

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

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 yang stabil, yang dapat membantu tanaman tumbuh lebih baik dan mengurangi risiko pemupukan berlebihan. Penggunaan pupuk slow release memberikan manfaat di lahan pertanian dengan pupuk slow release 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 merupakan limbah pertanian yang 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.

Namun, meskipun potensi pupuk slow release terutama dari biochar tongkol jagung sangat besar, tidak banyak penelitian yang fokus pada karakteristik pupuk slow release dari biochar dari tongkol jagung. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pupuk slow release dari biochar dihasilkan dari tongkol jagung yang diperkaya berbagai sumber nutrisi.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana karakteristik pupuk slow release yang dibuat dari biochar yang diperkaya berbagai jenis sumber nutrisi berdasarkan kandungan unsur hara, fraksi bahan, stabilitas biochar dan gugus fungsi pada permukaan biochar ?

1.3 Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui karakteristik pupuk slow release yang dibuat dari biochar yang diperkaya berbagai jenis sumber nutrisi berdasarkan

kandungan unsur hara, fraksi bahan, stabilitas dan gugus fungsi pada permukaan biochar.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan solusi pengolahan limbah tongkol jagung secara ramah lingkungan.
2. Menghasilkan biochar tongkol jagung berkualitas tinggi yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk slow release.
3. Mendukung pengembangan teknologi pertanian berkelanjutan dan peningkatan produktivitas tanaman.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik tongkol jagung

Tongkol jagung merupakan salah satu limbah lignoselulosik yang banyak tersedia di Indonesia. Limbah lignoselulosik adalah limbah pertanian yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin merujuk Fathuliah et al., (2022). Tongkol jagung mengandung selulosa (33-40%), hemiselulosa (25-30%), lignin (15-20%), dan mineral alami seperti silika, kalsium, dan magnesium. Kandungan lignoselulosa yang tinggi ini menjadikan tongkol jagung ideal untuk menghasilkan biochar dengan kandungan karbon tetap yang tinggi, porositas baik, serta kemampuan meningkatkan pH tanah. Komponen selulosa dan 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. Kandungan mineral alami dalam tongkol jagung juga dapat meningkatkan sifat basa biochar, sehingga sangat cocok untuk memperbaiki tanah masam (Jindo et al., 2014).

Tongkol jagung, memiliki banyak potensi yang belum dimanfaatkan secara maksimal dengan penggunaan biochar yang berasal dari tongkol jagung untuk meningkatkan sifat kimia tanah, seperti pH tanah, kandungan C-organik, meningkatkan ketersediaan unsur hara yang penting bagi tanaman, seperti kalium (K), fosfor (P), dan kalsium (Ca), kapasitas tukar kation (KTK), dan rasio C/N. Hasilnya menunjukkan bahwa biochar tongkol

jagung mampu meningkatkan kesuburan tanah secara signifikan merujuk pada penelitian Hidayat, (2022). Selain itu, biochar juga mengandung unsur-unsur mikro seperti boron (B), tembaga (Cu), dan zinc (Zn), yang diperlukan oleh tanaman meskipun dalam jumlah kecil.

Dari sisi keberlanjutan, pemanfaatan tongkol jagung sebagai bahan baku biochar juga membantu mengurangi limbah pertanian dan emisi gas rumah kaca. Hasil sampingan berupa bio-oil dan gas yang dihasilkan selama pirolisis dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan, menjadikan proses ini ramah lingkungan dan efisien. Selain itu, penelitian Salam et al., (2023), menunjukkan bahwa biochar memiliki sifat alkalinitas yang mampu meningkatkan produktivitas tanah dengan menaikkan pH dan mengendalikan ketersediaan logam berat di dalam tanah. Dengan berbagai keunggulan tersebut, tongkol jagung adalah bahan baku unggul untuk pembuatan biochar, baik untuk aplikasi pertanian maupun lingkungan

2.2 Biochar

Biochar adalah material kaya karbon yang dihasilkan dari proses pirolisis biomassa organik pada suhu tinggi dengan sedikit atau tanpa oksigen. Proses ini menghasilkan produk utama berupa biochar, serta produk sampingan seperti bio-oil dan gas yang dapat digunakan sebagai sumber energi. Di Indonesia, produksi biochar menjadi solusi inovatif dalam pengelolaan limbah biomassa, seperti tongkol jagung, sekam padi, dan tempurung kelapa. Limbah-limbah ini tidak hanya melimpah tetapi juga sering menjadi masalah lingkungan. Merujuk pada Sukmawati et al., (2024),

bahwa biochar dari tongkol jagung dapat berfungsi sebagai media pupuk slow release, yang mampu melepaskan nutrisi secara perlahan dan meningkatkan efisiensi pemupukan.

