

Karakteristik Pupuk *Slow Release* Berbasis Biochar Tongkol Jagung yang Diperkaya Nutrisi

Characteristics of Slow release Fertilizer Based on Nutrient Enriched Corn Cob Biochar

Sukmawati^{1*}, Ayu Nita¹, Iradhatullah Rahim¹, Suherman¹, Sri Nur Qadri¹, Syamsiar Zamzam¹, Noerfitryani², Pratiwi MK³

Submission: 22 Januari 2025, Review: 17 Februari 2025, Accepted: 30 Agustus 2025

*) Email korespondensi: sukmakuuh76@gmail.com

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Peternakan, dan Perikanan, Universitas Muhammadiyah Parepare, Jl Jend. Ahmad Yani KM. 6, Kota Parepare, Sulawesi Selatan, 91131

²Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Makassar, Jl. Sultan Alauddin No.259, Makassar, Sulawesi Selatan, 90221

³Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian, Peternakan, dan Perikanan, Universitas Muhammadiyah Parepare, Jl Jend. Ahmad Yani KM. 6, Kota Parepare, Sulawesi Selatan, 91131

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pupuk *slow release* berbasis biochar tongkol jagung yang diperkaya dengan berbagai sumber nutrisi (NPK, SP36, urine sapi dan *Azotobacter*). Metode penelitian mencakup pembuatan biochar melalui pirolisis dan impregnasi nutrisi. Karakterisasi pupuk meliputi analisis unsur hara, fraksi bahan, stabilitas biochar, dan gugus fungsi menggunakan spektra (FTIR). Hasil penelitian dari empat hasil analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa formulasi SRFbiochar+SP36+urine sapi memberikan hasil terbaik dalam meretensi hara dan air. Kandungan hara yang dihasilkan SRFbiochar+SP36+urine sapi, yakni N(0,35%), P (0,63%), K (0,7%), Corganik (6,49%), kandungan volatil (15%) yang diperkuat dengan hasil ultimate yang menunjukkan kandungan hara yang tinggi (C=10,09%, N=0,35%), yang diperjelas dengan terbentuknya gugus fungsi hidroksi (O-H) pada ban 3444,87 dan gugus karboksi pada band 1635.64. Hasil ini menunjukkan bahwa formulasi SRF-BiocharSP36+urin sapi memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai pupuk *slow release* untuk meningkatkan efisien pemupukan di lahan kering untuk peningkatan kesuburan tanah secara berkelanjutan.

Kata kunci: biochar; pupuk *slow release*; unsur hara; gugus fungsi; retensi hara.

ABSTRACT

This research aims to determine the characteristics of slow-release fertilizer based on corncob biochar which is enriched with various nutrient sources (NPK, SP36, cow urine and *Azotobacter*). Research methods include making biochar through pyrolysis and nutrient impregnation. Fertilizer characterization includes analysis of nutrients, material fractions, biochar stability, and functional groups using spectra (FTIR). The results of the four analyzes carried out showed that the SRFbiochar+SP36+cow urine formulation provided the best results in retaining nutrients and water. The nutrient content produced by SRFbiochar+SP36+cow urine, namely N(0.35%) P (0.63%), K (0.7%), Corganik (6.49%), volatile content (15%) strengthened by the ultimate results which show high nutrient content (C=10.09%, N=0.35%), which is explained by the formation of hydroxy functional groups (O-H) in tire 3444.87 and carboxy groups on the band 1635.64. These results indicate that the SRF-BiocharSP36+bovine urine formulation has the potential to be developed as a slow-release fertilizer to increase fertilization efficiency in dry land for sustainable soil fertility improvement.

Keywords: biochar; slow release fertilizer; nutrient; functional group; nutrient retention;

I. PENDAHULUAN

Penggunaan pupuk kimia yang berkepanjangan menurunkan kualitas tanah dan mengurangi hasil panen. Menurut Bisane *et al.*, (2023) pupuk kimia tidak berperan dalam pemulihan kesuburan tanah, dan untuk meningkatkan produksi tanaman digunakan urea, kalium muriat, dan superfosfat tunggal yang memperburuk kondisi tanah (Pahalvi *et al.*, 2021). Penggunaan pupuk *slow release* dapat memungkinkan kontrol yang tepat terhadap pelepasan kandungan kimia dalam pupuk, meningkatkan efisiensi penggunaan unsur hara dan mengurangi pencemaran lingkungan. Kandungan kimia yang terkendali dalam pupuk dapat mendorong pertanian berkelanjutan dan meningkatkan produktivitas pertanian (Priya *et al.*, 2024).

Pupuk *slow release* adalah jenis pupuk yang melepaskan unsur hara ke tanaman secara bertahap seiring berjalannya waktu (Robert, 2024). Pupuk *slow release* dirancang untuk menyediakan pasokan nutrisi stabil, yang dapat membantu tanaman tumbuh lebih baik dan mengurangi risiko pemupukan berlebihan. Penggunaan pupuk *slow release* memberikan manfaat di lahan pertanian dengan menyediakan pasokan unsur hara secara terus menerus, sehingga mengurangi risiko pencucian dan limpasan unsur hara. Dengan meminimalkan limpasan dan pencucian unsur hara, pupuk *slow release* membantu melindungi kualitas air. Pasokan nutrisi yang stabil membantu menjaga pertumbuhan tanaman yang konsisten, mengurangi risiko kekurangan nutrisi atau keracunan. Pasokan nutrisi yang konsisten mendorong perkembangan akar yang lebih dalam dan ekstensif. Hal ini dapat meningkatkan kemampuan tanaman untuk mengakses air dan nutrisi, sehingga meningkatkan kesehatan dan produktivitas tanaman secara keseluruhan (Robert, 2024).

