 21, 100917.
- Budka, A., Szoszkiewicz, K., Pietruczuk, K., & Agaj, T. (2024). Discovering the ecological structure of different macrophyte groups in rivers using non-parametric and parametric multivariate ordination techniques. *Scientific Reports*, 14, 13313.
- Chaudhuri, S., & Kumar, A. (2022). Urban greenery for air pollution control: A meta-analysis of current practice, progress, and challenges. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(3), 235.
- Cheewinsiriwat, P., Duangyiwa, C., Sukitpaneenit, M., & Stettler, M. E. J. (2022). Influence of land use and meteorological factors on PM2.5 and PM10 concentrations in Bangkok, Thailand. *Sustainability*, 14(9), 5367.
- Chen, K., Breitner, S., Wolf, K., Stafoggia, M., Sera, F., Vicedo-cabrera, A. M., Guo, Y., Tong, S., Lavigne, E., Íñiguez, C., Forsberg, B., Åström, C., Ragettli, M. S., Guo, Y. L., Chen, B., Li, S., Milojevic, A., Zanobetti, A., Schwartz, J., ... Schneider, A. (2021). Ambient carbon monoxide and daily mortality: A global time-series study in 337 cities. *The Lancet. Planetary Health*, 5(4), e191–e199.
- Chibuzo, A. W., Onyedikachukwu, U. G., Sylvalyn, A. I., Sussan, E. I., & Sunday, O. E. C. (2023). Ecological study of *Aspilia africana* and *Sida acuta* and the comparative study of their phytochemical constituents. *Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry*, 9(3), 208–223.
- Choy, Y. K., & Onuma, A. (2025). The tropical peatlands in Indonesia and global environmental change: a multi-dimensional system-based analysis and policy implications. *Regional Science and Environmental Economics*, 2(17), 1–41.
- Daniel, J. S., & Solomon, S. (1998). On the climate forcing of carbon monoxide. *Journal*

- of Geophysical Research: Atmospheres, 103(D11), 13249–13260.
- Darmanto, D. (2013). Environmental management at Kuning River Course in Merapi Volcano Yogyakarta Special Region. *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 20(1), 100–118.
- Dent, M. R., Rose, J. J., Tejero, J., & Gladwin, M. T. (2024). Carbon monoxide poisoning: From microbes to therapeutics. *Annual Review of Medicine*, 75, 337–351.
- Dinca, L., Murariu, G., & Lupoae, M. (2025). Understanding the ecosystem services of riparian forests: patterns, gaps, and global trends. *Forests*, 16(947), 1–26.
- Dodds, W. K., Barmuta, L. A., Bernal, S., Corman, J., Harms, T. K., Johnson, S. L., Silva, L. C. R., Stella, J. C., Li, L., Cunha, F., Olden, J. D., Riis, T., Silvia, L. C. R., Stella, J. C., Sullivan, P., & Wohl, E. (2025). Defining stream riparian zones across multidimensional environmental gradients. *Journal of Environmental Quality*, 54(6), 1–12.
- Douglas, A. N. J., Irga, P. J., & Torpy, F. R. (2023). Investigating vegetation types based on the spatial variation in air pollutant concentrations associated with different forms of urban forestry. *Environments*, 10(2), 32.
- Duggan, S. (2024). Carbon monoxide exposure inside UK road vehicles: a pilot study. *Environment International*, 194, 109070.
- Dybkjær, J. B., Baattrup-pedersen, A., Kronvang, B., & Thodsen, H. (2012). Diversity and distribution of riparian plant communities in relation to stream size and eutrophication. *Journal of Environmental Quality*, 41(2), 348–354.
- Ernikawati, & Sandalayuk, D. (2024). Analisis indeks nilai penting hutan mangrove Bulalo Gorontalo Utara. *Jurnal Penelitian Kehutanan*, 18(2), 215–229.
- Fan, Y., Cao, X., Zhang, J., Lai, D., & Pang, L. (2023). Short-term exposure to indoor carbon dioxide and cognitive task performance: A systematic review and meta-analysis. *Building and Environment*, 237, 110331.