Salah satu manfaat utama biochar adalah kemampuannya untuk melepaskan unsur hara secara perlahan (slow release), yang sangat berguna dalam pertanian untuk mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia dan meminimalkan pencucian unsur hara ke badan air. Proses pelepasan unsur hara dari biochar dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti suhu pirolisis, pH tanah, kelembapan, jenis bahan baku yang digunakan, dan jenis unsur hara yang terikat pada biochar Adhikari, (2022). Pupuk slow release memiliki keunggulan karena unsur hara dapat dilepaskan secara bertahap sesuai dengan kebutuhan tanaman, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk dan mengurangi kerugian unsur hara.

Selain itu, biochar juga memiliki kapasitas untuk menyerap unsur-unsur logam berat yang mungkin terdapat di dalam tanah. Biochar dapat mengikat logam-logam berat seperti arsenik (As), kadmium (Cd), dan timbal (Pb), sehingga berfungsi sebagai agen remediasi tanah yang dapat memperbaiki kualitas tanah yang terkontaminasi. Dalam konteks ini, biochar dari tongkol jagung, sebagai bahan baku yang relatif murah dan melimpah, memiliki potensi besar untuk digunakan dalam program rehabilitasi tanah dan peningkatan kesuburan tanah (Hidayat, 2022).

Manfaat utama biochar meliputi perbaikan kesuburan tanah, mitigasi perubahan iklim, dan pengelolaan limbah. Biochar meningkatkan kapasitas

tukar kation (KTK) tanah, memperbaiki retensi air, dan mengurangi pencucian nutrisi, khususnya di lahan tropis yang rentan terhadap hujan deras. Menurut Ngadisih et al., (2024), pemanfaatan biochar sebagai upaya perbaikan kondisi lahan pertanian di Indonesia dengan beragam bahan pada berbagai kondisi atau jenis tanah yang berbeda-beda dapat meningkatkan produktivitas pertanian.. Selain itu, biochar berperan sebagai penyerap karbon yang efektif, membantu mengurangi emisi gas rumah kaca seperti metana dan nitrous oksida.

2.3 Karakterisasi biochar kimia dan fisik

Karakteristik fisik dan kimia merupakan konsep dasar produksi biochar yang ditentukan oleh jenis bahan baku dan proses saat pirolisis Sukmawati, (2020). Biochar material kaya karbon yang dihasilkan melalui pirolisis biomassa organik, memiliki karakteristik fisik dan kimia yang dipengaruhi oleh jenis bahan baku dan kondisi pirolisis. Secara fisik, biochar sangat berpori dengan luas permukaan spesifik (SSA) yang besar, yang meningkat pada suhu pirolisis yang lebih tinggi. Porositas ini meningkatkan kemampuan biochar untuk menyimpan air dan nutrisi, menjadikannya efektif dalam memperbaiki struktur tanah dan mempertahankan kelembapan, terutama di wilayah kering. Biochar berbahan kayu umumnya menunjukkan SSA dan porositas yang lebih tinggi dibandingkan biochar dari sumber lain seperti herba atau limbah, tergantung pada jenis biomassa dan metode produksinya.

Secara kimia, biochar biasanya memiliki pH tinggi, konduktivitas listrik (EC), dan kandungan abu yang meningkat seiring kenaikan suhu pirolisis. Sifat ini menjadikan biochar efektif dalam menetralkan tanah asam dan meningkatkan kesuburannya. Namun, suhu pirolisis yang lebih tinggi seringkali mengurangi kandungan nitrogen dan hasil total biochar, yang dapat memengaruhi potensi penyediaan nutrisinya. Selain itu, biochar memiliki kapasitas tukar kation (CEC) yang tinggi, mendukung pertukaran dan retensi nutrisi dalam tanah, sehingga bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. Karakteristik ini menunjukkan fleksibilitas biochar dan pentingnya peranannya dalam pertanian berkelanjutan serta pengelolaan lingkungan. Penambahan biochar ke tanah dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi dan produktivitas tanaman, biochar dapat menyimpan karbon di tanah dalam jangka waktu lama, mengurangi konsentrasi CO₂ di atmosfer, dan berperan sebagai penyimpan karbon yang efektif (Praharto & Hidayati, 2024).