Pupuk *slow release* merupakan inovasi ramah lingkungan yang memanfaatkan biochar sebagai bahan utama (Sukmawati *et al.*, 2024). Biochar dapat memodifikasi pupuk kimia dengan mengendalikan pelepasan unsur hara sesuai dengan waktu dan jumlah, sehingga cocok untuk tanaman (Astiani *et al.*, 2024). Selain itu, biochar menyimpan karbon sehingga meningkatkan karbon tanah untuk mengurangi pemanasan global (Khare & Goyal, 2013). Salah satu bahan yang digunakan dalam pembuatan biochar yaitu tongkol jagung yang merupakan limbah pertanian melimpah dan memiliki potensi besar sebagai bahan baku pembuatan biochar. Secara kimia, tongkol jagung mengandung komponen utama seperti selulosa (41%), hemiselulosa (36%), dan lignin (16%) (Iskandar & Rofiatin, 2017).

Kandungan selulosa yang tinggi ini menjadikan tongkol jagung ideal untuk menghasilkan biochar dengan kandungan karbon tetap yang tinggi, porositas baik, serta kemampuan meningkatkan pH tanah. Komponen hemiselulosa cenderung mudah terdegradasi selama proses pirolisis, menghasilkan gas volatil dan tar. Sementara itu, lignin lebih tahan panas sehingga berkontribusi pada pembentukan karbon tetap dalam biochar. Biochar tongkol jagung mampu menetralkan tanah yang bersifat masam, karena memiliki pH yang cenderung basa (Mautuka *et al.*, 2022). Pupuk *slow release* berbasis biochar dari tongkol jagung memiliki tujuan memanfaatkan struktur berpori untuk menggabungkan unsur hara makro dan mikro yang dapat tersedia untuk tanaman dan tanah secara pelepasan

lambat. hal ini akan membantu mengurangi masalah lingkungan dan menyediakan nutrisi bagi tanaman untuk meningkatkan hasil produksi.

II. METODE PENELITIAN

1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini berlangsung di Desa Parenring, Kecamatan Lilirilau, Kabupaten Soppeng, pada Oktober 2024 sampai Januari 2025. Untuk Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Kimia Pakan Universitas Hasanuddin.

2. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan pupuk *Slow release* berbasis biochar adalah biochar dari tongkol jagung, pupuk NPK Phonska (N=15%, P_2O_5 =10%,K=12% dan S=10%) dan pupuk SP36 (P_2O_5 = 36%, S= 5%), urine sapi, dan bakteri *Azotobacter*. Pembuatan biochar tongkol jagung mengikuti Standar Karbon Internasional European Biochar Foundation (EBC), (2016) . Pupuk *Slow release* dibuat dari biochar tongkol jagung dengan komposisi kimia C-organik (76,24%), N-total (0,72%), P_2O_5 (0,23%), Kdd (0,33%), kandungan air (8.09%), kadar abu (3,88%) dan zat volatil (18,18%). Pupuk *Slow release* dibuat melalui teknik impregensi (perendaman) mengikuti prosedur Das & Ghosh, (2023). Biochar dihaluskan terlebih dahulu kemudian direndam dengan larutan nutrisi (NPK, SP36, Urine Sapi, dan *Azotobacter*). Dosis biochar yang digunakan merujuk pada Sukmawati, (2020), sementara dosis pupuk NPK dan SP36 0,3 g per 1 L merujuk pada kebutuhan pemupukan tembakau. Adapun dosis urine sapi sebanyak 25 ml dan *Azotobacter* sebanyak 5 ml dalam bentuk larutan merujuk pada Astiani *et al.*, (2024). Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan metode Analisis Laboratorium dengan 4 perlakuan bahan charging biochar (P1 = Pupuk NPK, P2 = Pupuk SP36, P3 = Pupuk SP36+Urine Sapi dan P4 = Pupuk SP36+Urine Sapi +*Azotobacter*).

3. Parameter Penelitian

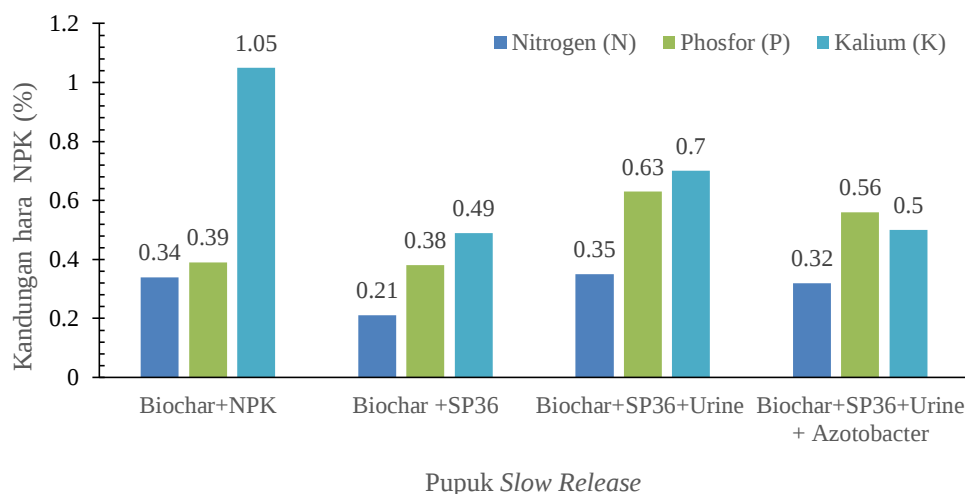
Karakterisasi pupuk *slow release* mengikuti prosedur *European Biochar Foundation* (EBC), (2016) meliputi: 1) kandungan nutrisi menggunakan analisis Kjeldhal untuk Nitrogen (N), analisis Spektrofotometri untuk Fosfor (P) dan Kalium (K); 2) fraksi bahan menggunakan analisis proksimat yang merujuk pada Sukmawati, (2020) terdiri dari kandungan air, zat volatil, kadar abu, dan karbon tetap; 3) stabilitas biochar menggunakan analisis elemen terdiri dari karbon (C), Hidrogen (H), Nitrogen (N), Oksigen (O), dan Sulfur (S) merujuk pada Almutairi *et al.*, (2023); dan 4) Analisis *fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR) untuk menganalisa jenis gugus fungsi (ikatan hidroksil, alkana, karboksil dan aromatik) yang ada pada permukaan biochar merujuk pada (Sukmawati, 2020).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kandungan Unsur Hara pada Pupuk *Slow Release* Berbasis Biochar