- Fikriyya, N., Putri, A. K., & Silalahi, M. (2023). Keanekaragaman vegetasi riparian Sungai Banjarnegara di Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah. *Buletin Kebun Raya*, 26(3), 126–139.
- Firdausi, E., & Setyawan, A. D. (2025). Keanekaragaman dan fungsi vegetasi di jalur hijau Kelurahan Kotabaru, Kecamatan Gondokusuman, Kota Yogyakarta. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan*, 9(2), 161–177.
- Firmansyah, A., Dewi, A. L., Hirma, E. S., Briliyanto, M. B. A., Nurjannah, M., & Nooraeni, R. (2020). Pengelompokan titik wilayah di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta berdasarkan kualitas udara menggunakan algoritma fuzzy c-means. *Jurnal Matematika Dan Statistika Serta Aplikasinya*, 8(2), 99–110.
- Forster, P. M., Walsh, T., Smith, C., Lamb, W. F., Lamboll, R., Cassou, C., Hauser, M., Hausfather, Z., Lee, J.-Y., Palmer, M. D., von Schuckmann, K., Slangen, A. B. A., Szopa, S., Trewin, B., Yun, J., Gillett, N. P., Jenkins, S., Matthews, H. D., Raghavan, K., ... Zhai, P. (2026). Indicators of Global Climate Change 2025: Annual update of key indicators of the state of the climate system and human influence. *Earth System Science Data*, 18(6), 3889–3933.
- Froidevaux, L., Kinnison, D. E., Gaubert, B., Schwartz, M. J., Livesey, N. J., Read, W. G., Bardeen, C. G., Ziemke, J. R., & Fuller, R. A. (2025). Tropical upper-tropospheric trends in ozone and carbon monoxide (2005–2020): Observational and model results. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 25(1), 597–624.
- Fussell, J. C., Franklin, M., Green, D. C., Gustafsson, M., Harrison, R. M., Hicks, W., Kelly, F. J., Kishta, F., Miller, M. R., Mudway, I. S., Oroumih, F., Selley, L., Wang, M., & Zhu, Y. (2022). A review of road traffic-derived non-exhaust particles: Emissions, physicochemical characteristics, health risks, and mitigation measures. *Environmental Science & Technology*, 56(11), 6813–6835.

- Galicia, N. F.-, Trejo, I., & Marcial, N. R.-. (2021). Environment-driven changes in diversity of riparian plant communities along a mountain river. *Ecology and Evolution*, 11(10), 5690–5701.
- Gao, J., Li, D., Jiang, H., Wen, Y., Deng, G., Wang, X., Zhang, C., & He, C. (2022). Study of the effects of ten-year microclimate regulation based on different vegetation type combinations in a city riparian zone. *Water*, 14(1932).
- Gaudichet, C., Greulich, S., Grellier, S., Janssen, P., & Rodrigues, S. (2024). Influence of local environmental gradients on ecological strategies of herbaceous communities in riverine side channels. *Journal of Vegetation Science*, 35(1), e13227.
- Hammad, D. S., Thu, K., & Miyazaki, T. (2026). Autumnal particulate matter deposition on woody plant leaves reveals trait-based species selection for air pollution mitigation. *Discover Environment*, 4(1), 267.
- Harrison, S. P., Cramer, W., Franklin, O., Prentice, I. C., Wang, H., Brännström, Å., de Boer, H., Dieckmann, U., Joshi, J., Keenan, T. F., Lavergne, A., Manzoni, S., Mengoli, G., Morfopoulos, C., Peñuelas, J., Pietsch, S., Rebel, K. T., Ryu, Y., Smith, N. G., Stocker, B. D., & Wright, I. J. (2021). Eco-evolutionary optimality as a means to improve vegetation and land-surface models. *New Phytologist*, 231(6), 2125–2141.
- Hashad, K., Yang, B., Gallagher, J., Baldauf, R., Deshmukh, P., & Zhang, K. M. (2023). Impact of roadside conifers vegetation growth on air pollution mitigation. *Landscape and Urban Planning*, 229(104594).
- Hein, K. Z., Saensouk, S., Saensouk, P., Rakarcha, S., & Chanthavongsa, K. (2025). Diversity, utilization, and conservation status of Araceae in Kalasin Province, Northeastern Thailand. *Horticulturae*, 11(372).