2.4 Pupuk Slow Release

Pupuk slow release memberikan unsur hara secara bertahap (terus menerus) dalam jangka waktu yang lama. Pupuk slow release meningkatkan penyerapan unsur hara, dan kehilangan unsur hara akibat pencucian tidak akan terlalu parah. Pupuk slow release ini bisa diperoleh dengan mencampurkan pupuk kimia NPK dengan biochar. Keuntungan penggunaan pupuk slow release dibandingkan pupuk lainnya yaitu

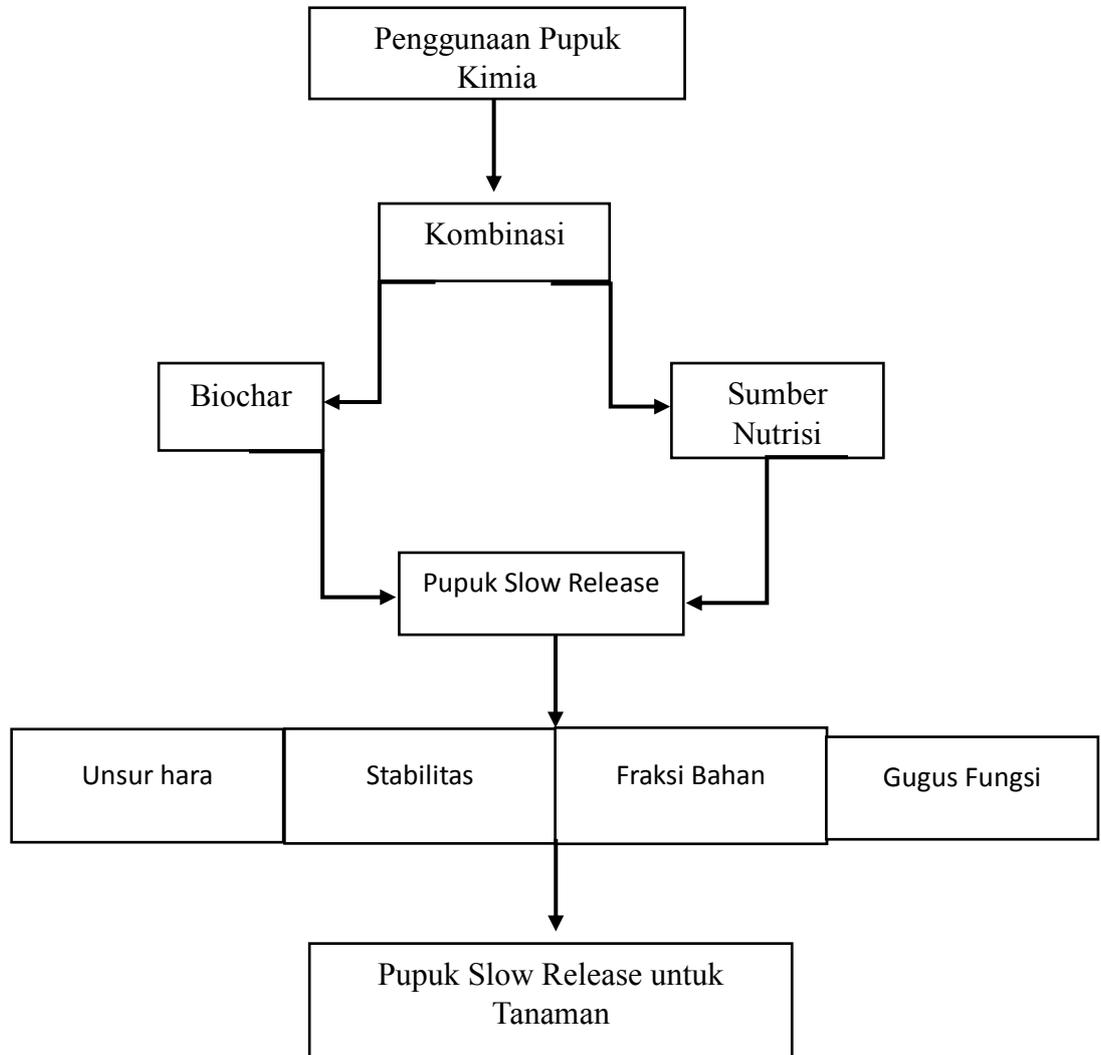
ketersediaan pupuk didalam tanah akan bertahan lama, dapat mengatasi terjadinya penguapan unsur hara N (Rahim et al., 2024).