Berdasarkan pada Gambar 1, kandungan unsur hara makro pupuk *slow release*, terdiri dari Nitrogen, Fosfor dan Kalium. Kandungan hara tertinggi terdapat pada

Biochar+SP36+Urine (N= 0,35%, P=0,63%, K=0,7%). Khusus kandungan Nitrogen memiliki nilai yang hampir sama antara Biochar+NPK (0,34%), BiocharSP36+urin (0,35%) dan Biochar SP36+Urin+*Azotobacter* (0,32%). Berdasarkan Suleman (2019), kandungan nitrogen yang berada pada range (0,21-0,5%) termasuk dalam kategori *sedang*.



Gambar 1. Kandungan Hara Makro berbagai Pupuk *Slow Release*

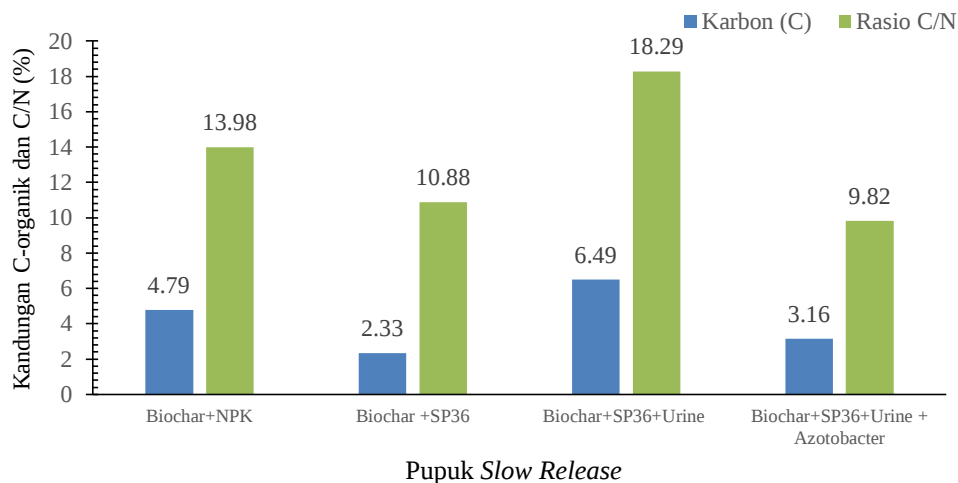
Kandungan unsur hara makro pupuk *slow release* terdiri dari Nitrogen, Fosfor dan Kalium (Gambar 1). Kandungan Nitrogen dan fosfor tertinggi terdapat pada SRF-BiocharSP36 +urin sapi masing-masing 0,35% dan 0,63%. Adapun kandungan kalium tertinggi pada SRF Biochar+NPK (1,05%). Menurut Mautuka *et al.*, (2022), bahwa penambahan biochar pada tanah mampu meningkatkan unsur hara tanah seperti pH, C-organik 6,81%, nitrogen 0,33%, fosfor 0,10%, kalium 0,56%, dan C rasio. /N 20,64 %.

Nilai kandungan Nitrogen hampir sama antara Biochar+NPK, BiocharSP36+urin, dan Biochar SP36+Urin+*Azotobacter* dan termasuk dalam kategori *sedang*. Hal ini disebabkan ketiga formula SRF ini terdapat penambahan sumber nitrogen yakni pupuk NPK, Urine dan *Azotobacter*. Urin sapi meningkatkan kandungan hara nitrogen a pupuk biocharSP36+urin sedangkan NPK merupakan sumber nitrogen pada pupuk SRF Biochar+NPK. Adapun sumber nitrogen Biochar SP36+Urin+*Azotobacter* diperoleh dari urin sapi dan diperkaya dengan bakteri penambat nitrogen yakni *Azotobakter*. Menurut Yemata & Mengistu, (2024) mengandung urea sebesar 2,5%, dimana 80% bahan nitrogen yang dikonsumsi sapi dikeluarkan sebagai urin dengan kandungan 52% N, 61–87% P, dan 82–92% K.

Kandungan kalium paling tinggi terdapat pada biochar+NPK yakni (1,05%) termasuk kategori *sangat tinggi* pada range (> 1%). merujuk pada (Suleman, 2019) yakni pada biochar+NPK terdapat penambahan kalium yang terdapat pada pupuk NPK yaitu dengan kalium 12% dibandingkan dengan biochar+SP36, biochar+SP36+Urine dan biochar+SP36+Urine+*Azotobacter*. Pupuk SP36 yang ditambahkan pada formula pupuk SRF tidak mengandung kalium, sedangkan pupuk NPK mengandung Kalium sebanyak 12% (Petrokimia, 2025). Selain itu kalium dalam NPK memiliki kelarutan tinggi pada penambahan biochar (Lehmann & Joseph, 2015).