- Ijazah, M., & Sancayaningsih, R. P. (2015). *Penyimpanan karbon pada tegakan Pinus merkusii dan Acacia auriculiformis di Hutan Lindung Mangunan, Dlingo, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta*. 830–837.
- James, A., Rene, E. R., Bilyaminu, A. M., & Chellam, P. V. (2024). Advances in amelioration of air pollution using plants and associated microbes: An outlook on phytoremediation and other plant-based technologies. *Chemosphere*, 358, 142182.
- Jeong, N., Han, S., & Kim, J. (2022). Evaluation of vegetation configuration models for managing particulate matter along the urban street environment. *Forests*, 13(1), 46.
- Jiang, Y., Liu, C., Wen, C., & Long, Y. (2024). Study of summer microclimate and PM_{2.5} concentration in campus plant communities. *Scientific Reports*, 14, 3311.
- Jumadil. (2023). Analisis kualitas udara (nilai parameter PM_{2.5} dan karbon monoksida) di sekitar Kampus Universitas Bosowa Makassar. *Jurnal Ilmiah Ecosystem*, 23(1), 164–171.
- Jumari, J., & Soeprbowati, T. R. (2024). Vegetasi riparian Telaga Pengilon dan gangguan antropogenik. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(2), 455–463.
- Kabasinskiene, I. V.-, & Černiauskas, V. (2025). Species-specific responses of young deciduous and coniferous trees to simulated particulate matter. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1622995.
- Kim, J. J., Hann, T., & Lee, S. J. (2019). Effect of flow and humidity on indoor deposition of particulate. *Environmental Pollution*, 255, 113263.
- Koch, A., Huban, W., & Lewis, S. L. (2021). Earth system models are not capturing present-day tropical forest carbon dynamics earth's future. *Earth's Future*, 9(5), 1–19.
- Krisnawati, H., Varis, E., Kallio, M., & Kanninen, M. (2011). *Paraserianthes falcataria (L.) Nielsen : ekologi, silvikultur dan produktivitas*.
- Kumar, A., Dadhwal, M., Mukherjee, G., Srivastava, A., Gupta, S., & Ahuja, V. (2024). Phytoremediation: Sustainable approach for heavy metal pollution. *Scientifica*, 2024, 3909400.

- Lawson, T., & Leakey, A. D. B. (2024). Stomata: Custodians of leaf gaseous exchange. *Journal of Experimental Botany*, 75(21), 6677–6682.
- Lee, U.-J., Kim, D.-B., Lee, D.-W., Kim, M.-J., & Lee, S.-D. (2025). Spatiotemporal analysis of air pollutants and forest vegetation characteristics in Gangwon Province, South Korea. *Frontiers in Forests and Global Change*, 8, 1600248.
- Lei, Z., Wang, Q., & Xiao, H. (2024). Carbon fixation and oxygen release capacity of typical riparian plants in Wuhan City and its influencing factors. *Sustainability*, 16(3), 1168.
- Li, Y., Wang, Y., Wang, B., Wang, Y., & Yu, W. (2019). The response of plant photosynthesis and stomatal conductance to fine particulate matter (PM_{2.5}) based on leaf factors analyzing. *Journal of Plant Biology*, 62(2), 120–128.
- Linden, J., Gustafsson, M., Uddling, J., Watne, Å., & Pleijel, H. (2023). Air pollution removal through deposition on urban vegetation: The importance of vegetation characteristics. *Urban Forestry & Urban Greening*. *Urban Forestry & Urban Greening*, 81, 127843.
- Liu, B., Yan, J., Li, W., Yin, L., Li, P., Yu, H., Xing, L., Cai, M., Wang, H., Zhao, M., Zheng, J., Sun, F., Wang, Z., Jiang, Z., Ou, Q., Li, S., Qu, L., Zhang, Q., Zheng, Y., ... Wan, F. (2020). *Mikania micrantha* genome provides insights into the molecular mechanism of rapid growth. *Nature Communications*, 11, 340.