Pupuk slow release berbasis biochar tongkol jagung dibuat melalui proses pirolisis tongkol jagung pada suhu tinggi tanpa oksigen, menghasilkan material berpori dengan kandungan karbon tinggi menurut penelitian Sukmawati, (2020b). Struktur mikropori biochar memungkinkan penyimpanan nutrisi dan air secara efisien, yang kemudian dilepaskan secara perlahan sesuai kebutuhan tanaman. Proses pembuatan pupuk ini melibatkan impregnasi biochar dengan larutan pupuk, seperti urea atau KCl, yang kemudian dikeringkan hingga siap diaplikasikan.

Keunggulan pupuk slowrelease terletak pada pelepasan hara yang bertahap, sehingga mengurangi risiko pencucian hara, meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, dan mendukung kesuburan tanah dalam jangka panjang Mautuka et al., (2022). Selain meningkatkan produktivitas tanaman, pupuk ini juga mendukung keberlanjutan pertanian dengan memanfaatkan limbah pertanian seperti tongkol jagung dan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia sintetis. Kombinasi manfaat ini menjadikan pupuk slow release berbasis biochar tongkol jagung sebagai solusi inovatif untuk pertanian yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

BAB III. KERANGKA PIKIR

Adapun kerangka pikir dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir

BAB IV. METODE PENELITIAN

4.1 Waktu dan Tempat

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

4.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kontiki, Alat uji biochar meliputi Grain Moisture Meter yaitu alat uji kelembapan, Industrial Infrared Thermometer yaitu untuk mengukur suhu , Digital Multimeter (data hold) yaitu untuk melihat EC meter pada biochar dan mengetahui tegangan listrik pada biochar.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tongkol jagung kering, Air, Pupuk NPK Phonska (N=15%, Phosfor=10%,K=12% dan S= 10%) dan pupuk SP36 (P_2O_5 = 36%, S= 5%), Urine Sapi, dan Bakteri *Azotobacter*.

4.3 Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan metode Analisis Laboratorium dengan 4 perlakuan bahan charging biochar yakni P1 = Pupuk NPK, P2 = Pupuk SP36, P3 = Pupuk SP36+Urine Sapi dan P4 = Pupuk SP36+Urine Sapi +*Azotobacter* . Pada ke empat perlakuan ini dipergunakan untuk tanaman tembakau.

4.3.1 Prosedur Penelitian

a. Prosedur pembuatan Biochar

Pembuatan biochar tongkol jagung mengikuti prosedur Standar Karbon Internasional (European Biochar Foundation (EBC), 2016), yang meliputi proses pengeringan tongkol jagung dengan kelembaban <25%. Kemudian tongkol jagung dibakar melalui proses pirolisis menggunakan alat tirai api kontiki. Suhu pembakaran >500° C. Kemudian biochar didinginkan menggunakan air sebanyak 250 L.

b. Pembuatan Pupuk Slow Release

Pupuk Slow Release dibuat melalui Teknik impregensasi (Perendaman) mengikuti prosedur Das & Ghosh (2023), dimana biochar dihaluskan terlebih dahulu kemudian direndam dengan larutan nutrisi (NPK, SP36, Urine Sapi dan *Azotobacter*). Dosis pupuk NPK dan SP36 adalah 0,3 g per 1 L biochar. Dosis biochar yang digunakan merujuk pada Sukmawati, (2020). Adapun dosis urine sapi sebanyak 25 ml dan *Azotobacter* sebanyak 5 ml dalam bentuk larutan merujuk pada Astiani et al., (2024)

4.3.2 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, dan 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). 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, 2020a).

4.3.3 Analisis Data

Data hasil laboratorium ditabulasi dan dianalisis secara deskriptif.