2. Kandungan Bahan Organik

Berdasarkan pada Gambar 2, kandungan C-organik pada pupuk *slow release* tertinggi terdapat pada biochar+SP36+Urine yakni 6,49%, termasuk kategori *sangat tinggi* dengan rasio C/N 18,29% termasuk kategori *tinggi*. Adapun kandungan C-organik terendah terdapat pada biochar+SP36 yakni 2,33% dengan kategori *sedang*. Sementara itu rasio C/N terendah diantara pupuk *slow release* terdapat biochar+SP36+Urine+*Azotobacter* yakni 9,82% termasuk kategori *rendah*. Kategori kandungan C-Organik dan rasio C/N merujuk pada (Suleman, 2019).



Gambar 2. Kandungan C-Organik dan rasio C/N berbagai Pupuk *Slow Release*

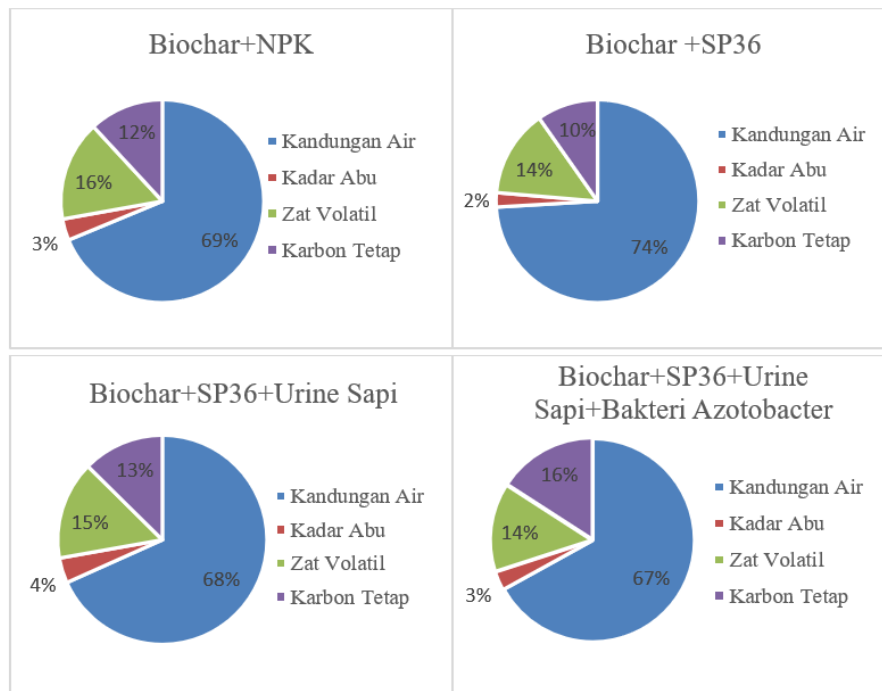
Pada biochar+SP36+Urine memiliki kandungan C-organik tinggi dengan rasio C/N tinggi berdasarkan dari sifat biochar yang kaya karbon dan stabil, serta kontribusi nutrisi dari SP36 dan urine sapi yang mendukung aktivitas mikroorganisme tanah dalam jangka panjang. Penambahan urine sapi ke dalam campuran biochar dan SP-36 menyediakan nitrogen yang diperlukan untuk aktivitas mikroba dalam dekomposisi bahan organik merujuk pada penelitian Istiqomah *et al.*, (2022) dan pada kandungan C-organik rendah pada biochar+SP36 .Kemudian untuk rasio C/N rendah diantara pupuk *slow release* terdapat biochar+ SP36+Urine+*Azotobacter* merujuk pada penelitian Nugroho, (2018).

Bahan pupuk lepas lambat berbasis biochar biasanya terdiri dari bahan dasar biochar dengan kandungan karbon tinggi, dicampur dengan sumber nutrisi pilihan (seperti nitrogen, fosfor, atau kalium) yang terikat secara fisik atau kimia pada partikel biochar, seringkali dengan bahan pelapis seperti polimer atau mineral untuk lebih mengontrol laju pelepasan nutrisi, sehingga menghasilkan bahan dengan profil nutrisi yang seimbang dan waktu pelepasan yang lebih lama dibandingkan dengan pupuk konvensional Lu *et al.*, (2023).

3. Kandungan Fraksi Bahan pada Berbagai Pupuk *Slow Release*

Berdasarkan pada Gambar 3. menunjukkan kandungan fraksi bahan pada pupuk *slow release* berbasis biochar pada biochar+NPK, biochar+SP36, biochar+SP36+Urine, dan

biochar+SP36+Urine+ *Azotobacter* dengan nilai yang didapatkan untuk kandungan air, kadar abu, zat volatil dan karbon tetap yakni berkisar hampir sama.



Gambar 3. Kandungan Fraksi Bahan Berbagai Pupuk *Slow Release*

Merujuk pada penelitian Tomczyk *et al.*, (2020), kisaran fraksi bahan dalam pupuk lepas lambat berbasis biochar adalah kadar air (kelembaban) sekitar 5-10%, kadar abu antara 5-20%, zat volatil antara 10-30%, dan karbon tetap antara 50-80%; Namun, nilai-nilai ini dapat bervariasi tergantung pada bahan baku yang digunakan, suhu pirolisis, dan metode pemrosesan yang digunakan untuk menghasilkan biochar.

Kandungan air pada pupuk *slow release* berbasis biochar ini memiliki nilai yang tinggi yakni berkisar 67-74% dimana pada biochar yang digunakan masih dalam kondisi yang menyerap banyak air setelah proses produksi. Peningkatan kandungan air menunjukkan bahwa kombinasi biochar dengan penambahan sumber nutrisi dapat meningkatkan kapasitas retensi air. Selanjutnya kadar abu berkisar 2-4% pada semua pupuk *slow release* menunjukkan bahwa rendahnya kadar abu menunjukkan stabilitas biochar dalam menyimpan karbon jangka panjang (Lehmann & Joseph, 2015).