- Liu, Z., Shen, L., Yan, C., Du, J., Li, Y., & Zhao, H. (2020). Analysis of the influence of precipitation and wind on PM_{2.5} and PM₁₀ in the atmosphere. *Advances in Meteorology*, 5039613.
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing.
- Maher, K., & Chamberlain, C. P. (2014). Hydrologic regulation of chemical weathering and the geologic carbon cycle. *SCIENCE*, 343(6178), 1502–1504.
- Majumder, S. C., Uddin, S., Hossain, A., Iqbal, Z., Sarkar, P. R., Johnson, K., Aziz, T., Rahaman, T., Zzaman, B., Hossain, M. K., Islam, K. K., Rony, A., Shakil, S. H., Haque, A., Hossain, Z., & Henning, J. (2026). Urban forests baseline and ecosystem benefits of a tropical metropolis: Case of Dhaka, Bangladesh. *Scientific Reports*, 16, 17107.
- Márquez, D. A., & Busch, F. A. (2024). The interplay of short-term mesophyll and stomatal conductance responses under variable environmental conditions. *Plant, Cell & Environment*, 47(9), 3393–3410.
- Maryanto, A. E., Salamah, A., Windarti, C. K., & Syadewi, M. (2021). Local adaptation of invasive plant, *Synedrella nodiflora*, in urban tropical lowland landscape, Universitas Indonesia. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*, 06(03), 1–5.
- Mas'ud, N., Danardono Danardono, & Saputra, A. (2025). Analysis of rice field changes post the 2010 Mount Merapi eruption along the Kali Kuning area. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1462(1).
- Messah, V. Y., Binsasi, R., Binsasi, Y., & Bani, P. W. (2025). Keanekaragaman jenis vegetasi riparian pada daerah hulu dan hilir Sungai Noemuti Kabupaten Timor Tengah Utara. *Biocaster: Jurnal Kajian Biologi*, 5(3), 126–142.
- Miralles, D. G., Arellano, J. V. De, Mcvicar, T. R., & Mahecha, D. (2025). Vegetation–climate feedbacks across scales. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1544(1), 27–41.
- Mndela, M., Tjelele, J. T., Madakadze, I. C., Mangwane, M., Samuels, I. M., Muller, F., & Pule, H. T. (2022). A global meta - analysis of woody plant responses to elevated CO₂: implications on biomass, growth, leaf N content, photosynthesis and water relations. *Ecological Processes*, 11(1), 52.
- Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*

(pp. 45–66).

- Muhamad, M. (2017). Tapak ekologi kepariwisataan alam pada zona pemanfaatan di Taman Nasional Gunung Merapi (TNGM) (Konsep pengembangan kepariwisataan alam tematik tapak Kawasan Kalikuning-Kaliadem sebagai kawasan budaya vulkanik). *Jurnal Kawistara*, 7(3), 238.
- Muresan, A. N., Sebastiani, A., Gaglio, M., Fano, E. A., & Manes, F. (2022). Assessment of air pollutants removal by green infrastructure and urban and peri-urban forests management for a greening plan in the Municipality of Ferrara (Po river plain, Italy). *Ecological Indicators*, 135(108554).
- Musa, F. I., & Sahoo, U. K. (2025). Impact of pre-treatments on *Albizia procera* and *Albizia chinensis* seed germination and early growth performance in nursery, Mizoram, India. *Forest Science and Technology*, 21(2), 138–148.
- Nguyen, C. H., Hapsari, K. A., Saad, A., Sabiham, S., & Behling, H. (2023). Late Holocene riparian vegetation dynamics, environmental changes, and human impact in the Harapan forest of Sumatra, Indonesia. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 11, 1224160.
- Njurumay, R., Rhardjo, D., & Kisworo, K. (2021). Pengaruh penggunaan lahan, sumber pencemar dan tipe vegetasi riparian terhadap kualitas air Sungai Code Daerah Istimewa Yogyakarta. *Sciscitatio*, 2(2), 54–65.
- Nobis, A., Chmolewska, D., Szymura, T. H., Nowak, A., & Nobis, M. (2022). Towards a better understanding of linear species distribution in river valleys: The abundance of river corridor plants is linked to soil exchangeable potassium and pH. *Science of the Total Environment*, 851(2), 158292.