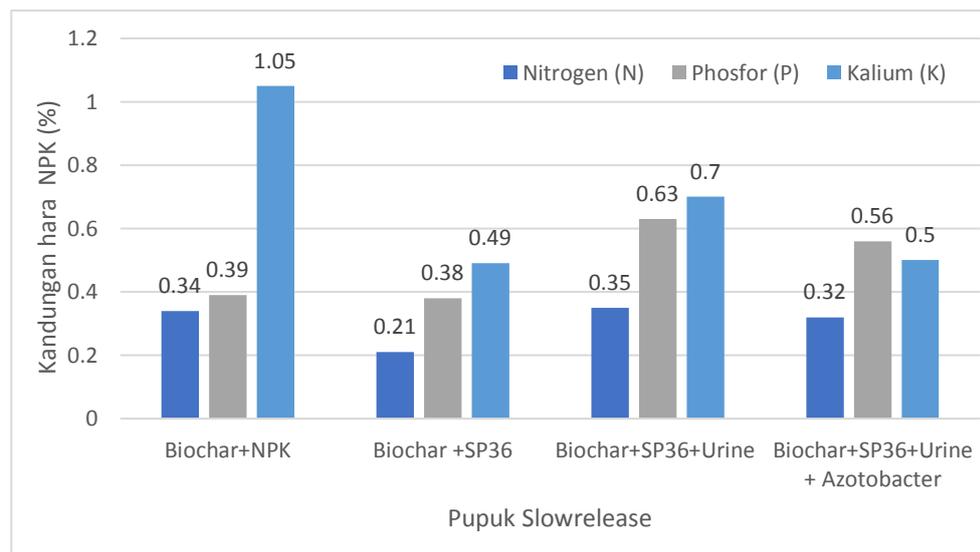
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil

5.1.1. Kandungan Unsur Hara pada Pupuk Slowrelease Berbasis

Biochar

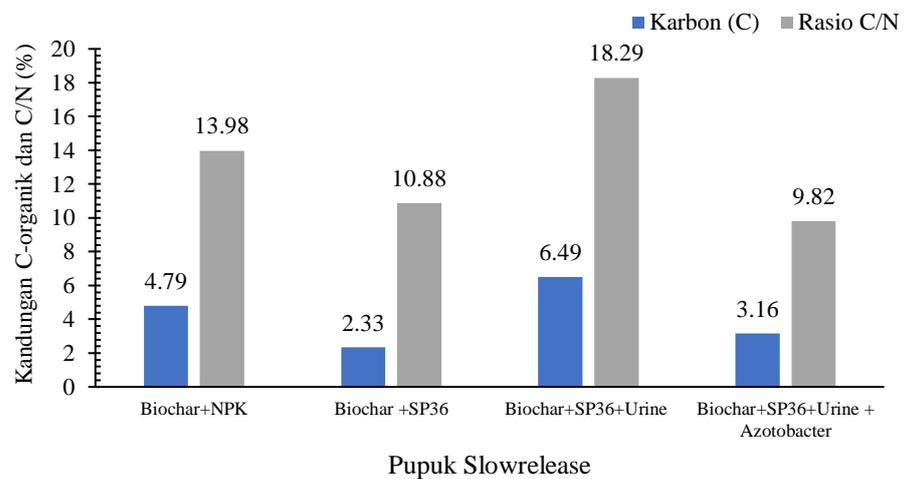
Berdasarkan pada Gambar 1, kandungan unsur hara makro pupuk slowrelease, terdiri dari Nitrogen, Fosfor dan Kalium. Kandungan hara tertinggi terdapat pada Biochar+SP36+Urine (N= 0,35%, P=0,63%, K=0,7%). Khusus kandungan Nitrogen memiliki nilai yang hampir sama antara Biochar+NPK (0,34%), BiocharSP36+urin (0,35%) dan Biochar SP36+Urin+Azotobacter (0,32%).



Gambar 2. Kandungan Hara makro berbagai pupuk slow release

5.1.2 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*.

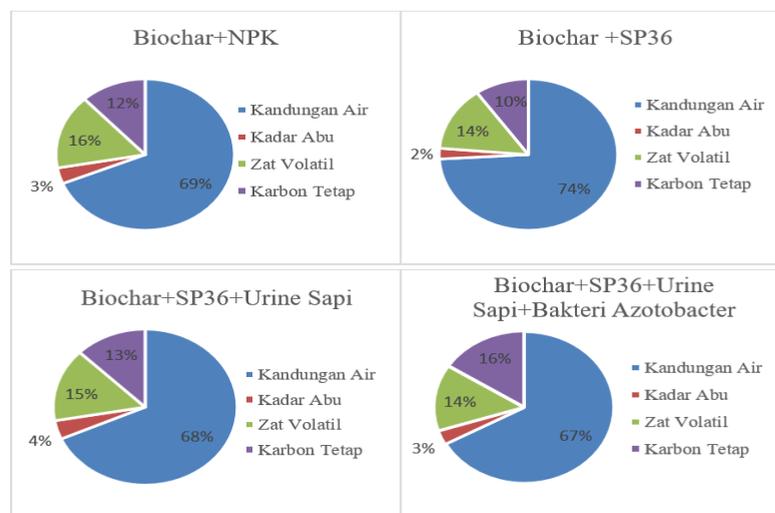


Gambar 3. Kandungan C-Organik dan rasio C/N berbagai pupuk slow release

5.1.3 Kandungan Fraksi Bahan pada Pupuk Slowrelease Berbasis

Biochar

Berdasarkan pada Gambar 3. menunjukkan kandungan fraksi bahan pada pupuk slowrelease 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 4. Kandungan Fraksi Bahan Berbagai Pupuk Slowrelease