Kandungan zat volatil berkisar 14-16% pada semua pupuk *slow release* dimana pada penelitian (Mila Astiani *et al.*, 2024), zat volatil yang terdapat pada biochar menjadi sumber karbon dan energi bagi kehidupan bakteri. Kemudian pada karbon tetap berkisar diantara 10-16% dimana yang paling tinggi terdapat pada biochar+SP36+Urine+ *Azotobacter* yaitu 16% tingginya karbon tetap pada formula ini menunjukkan keberhasilan *Azotobacter* dalam mendukung stabilisasi karbon dengan peningkatan aktivitas mikroba yang mendekomposisi zat volatil lebih lanjut. Kandungan karbon tetap yang moderat menandakan potensi biochar dalam memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan retensi karbon (Lehmann & Joseph, 2015).

4. Kandungan Stabilitas Biochar Pupuk *Slow Release* Berbasis Biochar

Berdasarkan pada tabel 1. menunjukkan pupuk *slow release* dengan penambahan unsur hara nitrogen mengandung karbon dan nitrogen paling tinggi. Hal ini terindikasi pada Pupuk SRF BiocharNPK (16,67%; 0,34%), SRF BiocharSP36+urin(19,09%; 0,35%) dan SRF Biochar SP36 + urin+Azotobacter (19,04%; 0,32%).

Tabel 1. Komposisi Kandungan Stabilitas pada Pupuk *Slow Release* Berbasis Biochar

No.	Sampel	Komposisi (%)				
		Hidrogen (H)	Karbon (C)	Nitrogen (N)	Oksigen (O)	Sulfur (S)
1	Biochar+NPK	24,23	16,67	0,34	58,04	0,72
2	Biochar +SP36	23,45	12,08	0,21	63,47	0,79
3	Biochar+SP36+Urine	23,84	19,09	0,35	56,03	0,68
4	Biochar+SP36+Urine + <i>Azotobacter</i>	24,66	19,04	0,32	55,10	0,88

Stabilitas pupuk lepas lambat berbasis biochar, parameter analisis unsur utama yang perlu dipertimbangkan adalah kandungan karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), Sulfur (S) dan nitrogen (N), dengan fokus pada rasio C/N dan rasio O/C, karena rasio O/C yang lebih rendah umumnya menunjukkan stabilitas yang lebih besar, sedangkan rasio C/N harus seimbang tergantung pada profil pelepasan unsur hara yang diinginkan. Rasio O/C biochar dapat mencerminkan kestabilan karbon biologis dalam tanah. Umumnya, rasio O/C yang lebih rendah dari 0,2 menghasilkan waktu paruh biochar minimal 1000 tahun merujuk pada Cen *et al.*, (2018).

Kandungan karbon dan nitrogen tertinggi terdeteksi pada pupuk SRF-Biochar SP36+urin sapi. Hasil penelitian ini diperkuat oleh penelitian Anam *et al.*, (2022) yang melaporkan bahwa penggunaan urine sapi sebagai sumber nitrogen organik dapat meningkatkan aktivitas mikroba tanah, yang berperan dalam dekomposisi bahan organik dan peningkatan kandungan karbon serta nitrogen dalam tanah. Disisi lain, pupuk SRF-BiocharSP36+Urin sapi+Azotobakter menghasilkan Hidrogen, dan Sulfur yang tinggi, meskipun menghasilkan karbon dan Nitrogen yang hampir sama dengan Biochar-SP36+urin. *Azotobacter*, sebagai bakteri pengikat nitrogen, berkontribusi pada stabilisasi karbon melalui peningkatan aktivitas biologis yang mendukung dekomposisi bahan organik dan pengikatan karbon dalam biochar.

Kandungan Hidrogen dan sulfur yang tinggi kemungkinan disebabkan oleh adanya bakteri *Azotobacter*. Menurut Sukmawati *et al.*, (2020) *Azotobacter* merupakan bakteri gram negatif yang mampu mensintesa biofilm yang memiliki struktur dan sifat yang berkaitan dengan retensi air dan nutrisi. Selain itu Purbalisa *et al.*, (2020) melaporkan bahwa mikroba dapat berkembang biak dengan baik pada tanah yang banyak mengandung karbon. Adapun kandungan karbon yang lebih rendah pada pupuk SRF-BiocharSP36 mengindikasikan bahwa biochar kurang efektif dalam mempertahankan karbon organik. Menurut Hossain *et al.*, (2020) fosfor dapat meningkatkan aktivitas mikroba yang mendegradasi bahan organik, sehingga berpotensi mengurangi stabilitas karbon dalam tanah.

5. Gugus Fungsi berdasarkan spektra FTIR pada Pupuk *Slow release* Berbasis Biochar

Tabel 2 menyajikan hasil spektra FTIR yang menunjukkan serapan sinar X pada permukaan pupuk *slow release* yang menunjukkan terbentuknya empat gugus fungsi yang terbentuk pada pupuk *slow release* berbasis biochar. Ada 4 gugus fungsi utama yang terbentuk, yakni: ikatan hidroksil (O-H), alkana (C-H), aromatik (C-C), dan karboksil (C-O).