- Nurfazliza, K., Nizam, M. S., & Supardi, M. N. N. (2012). Association of liana communities with their soil properties in a lowland forest of Negeri Sembilan, Peninsular Malaysia. *Sains Malaysiana*, 41(6), 679–690.
- Nurlia, N., Karim, W. A., Khaerunisa, D., & Panigro, N. S. (2022). Inventarisasi famili Asteraceae di Hutan Batu Tikar Kecamatan Luwuk Kabupaten Banggai. *Jurnal Biologi Babasal*, 1(1), 1–5.
- Organization, W. H. (2021). *WHO global air quality guidelines*. World Health Organization.
- Organization, W. H. (2024). *Ambient (outdoor) air pollution*. World Health Organization.
- Ottu, J. T. (2022). Evaluasi kebutuhan ruang terbuka hijau terhadap pengendalian pencemaran udara di Kota Kupang. *Jurnal Wilayah, Kota Dan Lingkungan Berkelanjutan (JWIKAL)*, 1(2), 15–29.
- Pangemanan, E. F. S., Ratag, S. P., & Lasut, M. T. (2022). Comparative anatomy of leaves of several types of *Ficus*. *Jurnal Agroekoteknologi Terapan*, 3(2), 382–387.
- Pappas, J. L. (2010). Phytoplankton assemblages, environmental influences and trophic status using canonical correspondence analysis, fuzzy relations, and linguistic translation. *Ecological Informatics*, 5(2), 79–88.
- Penman, D. E., Rugenstein, J. K. C., Daniel, E. I., & Winnick, M. J. (2020). Silicate weathering as a feedback and forcing in Earth's climate and carbon cycle. *Earth-Science Reviews*, 209, 103298.
- Pertiwi, Y. A. B., Nufus, M., Agustina, A., Rahmadwiati, R., Wicaksono, R. L., & Nayasilana, I. N. (2021). Keanekaragaman, biomassa dan cadangan karbon bambu di Taman Hutan Raya K.G.P.A.A. Mangkunagoro I. *Jurnal Belantara*, 4(2), 140–152.
- Piscitello, A., Bianco, C., Casasso, A., & Sethi, R. (2021). Non-exhaust traffic emissions: Sources, characterization, and mitigation measures. *Science of the Total Environment*, 766, 144440.
- Poorter, H., Knopf, O., Wright, I. J., Temme, A. A., Hogewing, S. W., Graf, A., Cernusak,

- L. A., & Pons, T. L. (2022). A meta-analysis of responses of C3 plants to atmospheric CO₂: Dose-response curves for 85 traits ranging from the molecular to the whole-plant level. *New Phytologist*, 233(4), 1560–1596.
- Pratama, A. (2025). Identifikasi potensi daerah terdampak pencemaran udara di Indonesia menggunakan pendekatan model wrf-chem. *Jurnal Serambi Engineering*, X(2), 13019–13024.
- Pryor, J. T., Cowley, L. O., & Simonds, S. E. (2022). The physiological effects of air pollution: particulate matter, physiology and disease. *Frontiers in Public Health*, 10.
- Purnomo, M. R. A., & Anugerah, A. R. (2020). Achieving sustainable environment through prediction of air pollutants in Yogyakarta using adaptive neuro-fuzzy inference system. *Journal of Engineering Science and Technology*, 15(5), 2995–3012.
- Rambey, R., Susilowati, A., Rangkuti, A. B., Onrizal, O., Desrita, Ardi, R., & Hartanto, A. (2021). Plant diversity, structure and composition of vegetation around Barumun Watershed, North Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, 22(8), 3250–3256.
- Rane, P., Prakash, J., Srivastava, V., Bansal, R., Singh, N. V., Sharma, N., Durgesh, K., Verma, M. R., Kumari, I., & Singh, A. (2026). Thermal stress-mediated changes in pollen germination, pollen tube growth and antioxidant defence system in mango (*Mangifera indica* L.). *Scientia Horticulturae*, 363, 114880.
- Rangkuti, A. F., Musfirah, M., & Pridiana, Y. (2022). Environmental health risk analysis of carbon monoxide gas exposure among traders of Giwangan Terminal, Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 14(4), 237–245.
