

SKRIPSI

**MODEL PENDUGAAN *CARBON STORAGE* PADA TANAMAN
KOPI VARIETAS ROBUSTA**

***ESTIMATION MODEL OF CARBON STORAGE IN ROBUSTA
COFFEE PLANTS***



Dinayah Faza Andrian

05021182126001

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

SUMMARY

DINAYAH FAZA ANDRIAN. Estimation Model of Carbon Storage in Robusta Coffee Plants. (Supervised by **RIZKY TIRTA ADHIGUNA**).

The combination of allometric, Gompertz, and exponential models based on proximate-ultimate analysis serves as a tool to estimate carbon storage capacity in Robusta coffee (Coffea canephora) plants in South Sumatra, Indonesia. This study aims to compare the accuracy of these three models with the SNI 7724:2011 standard and analyze the potential of Robusta coffee as a nature-based solution (NbS) for climate change mitigation. The research was conducted from November 2024 onward at the Biosystems Laboratory, Sriwijaya University, using a Completely Randomized Design (CRD) with four levels of stem diameter (5–25 cm). Data were measured through proximate analysis (ASTM D3178) and ultimate analysis (elemental analyzer), validated using R^2 , RMSE, and MAPE metrics. This tool can predict carbon stocks in real-time based on stem diameter (DBH), with the highest accuracy achieved by the Gompertz model ($R^2 = 0.9888$). Analytical results show that the actual carbon content in Robusta coffee biomass is 36.96–38.16% (AR), 15% lower than the SNI 7724:2011 assumption (47%). Robusta coffee agroforestry systems can store 12.76–13.46% fixed carbon (AR) while enhancing ecosystem resilience. Location coordinates of coffee plantations were monitored with an average deviation of 2.9 meters from actual data. Recommendations include integrating the Gompertz model into carbon certification policies, training farmers for DBH monitoring, and expanding research to environmental variables (rainfall, temperature). This tool can be implemented portably in remote areas without internet connectivity, supporting sustainable agriculture and SDG 13 targets.

Keywords: Carbon storage, Robusta Coffee, Agroforestry.

RINGKASAN

DINAYAH FAZA ANDRIAN. Model Pendugaan *Carbon Storage* pada Tanaman Kopi Varietas Robusta. (Dibimbing oleh **RIZKY TIRTA ADHIGUNA**).

Kombinasi model alometrik, Gompertz, dan eksponensial berbasis analisis proksimat-ultimat merupakan alat untuk menduga kapasitas penyimpanan karbon pada tanaman kopi Robusta (*Coffea canephora*) di Sumatera Selatan. Penelitian ini bertujuan membandingkan akurasi ketiga model tersebut dengan standar SNI 7724:2011 serta menganalisis potensi kopi Robusta sebagai solusi berbasis alam (NbS) dalam mitigasi perubahan iklim. Penelitian dilaksanakan pada November 2024 hingga selesai di Laboratorium Biosistem, Universitas Sriwijaya, menggunakan metode Rancang Acak Lengkap (RAL) dengan empat tingkat diameter batang (5–25 cm). Data diukur melalui analisis proksimat (ASTM D3178) dan ultimat (elemental analyzer), divalidasi dengan metrik R^2 , RMSE, dan MAPE. Alat ini mampu memprediksi stok karbon secara real-time berdasarkan diameter batang (DBH) dengan akurasi tertinggi pada model Gompertz ($R^2 = 0,9888$). Hasil analisis menunjukkan kandungan karbon aktual biomassa kopi Robusta 36,96–38,16% (AR), 15% lebih rendah dari asumsi SNI 7724:2011 (47%). Sistem agroforestri kopi berpotensi menyimpan 12,76–13,46% karbon tetap (AR) sekaligus meningkatkan ketahanan ekosistem. Koordinat lokasi kebun kopi terpantau dengan deviasi rata-rata 2,9 meter dari data aktual. Rekomendasi mencakup integrasi model Gompertz dalam kebijakan sertifikasi karbon, pelatihan petani untuk pemantauan DBH, dan perluasan penelitian ke variabel lingkungan (curah hujan, suhu). Alat ini dapat diimplementasikan secara portabel di daerah terpencil tanpa jaringan internet, mendukung pertanian berkelanjutan dan target SDG 13.

Kata Kunci: Penyimpanan Karbon, Kopi Robusta, Model Matematika.

SKRIPSI

**MODEL PENDUGAAN *CARBON STORAGE* PADA TANAMAN
KOPI VARIETAS ROBUSTA**

***ESTIMATION MODEL OF CARBON STORAGE IN ROBUSTA
COFFEE PLANTS***

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknologi
Pertanian Pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya



Dinayah Faza Andrian

050211821216001

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025**

LEMBAR PENGESAHAN
MODEL PENDUGAAN *CARBON STORAGE* PADA TANAMAN
KOPI VARIETAS ROBUSTA

SKRIPSI

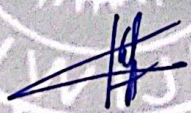
Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknologi Pertanian pada Fakultas Pertanian
Universitas Sriwijaya

Oleh:

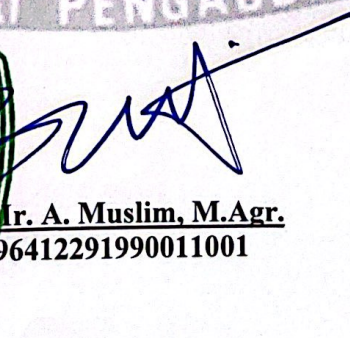
Dinayah Faza Andrian
05021182126001

Indralaya, Mei 2025

Menyetujui,
Dosen Pembimbing


Dr. Rizky Tirta Adhiguna, S.TP, M.Si.
NIP. 198201242014041001

Mengetahui,
Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. A. Muslim, M.Agr.
NIP. 196412291990011001

Universitas Sriwijaya

Skripsi dengan Judul “Model Pendugaan *Carbon Storage* pada Tanaman Kopi Varietas Robusta” oleh Dinayah Faza Andrian telah dipertahankan di hadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim penguji.