Tabel 2. Gugus Fungsi berdasarkan Spektra FTIR pada Pupuk *Slow release* Berbasis Biochar

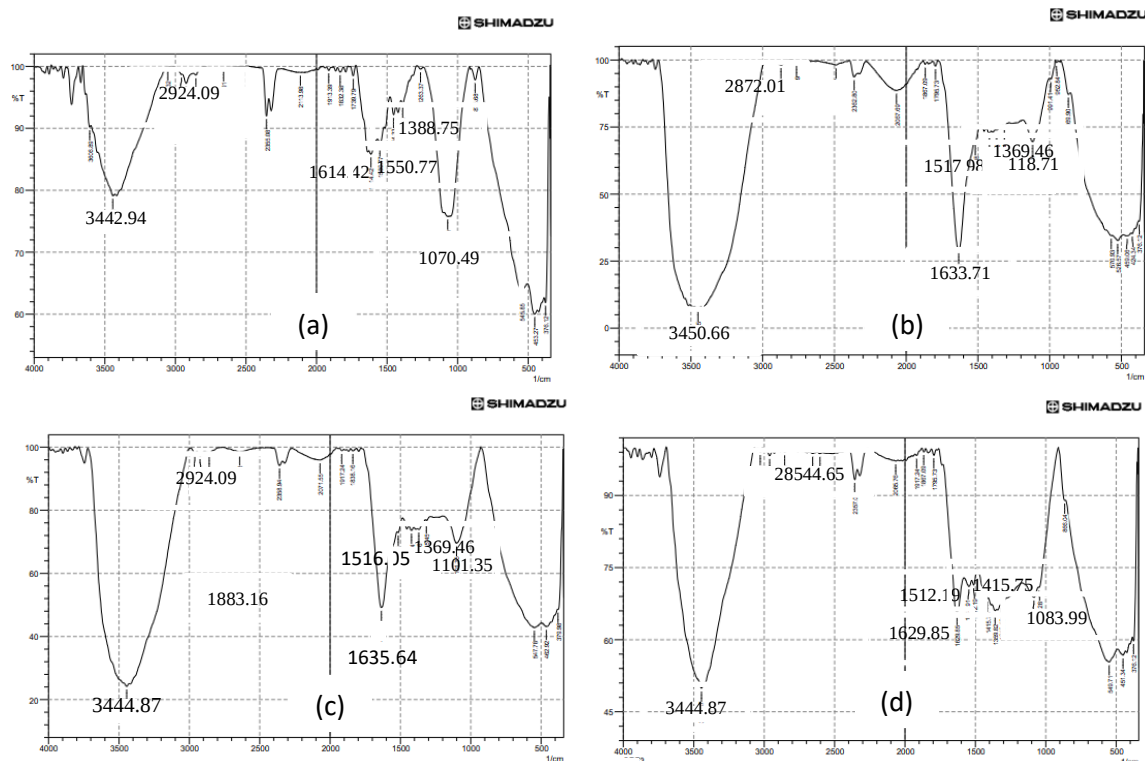
No.	Gugus Fungsi	Perlakuan				Referensi Gelombang /Band cm^{-1}
		Biochar +NPK	Biochar+ SP36	Biochar+S P36+Urine	Biochar+SP36+ Urine+Azotobacter	
1	Alkana (C-H)	1388.75	1369.46	1369.46	1415.75	1340-1470
2	Aromatik (C-C)	1550.77	1517.98	1516.05	1512.19	1500-1600
3	Karboksil (C-O)	1614.42	16633.71	1635.64	1629.85	1600-1700
4	Alkana (C-H)	2924.09	2872.01	2924.09	2854.65	2850-2950
5	Hidroksil (O-H)	3442.94	3450.66	3444.87	3444.87	3200-3600

Karakteristik ikatan hidroksil (O-H) ditandai dengan munculnya band dengan pita lebar antara 3200-3600 cm^{-1} dengan intensitas yang sangat tinggi terdeteksi pada semua pupuk *slow release* (Gambar 3). Ikatan hidroksil menunjukkan adanya kandungan air pada pupuk *slow release*. Merujuk pada penelitian Wang *et al.*, (2019), bahwa ikatan hidroksil muncul pada band yang lebar 3200-3600 cm^{-1} pada biochar ikatan hidroksil berperan penting dalam retensi air dan reaksi dengan senyawa lainnya.

Gugus fungsi alkana (C-H) yang muncul ditandai oleh dua band yakni antara 1340-1470 cm^{-1} dan 2850-2950 cm^{-1} terdeteksi pada semua pupuk *slow release* dengan intensitas yang lemah (Gambar 3). Hal ini menunjukkan pada ikatan C-H terbentuknya matriks karbon pada pupuk *slow release*. Menurut Jindo *et al.*, (2014), bahwa gugus fungsi alkana pada band 2700-3000 cm^{-1} menunjukkan kerangka karbon. Selanjutnya gugus fungsi karboksil (C-O) dengan ditunjukkan oleh band gelombang 1600-1700 cm^{-1} merujuk pada Sukmawati (2020), terdeteksi pada semua pupuk *slow release* berbasis biochar dengan intensitas yang tinggi (Gambar 3) menunjukkan unsur hara seperti NPK, SP36, urine sapi dan bakteri terserap pada permukaan biochar. Karakteristik gugus fungsi permukaan biochar seperti karbonil (ikatan rangkap C=O), karboksil (-COOH), hidroksil (-OH) dan amino (-NH₂), yang dapat berinteraksi dengan berbagai macam nutrisi (Tahery *et al.*, 2022).

Peningkatan intensitas pada ikatan karboksil menunjukkan interaksi kuat antara gugus karboksil dengan elemen dari pupuk atau mikroorganisme. Merujuk pada penelitian Wang *et al.*, (2019), menyatakan bahwa gugus karboksil berperan penting dalam interaksi

antara biochar dengan ion mineral di tanah. Kemudian diperkuat dengan gugus fungsi aromatik (C=C) terserap pada band 1500-1600 cm^{-1} muncul pada semua pupuk *slow release* berbasis biochar intesintas yang rendah (Gambar 3). Pada penelitian Guo *et al.*, (2017), menunjukkan pada ikatan aromatik pada ban 1500-1600 dan terjadi absorpsi unsur hara pada matriks karbon. Aromatisasi merupakan indikator yang berguna untuk struktur karbon yang menentukan stabilitas biochar dimana memungkinkan untuk menahan degradasi biologis (Leng *et al.*, 2019).