5.1.4 Kandungan Stabilitas Biochar Pupuk Slowrelease Berbasis

Biochar

Berdasarkan pada tabel 1. menunjukkan pupuk slowrelease dengan penambahan unsur hara nitrogen mengandung karbon dan nitrogen paling tinggi. Hal ini terindikasi pada Biochar+NPK (16,67%; 0,34%),

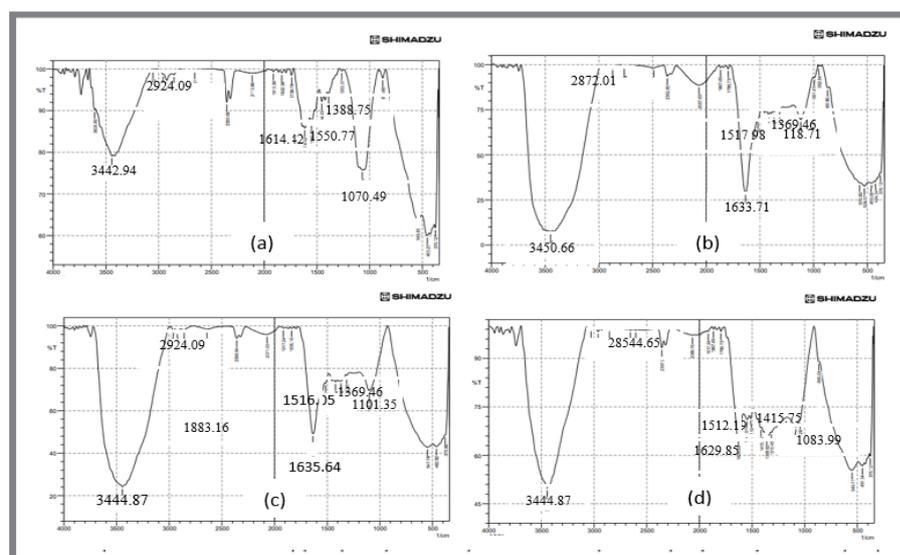
Biochar+SP36+urin (19,09%; 0,35%) dan Biochar+SP36 + urin+Azotobater (19,04%; 0,32%).

Tabel 1. Kandungan Stabilitas pada Pupuk Slowrelease 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

5.1.5 Gugus Fungsi berdasarkan spektra FTIR pada Pupuk Slowrelease Berbasis Biochar

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



Gambar 5. Gugus Fungsi pada Pupuk Slowrelease Berbasis Biochar

Tabel 2. Gugus Fungsi pada Pupuk Slowrelease Berbasis Biochar

No.	Gugus Fungsi	Perlakuan				Referensi Gelombang /Band cm^{-1}
		Biochar +NPK	Biochar +SP36	Biochar+S P36+Urine	Biochar+SP36+Urine+Azotobacter	
1	Alkohol (C-O)	1070.49	1108.71	1101.35	1083.99	1000-1300
2	Alkana (C-H)	1388.75	1369.46	1369.46	1415.75	1340-1470
3	Aromatik (C=C)	1550.77	1517.98	1516.05	1512.19	1500-1600
4	Karboksil (C-O)	1614.12	1633.71	1635.64	1629.85	1690-1760
5	Alkana (C-H)	2924.09	2872.01	2924.09	28544.65	2850-2950
6	Hidroksil (O-H)	3442.94	3450.66	3444.87	3442.87	3200-3600

5.2 Pembahasan

a. Kandungan Unsur Hara pada Pupuk Slowrelease Berbasis Biochar

Berdasarkan pada Gambar 1, kandungan unsur hara makro pupuk slowrelease terdiri dari Nitrogen, Fosfor dan Kalium. Kandungan hara tertinggi terdapat pada SRF-BiocharSp36 +urin sapi yaitu nitrogen 0,35%, fosfor 0,63% dan kalium 0,7% .Merujuk pada Suleman, (2019), kandungan Nitrogen sebesar 0,35% termasuk kategori sedang (0,21-0,5%) sedangkan kandungan fosfor sebesar 0,63% termasuk kategori sangat tinggi (> 15 ppm P). Kandungan kalium 0,7% termasuk kategori sedang (0,4-0,5 %). Hal ini merujuk pada (Adrianto et al., 2022) bahwa sifat kimia tanah pada dengan penambahan biochar 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 %.