Komisi Penguji

1. Dr. Rizky Tirta Adhiguna, S.TP, M.Si.
NIP. 198201242014041001

Pembimbing (.....)

2. Prof. Dr. Ir. Daniel Saputra, M.S., A. Eng.
NIP. 195808091985031003

Penguji

Indralaya, Mei 2025
Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknologi Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

Koordinator Program Studi
Teknik Pertanian

16 MA 2025

Prof. Dr. Budi Santoso, S.TP, M.Si.
NIP. 197506102002121002

Dr. Puspitahati, S.TP., M.P.
NIP. 197908152002122001

Universitas Sriwijaya

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Dinayah Faza Andrian

NIM : 05021182126001

Judul : Model Pendugaan *Carbon Storage* pada Tanaman Kopi Varietas Robusta

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat di dalam skripsi ini merupakan hasil pengamatan saya sendiri di bawah supervisi pembimbing kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya dan bukan hasil penjiplakan atau plagiat. Apabila di kemudian hari adanya unsur plagiarasi dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, Mei 2025



Dinayah Faza Andrian

RIWAYAT HIDUP

Dinayah Faza Andrian, lahir di Lubuk Linggau, Provinsi Sumatra Selatan pada tanggal 5 Juli 2004. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara, orang tua penulis bernama Bapak Aan Andrian dan Ibu Nany Riana.

Penulis menempuh sekolah pertamanya pada tahun 2008 di Taman Kanak-Kanak (TK) Baitul A'la Lubuk Linggau. Kemudian, penulis menempuh Sekolah Dasar (SD) di MIN 1 Palembang. Setelah lulus, penulis menempuh Sekolah Menengah Pertama (SMP) pada tahun 2015 di MTS Negeri 2 Palembang. Setelah tiga tahun bersekolah di sekolah menengah pertama, penulis melanjutkan sekolahnya pada tahun 2018 di SMA Negeri 17 Palembang dan lulus pada tahun 2021. Pada bulan Juni 2021 penulis tercatat sebagai mahasiswa Program Studi Teknik Pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Sriwijaya melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selain aktif sebagai mahasiswa, penulis juga aktif di Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian (HIMATETA), serta merupakan Mahasiswa Berprestasi 1 Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya 2024.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini dengan judul “Model Pendugaan *Carbon Storage* pada Tanaman Kopi Varietas Robusta” dengan tepat waktu. Shalawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW. penulisan proposal skripsi adalah tugas akhir dan salah satu syarat kelulusan Jurusan Teknologi Pertanian, Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya.

Dalam pembuatan proposal skripsi ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan proposal. Semua semangat yang telah diberikan kepada penulis selama ini baik materi maupun non materi; ketua jurusan teknologi pertanian Dr. Budi Santoso, S.TP., M.Si.; ketua program studi teknik pertanian Dr. Puspitahati, S.TP., M.P.; dosen pembimbing akademik Dr. Rizky Tirta Adhiguna, S.TP, M.Si. yang telah banyak meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan serta arahan, masukan dan saran serta motivasi demi terselesainya proposal skripsi ini. Serta penghargaan kepada kedua orang tua dan keluarga atas segala doa, semangat, dan dukungan.

Dalam menyusun proposal skripsi ini, penulis menyadari adanya kekurangan dalam hal materi dan pemahaman yang disampaikan. Oleh karena itu, penulis membutuhkan kritik dan saran lebih lanjut. Semoga kedepan dapat menjadi referensi yang bermanfaat.

Indralaya, Mei 2025



Dinayah Faza Andrian

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan atas segala bentuk bantuan, bimbingan, dukungan, kritik, saran dan pengarahan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan skripsi ini. Melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Allah SWT. yang telah memberikan nikmat yang begitu banyak serta ridho-Nya sehingga penulis selalu diberi kemudahan dan kekuatan dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi junjungan yang sangat penulis cintai selama ini.
3. Terima kasih kepada kedua orang tua penulis yaitu bapak Aan Andrian dan Ibu Nany Riana, yang telah melahirkan juga membesarkan penulis, memberi semangat dan memfasilitasi segala bentuk keperluan materi dan non-materi kepada penulis, semoga sehat selalu dan dalam lindungan Allah SWT. Aamiin ya Rabbal'aalamin.
4. Yth. Bapak Prof. Dr. Budi Santoso, S.TP., M. Si. selaku Ketua Jurusan Teknologi Pertanian yang telah meluangkan waktu, bimbingan, dan arahan selama penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknologi Pertanian.
5. Yth. Ibu Dr. Hilda Agustina, S.TP., M.Si. selaku Sekretaris Jurusan Teknologi Pertanian yang telah meluangkan waktu, bimbingan, dan arahan selama penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknologi Pertanian.
6. Yth. Ibu Dr. Puspitahati, S.TP., M.P. Koordinator Program Studi Teknik Pertanian yang telah memberikan arahan, nasehat, dan dukungan penuh kepada penulis selama menjadi mahasiswa Jurusan Teknologi Pertanian. Terima kasih sudah membantu penulis dalam pemberkasan sampai selesai.
7. Yth. Bapak Dr. Rizky Tirta Adhiguna, S.TP, M.Si. selaku pembimbing akademik serta pembimbing skripsi penulis yang telah sangat berjasa untuk penulis, yang telah meluangkan waktu, tenaga, ilmu, dan pikiran nya, selalu memberikan motivasi kepada penulis, selalu sabar kepada penulis, dan selalu sabar membimbing penulis hingga akhir. Terima kasih atas dukungan baik moral maupun material, nasehat, arahan, serta percaya kepada penulis. Terima