Gambar 3. Gugus Fungsi berdasarkan Spekttra FTIR pada Pupuk *Slow Release* Berbasis Biochar

Merujuk pada Sukmawati, (2020b) diantara gugus fungsi keberadaan unsur hara dilihat pada ikatan karboksil (C-O). Nilai ikatan karboksil pada biochar murni yang belum ada penambahan unsur hara yakni 1697,39, nilai yang terbentuk lebih kecil atau mendekati nilai dari biochar (1697,39) kemudian menunjukkan pada pupuk *slow release* lebih cepat terurai dan lebih cepat digunakan yaitu berdasarkan dari ikatan karboksil pada pupuk *slow release* yang lebih cepat terurai dan lebih cepat digunakan terjadi pada biochar+SP36+Urine (1635.64), biochar+SP36 (1633.71), biochar+SP36+Urine+Azotobacter (1629.85), dan biochar lambat digunakan terjadi pada biochar+NPK (1614.12).

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada pupuk *slow release* berbasis biochar dengan penambahan nutrisi yaitu NPK, SP36, urine sapi dan bakteri menunjukkan pada kandungan unsur hara pada biochar+SP36+urine memberikan nilai yang tinggi terhadap

kandungan unsur hara N (0,35%) P (0,63%), K (0,7%), kandungan Corganik dengan C/N tinggi. Kandungan fraksi bahan berbagai pupuk *slow release* memiliki nilai hampir sama. Kandungan Stabilitas biochar penambahan unsur hara nitrogen mengandung karbon dan nitrogen paling tinggi dan memiliki nilai tertinggi pada biochar+SP36+urine. Dan berdasarkan dari gugus fungsi biochar+SP36+urine gugus hidroksil pada band 3444,87 dan gugus karboksil pada band 1635.64 menunjukkan bahwa pupuk *slow release* lebih cepat terurai dan lebih cepat digunakan. Hasil ini menunjukkan bahwa pupuk *slow release* Biochar+ SP36+urin sapi memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai pupuk *slow release* untuk meningkatkan efisien pemupukan dan untuk peningkatan kesuburan tanah secara berkelanjutan.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih penulis ditujukan kepada Kemenristek Dikti melalui program Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat atas bantuan pendanaan dengan nomor kontrak 807/LL9/PK.00.PPM/2024. Selain itu, ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada LPPM UMPAR, Fakultas Pertanian, Peternakan, dan Perikanan Universitas Muhammadiyah Parepare dan ucapan terima kasih kepada kelompok tani Maminasa Deceng Desa Parenring, Kecamatan Lilirilau, Kabupaten Soppeng atas dukungan sarana dan prasarana selama proses penelitian.

VI. REFERENSI

- Almutairi, A. A., Ahmad, M., Rafique, M. I., & Al-Wabel, M. I. (2023). Variations in composition and stability of biochars derived from different feedstock types at varying pyrolysis temperature. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 22(1), 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2022.05.005>
- Anam, C., Qibtiyah, M., Kusumawati, D. E., & Azwan, M. R. (2022). Pengaruh Biochar Sekam dan biourine Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.). *AGRORADIX: Jurnal Ilmu Pertanian*, 6(1), 30–38. <https://doi.org/10.52166/agroteknologi.v6i1.3791>
- Astiani, M., Rahim, I., Yamin, M., Agroteknologi, P. S., & Pertanian, F. (2024). TANAMAN JAGUNG HIBRIDA (*Zea mays* L.) PADA TANAH BERTEKSTUR LIAT *Characteristics and Correlation Analysis of Physiological Characters of Hybrid Corn Plants (Zea mays L.) on Clay-Textured Soil Enriched with Biochar-Based Slow release Fertilizer PENDAHULUAN*. 12(2).
- Bisane, M., Chakravarty, I., Mehetre, S., Mukherjee, P., & Mandavgane, S. A. (2023). Biomass ash as a source of nutrient; a case study on cotton (*Gossypium*). *Fruit and Vegetable Waste Utilization and Sustainability*, 2, 301–308. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91743-8.00005-8>
- Cen, L., Chen, Q., Rao, P., Yan, L., Shakib, A., & Shen, G. (2018). *Share Announcement Format _ Quote Question _ Answer Thumb _ Up Textsms*. 1–33.
- Das, S. K., & Ghosh, G. K. (2023). Developing biochar-based slow-release N-P-K fertilizer for controlled nutrient release and its impact on soil health and yield. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(14), 13051–13063.