Pada Kandungan nitrogen memiliki nilai yang hampir sama antara Biochar+NPK, BiocharSP36+urin, dan Biochar SP36+Urin+Azotobacter. Berdasarkan Suleman (2019), kandungan nitrogen yang berada pada range (0,21-0,5%) termasuk dalam kategori *sedang*.

Hal ini dikarenakan pada formula terdapat penambahan sumber nitrogen yakni pada pupuk NPK, Urine dan Azotobacter. Pada kandungan nitrogen biocharSP36+urin lebih tinggi dibandingkan Biochar SP36+Urin+Azotobacter yakni pada penambahan bakteri *azotobacter* berperan dalam meningkatkan ketersediaan nitrogen bagi tanaman tetapi hal yang belum terurai sempurna dapat menghambat aktivitas *Azotobacter* dalam mengikat nitrogen secara optimal merujuk pada penelitian (Rahayu, 2016). Sedangkan pada biochar+SP36 dengan kandungan nitrogen (0,21%) dalam kategori *rendah* karena pada formula tidak terdapat penambahan sumber nitrogen.

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. Hal ini disebabkan oleh kelarutan tinggi kalium terdapat dalam pupuk NPK (Lehmann & Joseph, 2015).

b. Kandungan Bahan Organik

Kategori kandungan C-Organik dan rasio C/N merujuk pada (Suleman, 2019). 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) Dengan adanya Azotobacter yaitu bakteri pemfiksasi nitrogen bebas dan dikombinasikan dengan sumber nitrogen seperti urine sapi hingga kandungan nitrogen dalam pupuk meningkat, sehingga menurunkan rasio C/N.

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).

c. Kandungan fraksi bahan pada Pupuk Slowrelease Berbasis Biochar

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 slowrelease 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 slowrelease dimana pada penelitian 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).

d. Kandungan Stabilitas Biochar Pupuk Slowrelease Berbasis Biochar

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 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, 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 Biochar+SP36 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.

e. Gugus Fungsi berdasarkan spektra FTIR pada Pupuk Slowrelease Berbasis Biochar

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 slowrelease (Gambar 3). Ikatan

hidroksil menunjukkan adanya kandungan air pada pupuk slowrelease. Merujuk pada penelitian Wang et al., (2019), bahwa ikatan hidroksil muncul pada band yang lebar $3200-3600\text{ cm}^{-1}$ 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 $1340-1470\text{ cm}^{-1}$ dan $2850-2950\text{ cm}^{-1}$ terdeteksi pada semua pupuk slowrelease dengan intensitas yang lemah (Gambar 3). Hal ini menunjukkan pada ikatan C-H terbentuknya matriks karbon pada pupuk slowrelease. Menurut Jindo et al., (2014), bahwa gugus fungsi alkana pada band $2700-3000\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan kerangka karbon. Selanjutnya gugus fungsi karboksil (C-O) dengan ditunjukkan oleh band gelombang $1600-1700\text{ cm}^{-1}$ merujuk pada Sukmawati (2020), terdeteksi pada semua pupuk slowrelease berbasis biochar dengan intensitas yang tinggi (Gambar 3) menunjukkan unsur hara seperti NPK, SP36, urine sapi dan bakteri terserap pada permukaan biochar.

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 $1500-1600\text{ cm}^{-1}$ muncul pada semua pupuk slowrelease berbasis biochar intensitas yang rendah (Gambar 3). Pada penelitian Guo et al., (2017), menunjukkan 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).

Merujuk pada Sukmawati, (2020a), 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).

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada pupuk slowrelease 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. Berdasarkan dari gugus fungsi biochar+SP36+urine gugus hidroksil pada band 3444,87 dan gugus karboksil pada band 1635.64 menunjukkan bahwa pupuk slowrelease lebih cepat terurai dan lebih cepat digunakan. Hasil ini menunjukkan bahwa pupuk slowrelease Biochar+ SP36+urin sapi memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai pupuk slowrelease untuk meningkatkan efisien pemupukan dan untuk peningkatan kesuburan tanah secara berkelanjutan.