8. kasih sebanyak-banyaknya atas segala jasa yang telah bapak berikan akan selalu penulis kenang dan semoga sehat selalu.
9. Yth. Bapak Prof. Dr. Ir. Daniel Saputra, M.S., A. Eng. selaku dosen pembahas dan penguji skripsi penulis yang telah berjasa dalam penelitian penulis proposal penelitian penulis dan juga dalam pemberian saran, masukan dan motivasi sampai dengan penulisan skripsi ini. Terima kasih bapak atas jasanya semoga selalu sehat dan selalu dalam perlindungan Allah SWT.
10. Yth. Bapak Alm. Dr. Ir. Tri Tunggal, M.Agr. dan Bapak Ir. Endo Argo Kuncoro, M.Agr. selaku dosen yang membimbing penulis dan menjadi bapak dosen yang sangat ramah yang selalu menghibur penulis.
11. Yth. Bapak Primayoga Harsana Setyaaji, S.TP., M.Sc. selaku dosen yang membantu dan membimbing penulis untuk menyelesaikan kesulitan yang terjadi saat penelitian. Terima kasih bapak atas jasanya semoga sehat selalu.
12. Semua Dosen Jurusan Teknologi Pertanian yang telah mendidik dan mengajarkan ilmu pengetahuan tentang teknologi pertanian.
13. Staf administrasi Jurusan Teknologi Pertanian, kak Jhon, mba Siska dan mba Nike terima kasih atas segala informasi dan bantuannya.
14. Kepada Bagus Aditya Yuzenika dan Muhammad Roni Nurdiansyah sebagai adik-adik yang sangat penulis sayangi dan memberi dukungan serta doa yang tulus.
15. Kepada Zahrah Aliyah Qonitah dan Alya Sabrina sebagai sahabat sedari SMA yang sudah penulis anggap seperti saudari sendiri, yang sangat penulis sayangi dan banggakan, senang bisa berada dihidup kalian.
16. *To Obie, my dearest friend that has seen everything of me, and also to Defa, my dearest friend that would shed blood, sweat and tears for me. Both of you changed me for the better.*
17. *To Afifah Fadhilah Haya— the ineffable grace that stirs my fading breath, the pulse behind all motion in my world, thank you, simply, for being.*
18. Teman seperjuangan penulis yang sudah penulis anggap seperti keluarga selama di dunia perkuliahan ini yaitu Siti Bulan Asri Ramadhani, Nyayu Siti Syaharani, Tiara Meita Sari, Khansa Kamilah, Mutiara Sari Dewi, dan Edenia Aisha Irawan yang telah memberikan dukungan sepenuh hati, selalu menemani

dan membantu penulis hingga dapat mencapai tugas akhir ini, selalu ada dalam keadaan suka maupun duka dan selalu sabar terhadap penulis. Terima kasih banyak atas segalanya semoga bisa berjumpa lagi di tahap berikutnya bahagia selalu.

19. Kepada kakak tingkat penulis yang sudah penulis anggap sebagai saudara yaitu Brianna Almira Ruslan, S.TP., Fitria Putri Lintang Sari, S.T., Muaffan Alfaiz Wisaksono, S.TP., Rendy Hafizh *soon to be* S.TP. dan Muhammad Firdaus yang sudah membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini dan menjadi tempat penulis bertanya.
20. *To Stevi and Raja, my distant close friends that would spend hours on call just to catch up about our lives, glad knowing you in such short time.*
21. Kepada teman seperjuangan skripsi yaitu Batahi, Lola, Dela, Linda, Ranap, Johnson, dan Ria yang selalu menemani penulis di Indralaya dan tempat penulis bertanya. Semoga kita bisa sukses bersama.
22. Kepada teman-teman *Climate Rangers* Sumsel, Isye, Geo, dan Naufal yang semoga bisa balas pesan saya di *Whatsapp* lebih cepat lagi.
23. Kepada Nala dan Bleki sebagai kucing peliharaan yang sudah penulis anggap seperti anak sendiri.
24. Kepada teman-teman magang MSIB Adila, Oca, Ziyah, Hilmy, Ferial, Lonza, Lintang, Ardhan, dan Kholid yang sudah menjadi teman seperjuangan magang, sangat senang bertemu kalian semua.
25. Kepada Yunda selaku ibu kantin yang menjadi tempat penulis untuk makan ketika lagi di jurusan setiap harinya.
26. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknologi Pertanian 2021.

Indralaya, Mei 2025

Penulis



Dinayah Faza Andrian

Universitas Sriwijaya

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ix
UCAPAN TERIMA KASIH	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tanaman Kopi Robusta.....	4
2.2. Simpanan Karbon.....	7
2.2.1. Karbon.....	8
2.2.2. Karbon Dioksida (<i>CO₂</i>)	9
2.2.3. Siklus Karbon.....	9
2.2.4. Perhitungan Karbon	11
2.3. Analisis Proksimat dan Analisis Ultimat	12
2.3.1. Kadar kelembaban (<i>Moisture</i>).....	14
2.3.2. Zat Terbang (<i>Volatile Matter</i>).....	14
2.3.3. Kadar Abu (<i>Ash content</i>).....	15
2.3.4. Kadar Karbon (<i>Fixed Carbon</i>).....	16
2.3.5. Kadar Sulfur (<i>Sulfur content</i>).....	16
2.3.6. Korelasi Analisis Proksimat dan Analisis Ultimat terhadap Pendugaan Biomassa.....	19
2.4. Pemodelan Matematika di Bidang Pertanian	19
2.4.1. Pendekatan Penggunaan Model Allometrik untuk Pendugaan Biomassa Pohon	20
2.4.2. Model Allometrik.....	21
2.4.4. Model Gompertz	22