- Rawana, R., Wijayani, S., & Masrur, M. A. (2023). *Indeks nilai penting dan keanekaragaman komunitas vegetasi penyusun hutan di Alas Burno SUBKPH Lumajang*. 12(02), 80–89.
- Richwanudin, S. A., & Zakiyah, S. (2023). *Anticipating Indonesia's climate policies towards political year*.
- Rini, S., Hayati, A., & Zayadi, H. (2020). Kualitas vegetasi zona riparian dengan menggunakan index of riparian quality di kawasan wisata Coban Talun Kota Batu, Jawa-Timur. *BIOSAIN TROPIS*, 8(1), 103–110.
- Roy, A., Mandal, M., Das, S., Popek, R., Awasthi, A., & Sarkar, A. (2024). The cellular consequences of particulate matter pollutants in plants: Safeguarding the harmonious integration of structure and function. *Science of the Total Environment*, 914, 169763.
- Sadili, A., Royyani, M. F., Agusta, A., Afandi, I., Efendy, O., Ashari, H., & Keim, A. P. (2019). Kajian pendahuluan floristik dan fitososiologi pohon di Pulau Simeuleu Provinsi Aceh. *Jurnal Biologi Indonesia*, 15(2), 187–197.
- Santoso, M., Lestiani, D. D., Kurniawati, S., Damastuti, E., Kusmartini, I., Atmodjo, D. P. D., Sari, D. K., Hopke, P. K., Mukhtar, R., Muhtarom, T., Tjahyadi, A., Parian, S., Kholik, N., Sutrisno, D. A., Wahyudi, D., Sitorus, T. D., Djamilus, J., Riadi, A., Supriyanto, J., ... Suprayadi, L. S. (2020). Assessment of urban air quality in Indonesia. *Aerosol and Air Quality Research*, 20(10), 2142–2158.
- Sapkota, S., & Shrestha, S. M. (2024). Assessment of air pollution tolerance index and anticipated performance index of roadside plants used for greenbelt development in the Kathmandu Valley, Nepal. *Environmental Challenges*, 14, 100818.
- Sari, J. A. K., & Kusumandari, A. (2021). The influence of Mount Merapi eruption on the water balance in Kali Kuning sub-watershed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 694(1).
- Saroyo, S., Siahaan, P., & Papu, A. (2025). Keragaman pohon pionir di Taman Wisata Alam Batuputih, Kota Bitung, Sulawesi Utara. *Jurnal Lentera: Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 6(1), 1–6.
- Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (2016). *Atmospheric chemistry and physics: From air*

- pollution to climate change (2nd ed.)* (3rd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press.
- Sharma, K., Brothers, S., Bernal, S., Catalán, N., Keller, P., Koschorreck, M., Kosten, S., Leigh, C., Schiller, D. Von, Pastor, A., Larrañaga, A., Ari, A., Santamans, A. C., Grinham, A., Lupon, A., Linkhorst, A., Elozegi, A., Obrador, B., Eyre, B. D., ... Marcé, R. (2026). Net CO₂ emissions from dry inland waters persist in the presence of vegetation. *Global Biogeochemical Cycles*, 40(3), e2025GB008801.
- Simone, L. De, Fanfarillo, E., Fiaschi, T., Maccherini, S., Bonari, G., & Angiolini, C. (2025). Riparian structural vegetation types exhibit differential responses to local community drivers. *Hydrobiologia*, 852(11), 2971–2991.
- Sinaga, N., Meliyanti, F., & Afriani, B. (2025). Identifikasi kualitas udara di Jalan Jendral Ahmad Yani Tanjung Enim Kabupaten Muara Enim. *Jurnal Keperawatan Abdurrah*, 8(2), 17–23.
- Steinparzer, M., Schaubmayr, J., Godbold, D. L., & Rewald, B. (2023). Particulate matter accumulation by tree foliage is driven by leaf habit types, urbanization- and pollution levels. *Environmental Pollution*, 335, 122289.