6.2 Saran

Sebaiknya dalam proses charging yang dilakukan dalam kondisi air dibawah 8%. Untuk penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami interaksi mikroba dan biochar dalam mendukung efisiensi nutrisi dan stabilisasi karbon

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, M. (2022). *Effect of Substrate and pyrolysis temperature on biochar properties: A Comprehensive Review*. October. <https://www.researchgate.net/publication/364151051>
- Adrianto, Z. M., Maifa, A., & Karbeka, M. (2022). *Pemanfaatan Biochar Tongkol Jagung Guna Perbaikan Sifat Kimia Tanah Lahan Kering*.
- 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.). *AGRODIX: 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). Karakteristik dan Analisis Tanaman Jagung Hibrida (*Zea mays* L.) Pada Tanah Bertekstur Liat. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 12(2), 154–163.
- 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*). *journal of 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.
- Fathuliah, F., Ana, L. M., Rahayu, R. D., Kuslina, R. P., Fiqiyah, S. A., & Febriani, S. D. A. (2022). Digitalisasi Pemetaan Potensi Tongkol Jagung Menjadi Bioetanol Berbasis Quantum GIS. *Jurnal Teknik Terapan*, 1(2), 47–56. <https://doi.org/10.25047/jteta.v1i2.20>
- 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>
- Hidayat, R. (2022). *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan* <https://jurnal.unibrah.ac.id/index.php/JIWP>, 8(3), 178–183. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5827375>

- 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, Nomor 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. *Science of the Total Environment*, *647*, 210–222. <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, Nomor 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>
- Ngadisih, N., Tanjung, J. C., & Lestari, P. (2024). Review Artikel: Peranan Aplikasi Biochar sebagai Agen Perbaikan Kualitas Tanah untuk Meningkatkan Produktivitas Pertanian. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, *12*(1), 263. <https://doi.org/10.26418/jtllb.v12i1.74276>
- 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. <http://repository.ub.ac.id/id/eprint/10707/>
- Pahalvi, H. N., Rafiya, L., Rashid, S., Nisar, B., & Kamili, A. N. (2021). Chemical fertilizers and their impact on soil health. *Microbiota and Biofertilizers*, *2*, 1–20. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61010-4_1
- Praharto, Y. B., & Hidayati, N. (2024). *Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan*

- Pengabdian Kepada Masyarakat INOVASI REAKTOR PIROLISIS PRODUKSI BIOCHAR BERBAHAN BAKU ORGANIC WASTE SLURRY DARI SAMPAH PERKOTAAN TERPILAH DENGAN KONTROL TEKANAN* *Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada.* 7(1), 180–191.
- 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>
- Rahayu, S. (2016). Analisis Azotobacter Sebagai Bakteri Fiksasi Nitrogen dari Produk Pupuk Organik Granul. *Tesis*, 24445.
- Rahim, I., Nurbaya, N., Ilmi, N., Sukmawati, S., Putera, M. I., Suherman, S., & Yamin, M. (2024). Morphological Character and Chlorophyll Content Index of Corn Infected with Dowry Disease on Land Applied With Slow Release Fertilizer Based on Corn Cob Biochar. *Journal of Agriculture*, 3(01), 12–23. <https://doi.org/10.47709/joa.v3i01.3642>
- Robert, H. (2024). *Understanding Slow Release Fertilizer: Benefits and Applications*.
- Salam, R. H., Fauzi, T., Sudharmawan, A. A. K., Mulyati, & Suwardji. (2023). Remediation of Ex-Unlicensed Gold Mining Using Rice Husk Biochar: its Effect on Reducing Mercury Levels. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(2), 81–92. <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i2.6063>
- Sukmawati. (2020a). *Perbaikan Retensi Air, Fosfor Dan Nitrogen Dari Biochar Yang Ditambahkan Bakteri Penghasil Alginat Untuk Peningkatan Produktivitas Lahan Kering*. <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, Harsani, A., & Aswar, S. (2024). Pemanfaatan Biochar Dari Tongkol Jagung Sebagai Pupuk Slow-Release Pada Lahan Kebun Kakao Milik Kelompok Tani Mamminasa Deceng di Kabupaten Soppeng. *Jurnal Dinamika Pengabdian*, 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, Nomor 1). [http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-](http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng)
- Tomczyk, A., Sokołowska, Z., & Boguta, P. (2020). Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. In *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* (Vol. 19, Nomor 1).

<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(April), 185–191. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.01.012>