	Halaman
2.4.5. Model Eksponensial	23
2.4.6. Regresi	24
2.5. Metrik Evaluasi	26
2.5.1. R-Squared (R^2)	26
2.5.2. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)	28
2.6. Batasan Penelitian	28
BAB 3 PELAKSANAAN PENELITIAN	29
3.1. Tempat dan Waktu	29
3.2. Alat dan Bahan	29
3.3. Metode Penelitian	29
3.3.1. Metode Analisa Data	30
3.4. Prosedur Penelitian	31
3.4.1. Pengumpulan dan Preparasi Sampel	31
3.4.2. Analisis Proksimat dan Analisis Ultimat	31
3.4.3. Validasi Model	33
3.4.4. Metrik Evaluasi Keakuratan Model	33
3.5. Parameter Penelitian	35
3.5.1. Diameter Pohon pada Ketinggian DBH	35
3.5.2. Berat dan Ukuran Sampel Batang Pohon	35
3.5.3. Total Moisture and Inherent Moisture	36
3.5.4. Volatile Matter	36
3.5.5. Kadar Abu	37
3.5.6. Fixed Carbon	37
3.5.7. Analisis Ultimat	37
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Hasil Analisis Proksimat dan Ultimat	38
4.1.1. Proksimat	38
4.1.2. Ultimat	40
4.2. Evaluasi Kinerja Model Pendugaan	41
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	44
5.1. Kesimpulan	44

	Halaman
5.2. Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA.....	45
LAMPIRAN.....	51

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Bunga Tanaman Kopi.....	5
Gambar 2. Daun dan Buah Tanaman Kopi Robusta.	5
Gambar 3. Bentuk Biji Kopi (kiri) Arabika dan (kanan) Robusta	6
Gambar 4. Akar Tanaman Kopi	7
Gambar 5. Perubahan Jumlah Karbon (Sumbu Y) terhadap Ukuran Diameter (Sumbu X) pada Tanaman Kopi Varietas Robusta	41

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Klasifikasi Kadar Abu.....	14
Tabel 2. Klasifikasi Kadar Sulfur.....	16
Tabel 3. <i>Range</i> Nilai MAPE	26
Tabel 4. Hasil Uji <i>Total Moisture</i> Setiap Sampel	38
Tabel 5. Hasil Uji <i>Ash Content</i> Setiap Sampel	38
Tabel 6. Hasil Uji <i>Volatile Matter</i> Setiap Sampel.....	39
Tabel 7. Hasil Uji <i>Fixed Carbon</i> Setiap Sampel.....	39
Tabel 8. Hasil Uji <i>Sulfur Content</i> Setiap Sampel.....	40
Tabel 9. Hasil Uji <i>Carbon</i> Setiap Sampel.....	40
Tabel 10. Hasil Uji <i>Hydrogen</i> Setiap Sampel	40
Tabel 11. Hasil Uji <i>Nitrogen</i> Setiap Sampel.....	41
Tabel 12. Perbandingan Akurasi Model.....	42

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian	52
Lampiran 2. Dokumentasi.....	53
Lampiran 3. Hasil Uji Lab Analisis Proksimat dan Ultimat	56

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perubahan iklim merupakan tantangan serius bagi umat manusia dan lingkungan, dengan dua pendekatan utama yang telah diidentifikasi: mitigasi (pengurangan emisi gas rumah kaca dan peningkatan penyerapan karbon) serta adaptasi (pengurangan kerentanan dan peningkatan ketahanan). Meskipun keduanya saat ini diperlukan untuk menangani masalah perubahan iklim, penanganan keduanya tetap terpisah. Saat ini, mitigasi lebih mendominasi diskusi kebijakan perubahan iklim global, sedangkan adaptasi cenderung dianggap sebagai tanggung jawab masing-masing negara (Wardoyo, 2016).

Kenaikan suhu global memicu perubahan iklim yang memengaruhi pola cuaca, meningkatkan kejadian cuaca ekstrem, dan menimbulkan ancaman serius terhadap ketahanan pangan global (Pramono dan Sadmaka, 2018). Meski tantangan dalam adaptasi semakin meningkat, negara-negara maju tetap fokus pada mitigasi, sementara adaptasi menjadi prioritas utama bagi negara-negara berkembang yang lebih rentan. Pola tersebut mungkin muncul dari pandangan masa lalu yang menganggap bahwa mitigasi sebagai langkah pertama sudah cukup untuk mengatasi perubahan iklim (Junarto, 2023).

Konsentrasi gas rumah kaca (GRK) terus meningkat seiring dengan aktivitas manusia. Sektor pertanian menyumbang sekitar 10% hingga 12% dari total emisi GRK global (Wahyudi, 2016). Emisi dihasilkan dari berbagai aktivitas pertanian, seperti pelepasan karbon dioksida (CO_2) yang terjadi akibat konversi lahan, pengelolaan tanah, dan penggunaan energi. Emisi dinitrogen oksida (N_2O) berasal dari penggunaan pupuk, sementara metana (CH_4) dilepaskan dari pengelolaan limbah organik (Arifin & Nazwa, 2024). Secara global, emisi metana dan dinitrogen oksida mengalami peningkatan sebesar 17% antara tahun 1990 hingga 2005. Karbon dioksida merupakan kontributor terbesar dalam peningkatan GRK dan pemanasan global, dengan konsentrasi saat ini di atmosfer mencapai 407 ppm dan terus bertambah (ESRL, 2018).