- Suhardono, S., Septiariva, I. Y., Rachmawati, S., Hawali, H., Matin, A., Qona, N., Nirwana, B., Suryawan, I. W. K., Sari, M. M., & Prayogo, W. (2023). Changes in the distribution of air pollutants (carbon monoxide) during the control of the COVID-19 pandemic in Jakarta, Surabaya, and Yogyakarta, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 24(4), 151–162.
- Suhardono, S., Septiariva, I. Y., Rachmawati, S., Hawali, H., Matin, A., Qona, N., Nirwana, B., Suryawan, I. W. K., Sari, M. M., & Prayogo, W. (2023). Changes in the distribution of air pollutants (carbon monoxide) during the control of the COVID-19 pandemic in Jakarta, Surabaya, and Yogyakarta, Indonesia. *Journal of Ecological Engineering*, 24(4), 151–162.
- Sukmawati, P. D., & Warisaura, A. D. (2023). Analisis pengaruh faktor meteorologi terhadap konsentrasi gas monoksida dan particulate matter di Jalan Gejayan, Yogyakarta. *Jurnal Serambi Engineering*, VIII(3), 6561–6566.
- Surmacz, B., Foremnik, K., & Pielech, R. (2024). Along the river: Longitudinal patterns of functional and taxonomic diversity of plants in riparian forests. *Journal of Vegetation Science*, 35(1), e13225.
- Suryani, E., & Zulkarnain. (2021). Inventarisasi dan karakterisasi melinjo (*Gnetum gnemon*) di Kota Solok. *Menara Ilmu*, XV(02), 29–36.
- Suryati, I., & Khair, H. (2016). Analysis of isophlet concentration and estimation the potential for reduction of carbon monoxide in Medan. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*, 13(2), 51–59.
- Takahashi, K., Ohta, A., Sase, H., Murao, N., Yamaguchi, M., Murakami, H., Nakaba, S., Mizukawa, K., Takada, H., Watanabe, M., & Izuta, T. (2025). The variation in the amount of black carbon particles deposited on leaves at different positions in the canopy of mature *Cornus florida* and related factors. *Environmental Science and Pollution Research*, 32(25), 15388–15402.
- Syahbudin, A., Meinata, A., Arifriana, R., & Wiyono. (2020). Short Communication: The composition of undergrowth vegetation in the Gendol Riverbank, Sleman District, Yogyakarta, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(5), 1786–1791.
- Umeda, A., Ishizaka, M., Ikeda, A., Miyagawa, K., Mochida, A., Takeda, H., Takeda, K., Fukushima, I., Okada, Y., & Gozal, D. (2021). Recent insights into the measurement of carbon dioxide concentrations for clinical practice in respiratory medicine. *Sensors*, 21, 5636.

- Urfa Gul, M., Gul, M. J., Raza Ur Rehman, M. H., Choi, G. S., & Park, C.-H. (2026). Plant responses to gaseous pollutants, biochemical and transcriptomic insights. *Frontiers in Plant Science*, 17, 1768073.
- Utami, S., & Muhammad, F. (2020). Keanekaragaman dan dominansi jenis tumbuhan gulma pada perkebunan kopi di Hutan Wisata Nglimut Kendal Jawa Tengah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 411–416.
- Vashist, M., Kumar, T. V., & Singh, S. K. (2024). A comprehensive review of urban vegetation as a Nature-based Solution for sustainable management of particulate matter in ambient air. *Environmental Science and Pollution Research Internasional*, 31(18), 26480–26496.
- Verojenases, F., Silaban, A., Banjarnahor, S. K. A., Irkhos, & Lizalidiawati. (2025). Identifikasi kadar PM2.5, PM10, CO, dan CO2 di Sekitar PLTU Teluk Sepang menggunakan air quality detector. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, 14(4), 368–378.
- Vigevani, I., Corsini, D., Comin, S., Fini, A., & Ferrini, F. (2024). Methods to quantify particle air pollution removal by urban vegetation: A review. *Atmospheric Environment: X*, 21, 100233.
- Wahyuni, P., Ritawati, S., Putri, W. E., & Saylendra, A. (2025). Diversity of weed types in the Gunung Karang coffee plantation, Swadaya Village. *Jurnal Agroekoteknologi Terapan*, 6(2), 325–336.