- <https://doi.org/10.1007/s13399-021-02069-6>
- European Biochar Foundation (EBC). (2016). Guidelines for a Sustainable Production of Biochar. *European Biochar Foundation (EBC)*, January, 1–22.
- Guo, X., Zhang, T., Shu, S., Zheng, W., & Gao, M. (2017). Compositional and Structural Changes of Corn Cob Pretreated by Electron Beam Irradiation. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 5(1), 420–425. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b01793>
- Hossain, M. Z., Bahar, M. M., Sarkar, B., Donne, S. W., Ok, Y. S., Palansooriya, K. N., Kirkham, M. B., Chowdhury, S., & Bolan, N. (2020). Biochar and its importance on nutrient dynamics in soil and plant. In *Biochar* (Vol. 2, Issue 4). Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/s42773-020-00065-z>
- Iskandar, T., & Rofiatin, U. (2017). Biochar Characteristics Based on Biomass Type and Pyrolysis Process Parameters Biochar Characteristics Based on Biomass Type and Pyrolysis Process Parameters. *Jurnal Teknik Kimia*, 12(1), 28–34.
- Istiqomah, I., Eka Kusumawati, D., Dita Serdani, A., & Abdul Choliq, F. (2022). Pemanfaatan Limbah Jerami, Sekam, dan Urine Sapi sebagai Pupuk Organik untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Padi. *VIABEL: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian*, 16(2), 101–113. <https://doi.org/10.35457/viabel.v16i2.2462>
- Jindo, K., Mizumoto, H., Sawada, Y., Sanchez-Monedero, M. A., & Sonoki, T. (2014). Physical and chemical characterization of biochars derived from different agricultural residues. *Biogeosciences*, 11(23), 6613–6621. <https://doi.org/10.5194/bg-11-6613-2014>
- Khare, P., & Goyal, D. K. (2013). Effect of high and low rank char on soil quality and carbon sequestration. *Ecological Engineering*, 52(March), 161–166. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.12.101>
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2015). *Biochar for Environmental Management, Science, Technology and Implementation*.
- Leng, L., Huang, H., Li, H., Li, J., & Zhou, W. (2019). Biochar stability assessment methods: A review. In *Science of the Total Environment* (Vol. 647). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.402>
- Lu, J., Li, Y., Cai, Y., Jiang, P., & Yu, B. (2023). Co-incorporation of hydrotalcite and starch into biochar-based fertilizers for the synthesis of slow-release fertilizers with improved water retention. In *Biochar* (Vol. 5, Issue 1). <https://doi.org/10.1007/s42773-023-00242-w>
- Mautuka, Z. A., Astriana, M., & Martasiana, K. (2022). Pemanfaatan Biochar Tongkol Jagung Guna Perbaikan Sifat Kimia Tanah Lahan Kering. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(1), 201–208. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5827375>
- Mila Astiani, Sukmawati, S., Rahim, I., Yamin, M., & Suherman, S. (2024). Karakteristik dan Analisis Korelasi Karakter Fisiologis Tanaman Jagung Hibrida (*Zea mays* L.) pada Tanah Bertekstur Liat Diperkaya Pupuk *Slow release* Berbasis Biochar. *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 12(2), 154–163. <https://doi.org/10.30605/perbal.v12i2.3455>
- Nugroho, A. S. (2018). *Kualitas Pupuk Organik Hasil Pengomposan Anaerob Campuran Feses Sapi Dan Daun Pisang Kering Dengan Berbagai Level Kultur Mikroba*

Azotobacter Dan Molasses (Rasio 1:4). 2–4.

- Pahalvi, H. N., Rafiya, L., Rashid, S., Nisar, B., & Kamili, A. N. (2021). Chemical fertilizers and their impact on soil health. *Microbiota and Biofertilizers, Vol 2: Ecofriendly Tools for Reclamation of Degraded Soil Environs*, 1–20. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61010-4_1
- Petrokimia. (2025). *Pupuk NPK* (pp. 5–7). PT.Pupuk Indon esia. <https://petrokimia-gresik.com/product/phonska>
- Priya, E., Sarkar, S., & Maji, P. K. (2024). A review on slow-release fertilizer: Nutrient release mechanism and agricultural sustainability. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 12(4), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.113211>
- Purbalisa, W., Zulaehah, I., Paputri, D. M. W., & Wahyuni, S. (2020). Carbon and Microbial Dynamics in Soil on Biochar Compost Plus Treatment. *Jurnal Presipitasi : Media Komunikasi Dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 17(2), 138–143. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v17i2.138-143>
- Robert, H. (2024). *Understanding Slow release Fertilizer : Benefits and Applications*. 1–9.
- Sukmawati. (2020a). *Perbaikan Retensi Air Fosfor dan Nitrogen dari Biochar yang ditambahkan Bakteri Penghasil Alginat Utuk Peningkatan Produktivitas Lahan Kering (Disertasi)* [Pasca Sarjana Unhas]. <http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/3048/>
- Sukmawati, Ala, A., Patandjengi, B., & Gusli, S. (2020). Exploring of promising bacteria from the rhizosphere of maize, cocoa and lamtoro. *Biodiversitas*, 21(12), 5665–5673. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211224>
- Sukmawati, Rahim, I., Arodhiskara, Y., Selao, A., Harsani, & Syafnur, A. (2024). *Pemanfaatan Biochar dari Tongkol Jagung Sebagai Pupuk Slow-Release pada Lahan Kebun Kakao*. 9(2), 331–338.
- Sukmawati, S. (2020b). Karakterisasi sifat kimia biochar dari tongkol jagung, cangkang dan tandan kosong kelapa sawit: Bahan organik menjanjikan dari limbah pertanian. *Agroplanta: Jurnal Ilmiah Terapan Budidaya Dan Pengelolaan Tanaman Pertanian Dan Perkebunan*, 9(2), 25–37. <https://doi.org/10.51978/agro.v9i2.223>
- Suleman, E. (2019). Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1).
- Tahery, S., Munroe, P., Marjo, C. E., Rawal, A., Horvat, J., Mohammed, M., Webber, J. B. W., Arns, J. Y., Arns, C. H., Pan, G., Bian, R., & Joseph, S. (2022). A comparison between the characteristics of a biochar-NPK granule and a commercial NPK granule for application in the soil. *Science of the Total Environment*, 832(August 2022), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155021>
- Tomczyk, A., Sokołowska, Z., & Boguta, P. (2020). Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 19(1), 191–215. <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09523-3>
- Wang, D., Li, C., Parikh, S. J., & Scow, K. M. (2019). Impact of biochar on water retention of two agricultural soils – A multi-scale analysis. *Geoderma*, 340(January), 185–191. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.01.012>
- Yemata, G., & Mengistu, E. (2024). Potential of cattle urine as an alternative fertilizer for maize (*Zea mays* L.) production in Ethiopia. *Heliyon*, 10(22), e39111. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39111>