Salah satu cara mengatasi tantangan yang ditimbulkan oleh perubahan iklim yakni dengan solusi berbasis alam atau *Nature-based Solutions* (NbS) telah dikembangkan. NbS mengandalkan perlindungan, pemulihan, dan pengelolaan ekosistem alami untuk mengurangi dampak perubahan iklim dan meningkatkan kapasitas adaptasi masyarakat. Salah satu komponen penting dari NbS adalah kemampuan ekosistem alami, termasuk hutan dan lahan pertanian, untuk menyerap dan menyimpan karbon, yang membantu mengurangi konsentrasi CO₂ di atmosfer (Seddon *et al.*, 2020).

Tanaman memiliki peran penting dalam mitigasi perubahan iklim melalui penyimpanan karbon. Tanaman seperti kopi mampu menyerap CO₂ selama proses fotosintesis dan menyimpannya dalam biomassa serta organik tanah. Praktik pengelolaan lahan yang berkelanjutan di sektor pertanian dapat meningkatkan potensi penyimpanan karbon ini, memberikan manfaat ganda berupa peningkatan produktivitas pertanian dan perlindungan iklim (Pramono dan Sadmaka, 2018). Tanaman kopi di Indonesia umumnya dikelola oleh petani dalam bentuk perkebunan rakyat (*smallholder farms*). Pada tahun 2015, total produksi kopi nasional mencapai 639.412 ton (Ditjenbun, 2016). Kementerian Pertanian menargetkan peningkatan produksi kopi hingga 0,79 juta ton pada tahun 2019, namun pertumbuhan produksinya masih tergolong rendah (Kementan, 2015).

Kopi merupakan komoditas perkebunan utama yang banyak dibudidayakan oleh petani di Sumatera Selatan, dengan penyumbang produksi kopi robusta terbesar di Indonesia, dengan mayoritas petani bergantung pada tanaman kopi untuk penghidupan mereka. Produksi kopi yang signifikan ini menyoroti pentingnya pendekatan yang berkelanjutan dalam pengelolaan perkebunan untuk mendukung ketahanan ekonomi dan lingkungan (Malenda *et al.*, 2024). Kopi robusta di Sumatera Selatan memiliki potensi besar sebagai penyimpan karbon. Keberadaan perkebunan kopi yang luas di daerah ini memberikan peluang untuk meningkatkan cadangan karbon melalui praktik agroforestri dan pengelolaan yang baik. Perkebunan kopi yang menggunakan sistem naungan atau agroforestri dapat meningkatkan kapasitas penyerapan karbon dan mengurangi emisi GRK, menjadikannya bagian integral dari strategi mitigasi perubahan iklim berbasis ekosistem (Firmansyah *et al.*, 2023).

Langkah-langkah ilmiah yang diperlukan untuk memahami potensi penyimpanan karbon tanaman kopi di Sumatera Selatan melibatkan metode pengukuran biomassa dan estimasi cadangan karbon menggunakan model alometrik. Pengukuran tersebut dapat mencakup biomassa pohon, serasah, dan kandungan karbon tanah untuk memberikan estimasi yang akurat tentang seberapa besar peran tanaman kopi dalam mitigasi perubahan iklim (Supriadi & Ibrahim, 2015). Dibutuhkan model yang dapat memprediksi kapasitas penyimpanan karbon untuk mengetahui potensi karbon yang dapat disimpan oleh tanaman kopi. Model tersebut akan memberikan informasi yang lebih tepat tentang seberapa banyak karbon yang dapat diserap oleh tanaman kopi robusta dan berapa lama karbon tersebut dapat terperangkap dalam sistem tanah dan vegetasi.

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian yang dimaksud adalah untuk mengembangkan model pendugaan kapasitas penyimpanan karbon (*carbon storage*) pada tanaman kopi robusta, menganalisis potensi tanaman kopi robusta sebagai solusi berbasis alam (*Nature-based Solutions*) dalam mengurangi emisi karbon dan kontribusinya terhadap perubahan iklim, serta memberikan rekomendasi terkait penerapan model pendugaan tersebut dalam praktik pertanian berkelanjutan yang dapat mendukung pengurangan emisi karbon di sektor pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, A., Anim-Kwapong, E., & Ofori, A. (2019). Assessment of genetic diversity in Robusta coffee using morphological characters. *International Journal of Fruit Science*, 19(3), 276–299. <https://doi.org/10.1080/15538362.2018.1502723>
- Abulais, D. M., Yabansabra, Y. R., & Patiung, O. R. (2022). Uji proksimat (kadar air, kadar abu, kadar serat) dan kadar polifenol dari kulit kopi asal Wamena. *Avogadro Jurnal Kimia*, 6(2), 69–74.
- Achmadin, W. N., Retnowardani, D. A., Mashitasari, D., Fatimah, F., & Dewi, I. N. D. K. (2024). Penentuan nilai terkecil root mean squared error (RMSE) metode Holt–Winters exponential smoothing pada ekspor kopi tujuan Jerman. *Jurnal Siger Matematika*, 6(1), 37–42.
- Afriliana, A. (2018). Teknologi pengolahan kopi terkini. CV Budi Utama.
- Angraeni, I., Karim, H. A., & Kandatong, H. (2023, May). Identifikasi karakteristik sifat fisik tanah untuk evaluasi kesesuaian lahan tanaman kopi di dataran menengah di Polewali Mandar: Studi kasus di Desa Kurrak Kecamatan Tapango. *Jurnal Agroterpadu*, 2(1). <https://doi.org/10.35329/ja.v2i1.3516>
- Arifin, F. R., & Rahman, A. N. (2024, March). Analisis pengaruh emisi zat karbon terhadap kerusakan kualitas udara dan pencemaran lingkungan. *INOVED: Journal Innovation in Education*, 2(1), 278–287. <https://doi.org/10.59841/inoved.v2i1.1043>
- Arismawati, A., & Z. A. M, Yudha. (2020). Analisis kadar air, kadar abu, dan nilai kalor batubara serta penentuan klasifikasi berdasarkan nilai kalor. Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Aulia, A., Farid, F., & Zahar, W. (2021). Korelasi parameter analisis proksimat dan analisis ultimat terhadap nilai kalori batubara. *Jurnal Pertambangan dan Lingkungan*, 2(1), 21–30.
- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). Food chemistry (4th ed.). Springer-Verlag.
- Brillianti, E., Yuwanto, S. H., & Bahar, H. (2025). Penentuan kualitas batubara dan kalori batubara berdasarkan analisis proksimat di Stockpile Osowilangun Surabaya, Jawa Timur. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan V (SENASTITAN V)*. Surabaya.
- Chalchissa, F. B., Diga, G. M., & Tolossa, A. R. (2022). Modeling the responses of Coffee (*Coffea arabica* L.) distribution to current and future climate change in Jimma Zone, Ethiopia. *SAINS TANAH – Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 19(1), 19–32.
- Covre, A. M., Canal, L., Partelli, F. L., Alexandre, R. S., Ferreira, A., & Vieira, H. D. (2016). Development of clonal seedlings of promising Conilon coffee (*Coffea canephora*) genotypes. *Australian Journal of Crop Science*, 10(3), 385–392. <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.03.p7235>
- Dwijayanti, E., Munadi, R., & Farnatubun, M. W. (2023). Analisis proksimat dan kolagen pada kulit ikan tawassang (*Naso thynnoides*). *ILTEK: Jurnal Teknologi*, 18(2).