- Wang, J., Xie, C., Liang, A., Jiang, R., Man, Z., Wu, H., & Che, S. (2021). Spatial-temporal variation of air PM2.5 and PM10 within different types of vegetation during winter in an urban riparian zone of Shanghai. *Atmosphere*, 12(11).
- Wang, Z., Chen, G., & Li, J. (2024). Correlation analysis of riparian plant communities with soil ions in the upper, middle, and lower reaches of the Heihe River midstream in China. *Agronomy*, 14(8), 1868.
- White, H. A., Scott, J. K., & Didham, R. K. (2021). Evidence of range shifts in riparian plant assemblages in response to multidecadal streamflow declines. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 605951.
- Winatama, D., Syafrudin, & Widayat. (2023). Analisis kualitas udara pada kawasan transportasi, industri, perkotaan, permukiman, dan perdagangan di Kota Tegal. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(2), 381–386.
- Winda, Kardhinata, E. H., Nurtjahja, K., & Fauziah, I. (2024). Respon fisiologis pulutan (*Urena lobata* L.) terhadap polusi udara di lingkungan industri. *Jurnal Ilmiah Biologi UMA (JIBIOMA)*, 6(1), 46–54.
- Woesono, H. B., Wahyudiono, S., & Telaumbanua, I. K. (2024). Analisis komposisi dan potensi cadangan karbon tersimpan pada vegetasi penyusun riparian Sungai Pusur Kabupaten Klaten. *Jurnal Hutan Tropika*, 19(1), 199–206.
- Wróblewska, K., & Jeong, B. R. (2021). Effectiveness of plants and green infrastructure utilization in ambient particulate matter removal. *Environmental Sciences Europe*, 33(110).
- Xue, W., Lin, Y., Sun, Z., Long, Y., Chen, D., & Yin, S. (2025). Effects of leaf trait variability on PM retention: a systematic review. *Atmosphere*, 16(170), 1–14.
- Yang, W., Yu, Y., Lin, W., Song, J., Sun, Y., Zhang, Y., Zhang, W., & Li, Y. (2025). Remote sensing assessment of urban vegetation's dust retention for mitigating atmospheric particulate pollution. *Urban Climate*, 62, 102535.
- Yahya, W., Sitawati, A., Fitri, R., Andajani, R. D., & Siswanto, A. N. (2025). Kajian daya serap ruang terbuka hijau koridor Jalan Tol Jagorawi dalam menurunkan emisi CO2 dari kendaraan. *Desa-Kota: Jurnal Perencanaan Wilayah, Kota, Dan Permukiman*, 7(1), 1–13.
- Yu, W., Wang, Y., Wang, Y., Li, B., Liu, Y., & Liu, X. (2018). Application of a coupled

- model of photosynthesis and stomatal conductance for estimating plant physiological response to pollution by fine particulate matter (PM_{2.5}). *Environmental Science and Pollution Research Internasional*, 25(20), 19826–19835.
- Zhang, S., & Planavsky, N. J. (2019). The silicate weathering feedback in the context of ophiolite emplacement: insights from an inverse model of global weathering proxies. *American Journal of Science*, 319, 75–104.
- Zhang, X., Ma, C., Zhang, J., Zhao, Z., Sheng, Q., & Zhu, Z. (2026). Trait-mediated, size-dependent retention of particulate matter by urban roadside vegetation. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 318, 120158.
- Zheng, Y., Li, F., Hao, L., Shedayi, A. A., Guo, L., Ma, C., Huang, B., & Xu, M. (2018). The optimal CO₂ concentrations for the growth of three perennial grass species. *BioMed Central Plant Biology*, 18(1), 27.
- Zhou, L., Liu, Z., Liu, F., Peng, J., & Zhou, T. (2023). Nonlinear canonical correspondence analysis and its application. *Scientific Reports*, 13, 7518.
- Zhu, Y., Liu, R., Zhang, H., Liu, S., Zhang, Z., Yu, F., & Gregoire, T. G. (2023). Post-flooding disturbance recovery promotes carbon capture in riparian zones. *Biogeosciences*, 20(7), 1357–1370.