- El-Bassiouny, A. H., EL-Damcese, M., Mustafa, A., & Eliwa, M. S. (2015). Characterization of the generalized Weibull-Gompertz distribution based on the upper record values. *International Journal of Mathematics And its Applications*, 3 (3), 13–22.
- ESRL (Earth System Research Laboratory). (2018). Trends in atmospheric carbon dioxide. <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>
- Fajarwati, D. A., Lepong, P., & Wahidah, W. (2023). Analisis proksimat dan ultimat terhadap total sulfur dan nilai kalori pada batubara (PT Geoservices Samarinda). *Geosains Kutai Basin*, 6(2), 126–136.
- Febrianti, W. N., Budianto, S., Laela, F., Evitasari, D., Priyadharsini, R., & Suryaminasih, P. (2023). Cadangan karbon dari penggunaan sistem budidaya agroforestry di Kecamatan Wonosalam, Jombang. *Envirotek: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 15(2), 141–148.
- Fernando, A. Q., & Z. Helwani. (2016). Torefaksi tandan kosong sawit: Pengaruh kondisi proses terhadap nilai kalor produk torefaksi. *Jom FTEKNIK*, 3(2).
- Fitriyani, A., Usman, M., Sofrizal, M. T., & Kurniasari, D. (2022). Peramalan jumlah klaim di BPJS Kesehatan Cabang Metro menggunakan metode double exponential smoothing. *Jurnal Siger Matematika*, 3(1), 17–22. <https://doi.org/10.23960/jsm.v3i1.2969>
- Firmansyah, A., Dewi, N., Haryadi, N. T., & Kurnianto, A. S. (2023). Keanekaragaman vegetasi pada sistem agroforestri berbasis kopi di Desa Rowosari Kecamatan Sumberjambe Kabupaten Jember. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 14(2), 97–105.
- France, J., & Thornley, J. H. M. (1984). *Mathematical models in agriculture*. Butterworth.
- Galanakis, C. M. (2017). *Handbook of coffee processing by-products: Sustainable applications*. Academic Press.
- Goembira, F., Aristi, D. M., Nofriadi, D., & Putri, N. T. (2021). Analisis konsentrasi PM_{2,5}, CO, dan CO₂, serta laju konsumsi bahan bakar biopellet sekam padi dan jerami pada kompor biomassa. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(2), 201–210. <https://doi.org/10.14710/jil.19.2.201-210>
- Hudaya, Y. F., Hartono, Murti, S. H., & Hadiyan, Y. (2015). Pendugaan potensi cadangan karbon di atas permukaan pada hutan mangrove di Kubu Raya menggunakan citra ALOS PALSAR. *Jurnal Penginderaan Jauh*, 12(1), 43–58.
- Hulupi, R. (2016). Bahan tanam kopi. Dalam *Kopi: Sejarah, botani, proses produksi, pengolahan, produk hilir, dan sistem kemitraan*. Gadjah Mada University Press.
- Januariani. (2018). *Tulungagung dalam rasa*. Deepublish.
- Jucker, T., Caspersen, J., Chave, J., Antin, C., Barbier, N., Bongers, F., ... & Coomes, D. A. (2016). Allometric equations for integrating remote sensing imagery into forest monitoring programmes. *Global Change Biology*. <https://doi.org/10.1111/gcb.13388>
- Junarto, R. (2023). Mitigasi perubahan iklim dan dampak pengelolaan sumber daya agraria: Wawasan dari Indonesia. *Tunas Agraria*, 6(3), 237–254.
- Kadir, A. R., Widodo, S., & Anshariah. (2016). Analisis proksimat terhadap kualitas batubara di Kecamatan Tanah Grogot Kabupaten Paser Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Geomine*, 4(3).

- Karyati., Widiati, K. Y., Karmini, K., & Mulyadi, R. (2021). The allometric relationships for estimating above-ground biomass and carbon stock in an abandoned traditional garden in East Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(2), 751–762.
- Kementan (Kementerian Pertanian). (2015). Rencana strategis Kementerian Pertanian 2015-2019. Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.
- Khasanah, N., & I, Suryani. (2022). Model eksponensial dan logistik serta analisis kestabilan model pada perhitungan proyeksi penduduk Provinsi Riau. *Jurnal Fourier*, 11(1), 22–39. <https://doi.org/10.14421/fourier.2022.111.22-39>
- Kumar, M., Sundaram, S., Gnansounou, E., Larroche, C., & Thakur, I. S. (2017). Carbon dioxide capture, storage and production of biofuel and biomaterials by bacteria: A review. *Bioresource Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.050>
- Lusi, N., Darma, Y. Y. E., & Hilal, M. I. (2020). Teknologi pulper biji kopi dalam upaya peningkatan produktivitas kopi X-Barue pada asosiasi petani kopi Desa Kalibaru Manis. Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-6, 6(3).
- Malenda, Nurmalina, R., & Rosiana, N. (2024). Sistem pemasaran kopi Robusta di Kota Pagar Alam Sumatera Selatan. *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 12(1), 49–62. <https://doi.org/10.29244/jai.2024.12.1.49-62>
- Maricar, M. A. (2019). Analisa perbandingan nilai akurasi moving average dan exponential smoothing untuk sistem peramalan pendapatan pada perusahaan XYZ. *Jurnal Sistem dan Informatika*, 13(2).
- Martauli, E. D. (2018). Analisis produksi kopi di Indonesia. *Journal of Agribusiness Science*, 1(2).
- Martono, B., & E. H, Purwanto. (2021). The characterization and quality of 14 accessions of Robusta coffee. *Agrotechnology Research Journal*, 5(1), 18–25. <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v5i1.44868>
- Mensah, S., Veldtman, R., Assogbadjo, A. E., Glèlè Kakaï, R., & Seifert, T. (2016). Tree species diversity promotes aboveground carbon storage through functional diversity and functional dominance. *Ecology and Evolution*, 6(20), 7546–7557. <https://doi.org/10.1002/ece3.2525>
- Mujahid, W., Tiro, M. A., & Ruliana. (2022). Pemodelan laju inflasi dengan menggunakan regresi non-linear berbasis algoritma genetika (Kasus: Kota-kota di Pulau Jawa). *VARIANSI: Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research*, 4(1), 20–29. <https://doi.org/10.35580/variansiunm7>
- Ng, Y., Astiani, D., & Ekamawanti, H. A. (2021). Estimation of tree carbon stocks in the green open space of the Faculty of Forestry, Tanjungpura University. *Jurnal Sylva Lestari*, 9(3), 434–443.
- Nurdin, I., Sugiman, & Sunarmi. (2018). Penerapan kombinasi metode ridge regression (RR) dan metode generalized least square (GLS) untuk mengatasi masalah multikolinearitas dan autokorelasi. *Jurnal MIPA*, 41(1), 58–68.
- Onrizal, Ahmad, A. G., & Mansor, M. (2017). Assessment of natural regeneration of mangrove species at tsunami affected areas in Indonesia and

- Malaysia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 180, 012045. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/180/1/012045>
- Onyutha, C. (2020). From R-squared to coefficient of model accuracy for assessing "goodness-of-fits". *Geoscientific Model Development Discussions*, 1–25.
- Ozili, P. K. (2023). *The acceptable R-square in empirical modelling for social science research*. Social Research Methodology and Publishing Results.
- O'Neill, E., Awale, G., Daneshmandi, L., et al. (2018). The roles of ions on bone regeneration. *Drug Discovery Today*, 23, 879–890. <https://doi.org/10.1016/j.drudis.2018.01.049>
- Panggabean E. 2011. Buku Pintar Kopi. Jakarta : Agro Media Pustaka.
- Pasaribu, M., Jalil, A., & Lubis, M. R. (2015). Penerapan analisis regresi ridge pada data pasien hipertensi di Rumah Sakit Umum Daerah Sidikalang tahun 2014. *E-Jurnal Matematika*, 1 (2), 1–5.
- Pragasan, L. Arul. (2022). Tree carbon stock and its relationship to key factors from a tropical hill forest of Tamil Nadu, India. *Geology, Ecology, and Landscapes*, 6(1), 32–39. <https://doi.org/10.1080/24749508.2020.1742510>
- Pramono & Sadmaka. (2018). Emisi gas rumah kaca, cadangan karbon serta strategi adaptasi dan mitigasi pada perkebunan kopi rakyat di Nusa Tenggara Barat. *Menara Perkebunan*, 86(2), 62–71. <https://doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.294>
- Putro, E. A. N., Rimawati, E., & Vlandari, R. T. (2021). Prediksi penjualan kertas menggunakan metode double exponential smoothing. *Jurnal TIKomSiN*, 9(1).
- Pusat Standarisasi dan Lingkungan, Kementerian Kehutanan, & Forest Carbon Partnership Facility. (2012). Identifikasi penyebab deforestasi dan degradasi hutan serta aktivitas yang menyebabkan pengurangan emisi, peningkatan serapan karbon dan stabilitasi stok karbon hutan.
- P3KR (Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi). (2012). Monograf model-model alometrik untuk pendugaan biomassa pohon pada berbagai tipe ekosistem hutan di Indonesia. Kementerian Kehutanan.
- Rajas, N., Korde, S., Kate, I., Kale, S., & Jadhav, V. (2023). Proximate analysis of biomass. *International Journal of Membrane Science and Technology*, 10(2), 2604–2607.
- Rasid, N. S. A., Asadullah, M., Malek, N. H., & Amin, N. A. S. (2020). Fast pyrolysis of oil palm empty fruit bunch in an auger reactor: Bio-oil composition and characteristics. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 736, 032021. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/736/3/032021>
- Renaldy, N. A., Wijayanti, S. P., Bahua, H., Ariyani, N. R., Oktarani, S. L. T., Djarot, I. N., & Widyastuti, N. (2023). Karakteristik limbah baglog produksi kulit sintetis miselium jamur (*Mylea*) sebagai bioenergi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 24(2), 292–299.
- Robinson, S. J., van den Berg, E., Meirelles, G. S., & Ostle, N. (2015). Factors influencing early secondary succession and ecosystem carbon stocks in Brazilian Atlantic Forest.
- Rulianti, Feni., Devi, R., Mela, R., Mulyadi, & Hidayat, M. (2018). Estimasi biomassa (estimasi stok karbon) pada pohon di kawasan hutan primer

- Pegunungan Deudap Pulo Aceh Kabupaten Aceh Besar. Prosiding Seminar Nasional Biotik, 246–258.
- Sardi, B., Ripky, M., Marhum, F. A., Nampo, S., & Arif, M. (2023). Analisis proksimat, ultimat, dan kadar sulfur dalam penentuan kualitas batubara pada formasi bobong Pulau Taliabu – Maluku. *Sultra Journal of Mechanical Engineering (SJME)*, 2(1), 45–53.
- Savitri, D. A., Herlina, & Novijanto, N. (2021). Analisis proksimat dan organoleptik dark chocolate spread dengan tambahan ingredient berbasis kelapa. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*, 25(2).
- Seddon, N., Chausson, A., Berry, P., Girardin, C. A. J., Smith, A., & Turner, B. (2020). Understanding the value and limits of nature-based solutions to climate change and other global challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1794). <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0120>
- Sepfitrah. (2016). Analisis proximate kualitas batubara hasil tambang di Riau (studi kasus Logas, Selensen dan Pangkalan Lesung). *Jurnal Sainstek*, 4(1), 17.
- Silas, R. F. (2020). Potensi simpanan karbon pada tegakan hutan rakyat berbasis Uru (*Elmerrilla ovalis*) di Kabupaten Teroja Utara [Skripsi]. Universitas Hasanuddin. <http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/1388/>
- Suhartati, T., Wahyudiono, S., Purwadi, & Michael. (2023). Pemodelan hubungan tinggi dan diameter *Eucalyptus pellita* umur 30 bulan. *Jurnal Wana Tropika*, 13(1).
- Supriadi, F. Y. H., & M. S. D, Ibrahim. (2015). Teknologi budi daya tanaman kopi aplikasi pada perkebunan rakyat. IAARD Press.
- Syaifurrahman, M. A., & Akbar, R. M. (2021). Kopi Robusta (*Coffea canephora*) di garis terdepan menghadapi perubahan iklim global. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 33(3).
- Tatachar, A. V. (2021). Comparative assessment of regression models based on model evaluation metrics. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(9), 853–860.
- Tjørve, K. M. C., & Tjørve, E. (2017). The use of Gompertz models in growth analyses. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178691>
- Tribasuki, A. N. P. (2016). Analisis regresi dalam penelitian ekonomi & bisnis (dilengkapi aplikasi SPSS & EViews). RajaGrafindo Persada.
- Walker, A. P., De Kauwe, M. G., Bastos, A., Belmecheri, S., Georgiou, K., Keeling, R. F., & Zuidema, P. A. (2021). Integrating the evidence for a terrestrial carbon sink caused by increasing atmospheric CO₂. *New Phytologist*, 229(5), 2413–2445. <https://doi.org/10.1111/nph.16866>
- Wardoyo. (2016). Perubahan iklim dan perdagangan karbon dari penurunan emisi gas rumah kaca (GRK). *Jurnal Manajemen Bisnis*, 1(1), 39–44.
- Wibisono, Y. (2009). Metode statistik. Universitas Gajah Mada.
- Wibowo, A. (2021). Karakter perakaran sejumlah varietas kopi Arabika pada fase bibit di pesemaian [Determining the root characteristics of Arabica coffee varieties in the nursery stage]. *Agrotechnology Research Journal*, 5(1), 18–25. <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v5i1.44868>
- Widyotomo, S. (2015). Perkembangan teknologi diversifikasi limbah kopi menjadi produk bernilai tambah. *Review Penelitian Kopi dan Kakao*, 1(1), 62–79.
- Wijaya, F., Liu, W.-C., Suharyanto, & Huang, W.-C. (2023). Comparative assessment of different image velocimetry techniques for measuring river

- velocities using unmanned aerial vehicle imagery. *Water*, 15, 3941. <https://doi.org/10.3390/w15223941>
- Wijayanto, N., & M. M. R, Gunawan. (2020). Pendugaan potensi karbon jenis-jenis tanaman berkayu di pekarangan Desa Tegalwaru, Kecamatan Ciampea, Kabupaten Bogor. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 11(2), 96–101.
- Wirahadinata, D. D., Setyaningsih, L., & Meiganati, K. B. (2015). Potensi karbon tegakan trubusan jati cepat tumbuh. *Jurnal Nusa Sylva*, 15(2), 1–7.
- Yuliah, Y., Suryaningsih, S., & Ulfi, K. (2017). Penentuan kadar air hilang dan volatile matter pada bio-briket dari campuran arang sekam padi dan batok kelapa. *Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika*, 1(1), 51–57.
- Yusuf, M. A., Herman, Trisnawati, H., Abraham, A., & Rukmana, H. (2024). Analisis regresi linier sederhana dan berganda beserta penerapannya. *Journal on Education*, 6(2), 13331–13344.
- Yuwanto, S. H., Syah, A., & Bahar, H. (2024). Analisis proksimat untuk menentukan jenis dan kualitas batubara daerah Montallat, Barito, Kalimantan Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan IV (SENASTITAN IV)*, Surabaya.
- Zaelani, A. K. (2022). Respon macam warna sungkup plastik dan macam varietas terhadap pertumbuhan bibit tanaman kopi (*Coffea* sp.) [Unpublished undergraduate thesis, Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Panca Marga Probolinggo].