



BAPPEDA PROVINSI GORONTALO

LAPORAN AKHIR

KAJIAN POTENSI DAN DAMPAK SISTEM USAHA TANI KONSERVASI JAGUNG DI LAHAN MIRING

Tim Peneliti

1. Zulham Sirajuddin, Ph.D
2. Fardyansjah Hasan SP, M.Si
3. Ivana Butolo, SE, MP
4. Gema Putra Baculu, ST, M.PA

2025

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Allah Subhanahu wa Ta'ala, atas rahmat dan karunia-Nya, Laporan Akhir Penelitian dengan judul “Kajian Potensi dan Dampak Sistem Usahatani Konservasi Jagung di Lahan Miring” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan ini merupakan hasil dari sebuah perjalanan ilmiah yang bertujuan untuk menjawab tantangan strategis di sektor pertanian Provinsi Gorontalo, khususnya dalam budidaya jagung di lahan berlereng. Kami menyadari bahwa di balik peningkatan produksi jagung, tersimpan kerentanan akan degradasi lahan yang mengancam keberlanjutan usaha tani dan ketahanan pangan di masa depan. Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk mengkaji sebuah pendekatan alternatif, yaitu Sistem Usahatani (SUT) Konservasi, yang diharapkan dapat menjadi solusi transformatif menuju pertanian yang lebih produktif dan berkelanjutan. Kami juga menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang tulus kepada BAPPEDA Provinsi Gorontalo yang telah memberikan kepercayaan dan dukungan pendanaan sehingga penelitian ini dapat terlaksana. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada seluruh jajaran pemerintah daerah, penyuluh pertanian, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memfasilitasi dan mendukung proses penelitian ini dari awal hingga akhir. Kami menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Namun, kami berharap agar temuan, analisis, dan rekomendasi yang disajikan dapat menjadi referensi dan pijakan empiris bagi semua pemangku kepentingan dalam merumuskan kebijakan dan program pengembangan pertanian jagung yang lebih berwawasan lingkungan, ekonomis, dan berkeadilan sosial.

Akhir kata, kami memohon maaf atas segala kekurangan. Semoga kontribusi kecil ini dapat memberikan manfaat yang besar bagi kemajuan sektor pertanian dan kesejahteraan masyarakat di Bumi Serambi Madinah, Provinsi Gorontalo.

Gorontalo, November 2025

Tim Peneliti,

RINGKASAN PENELITIAN

Penelitian ini mengkaji potensi Sistem Usahatani (SUT) Konservasi sebagai solusi berkelanjutan untuk budidaya jagung di lahan miring Provinsi Gorontalo. Tujuannya adalah untuk: (1) Mengkaji potensi dan dampak penerapan SUT Konservasi, (2) Menganalisis dan merekomendasikan model konservasi, serta (3) Mempelajari peran biochar dari limbah tongkol jagung dalam memperbaiki sifat tanah. Metode yang digunakan bersifat multidisiplin, menggabungkan pendekatan kualitatif melalui Focus Group Discussion (FGD) dengan 30 petani untuk memahami persepsi dan faktor adopsi, serta pendekatan kuantitatif melalui eksperimen aplikasi biochar dengan variasi dosis untuk dianalisis di laboratorium. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa SUT Konservasi yang mengintegrasikan guludan dan rumput odot berpotensi tinggi diadopsi karena memberikan manfaat ganda, yaitu konservasi tanah dan diversifikasi pendapatan. Secara teknis, aplikasi biochar terbukti signifikan dalam meningkatkan retensi air, porositas, ketersediaan hara, dan menstabilkan pH tanah. Dengan demikian, integrasi SUT Konservasi dan pemanfaatan biochar merupakan strategi yang efektif dan berkelanjutan untuk meningkatkan produktivitas lahan sekaligus mengatasi degradasi lingkungan pada usahatani jagung di lahan miring.

Kata kunci: jagung, konservasi, biochar, guludan, gorontalo

DAFTAR ISI

<i>KATA PENGANTAR</i>	<i>ii</i>
<i>RINGKASAN PENELITIAN</i>	<i>iii</i>
<i>BAB I. PENDAHULUAN</i>	<i>1</i>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Urgensi Penelitian.....	3
1.4 Luaran Penelitian.....	4
<i>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</i>	<i>6</i>
2.1 Sistem Usahatani Konservasi.....	6
2.2 Tanaman Jagung.....	8
2.3 Rumput Odot	9
2.4. Biochar dan Metode Pembuatannya	9
2.6 Adopsi Inovasi	15
<i>BAB III. METODE PENELITIAN</i>	<i>17</i>
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian.....	17
3.2. Alat dan Bahan.....	17
3.3. Metode Pendekatan	17
3.4. Analisis Data	20
<i>IV. HASIL PENELITIAN</i>	<i>23</i>
4.1 Potensi dan Dampak SUT Konservasi.....	23
4.2 Karakteristik Sifat Fisik dan Kimia Tanah Terhadap Aplikasi Biochar	35
<i>V. PENUTUP</i>	<i>46</i>
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Rekomendasi.....	47
<i>DAFTAR PUSTAKA</i>	<i>49</i>
<i>DAFTAR LAMPIRAN</i>	<i>51</i>

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan komoditas pangan strategis yang memiliki peranan sangat penting di Provinsi Gorontalo. Usahatani jagung menjadi sumber penghidupan utama bagi petani lahan kering dataran rendah maupun daerah perbukitan/lahan miring. Data Badan Pusat Statistik menunjukkan bahwa luas panen jagung tahun 2024 mencapai 128,23 ribu hektar meningkat dibandingkan tahun 2023 yang mencapai 114,36 ribu hektar. Peningkatan luas panen juga diikuti dengan peningkatan produksi dari 527,92 ribu ton pada tahun 2023 menjadi 625,97 ribu ton pada tahun 2024. Meskipun demikian, peningkatan produksi jagung tidak diikuti oleh peningkatan produktivitas yang stagnan di kisaran 4,6-4,8 ton per hektar jauh dibawah produktivitas nasional yang mencapai 5,5-5,7 ton/ha (BPS, 2025). Program peningkatan produksi jagung melalui ekstensifikasi dan intensifikasi yang telah dilakukan di Gorontalo berdampak pada timbulnya permasalahan pada pemanfaatan lahan miring yang memicu erosi tanah, penurunan kesuburan, dan kerusakan struktur tanah, sehingga menurunkan produktivitas jangka panjang. Selain itu peningkatan aktivitas budidaya jagung di berbagai wilayah Provinsi Gorontalo telah memunculkan beragam permasalahan lingkungan, terutama penurunan kesuburan tanah dan degradasi kualitas lahan, hingga permasalahan limbah dan polusi akibat pembakaran sisa hasil panen jagung.

Keterbatasan ketersediaan lahan datar mendorong petani memanfaatkan lahan miring dan perbukitan untuk penanaman jagung, yang berimplikasi pada tingginya risiko erosi. Jika tidak dikelola dengan tepat, erosi tersebut dapat mengakibatkan degradasi tanah secara bertahap, baik dari aspek fisik, kimia, maupun biologis. Kehilangan lapisan tanah subur akibat erosi yang berlangsung terus-menerus berpotensi mengancam keberlanjutan produksi jagung dalam jangka panjang karena produktivitas lahan akan menurun signifikan. Tantangan utama yang dihadapi saat ini adalah merumuskan strategi pengelolaan lahan yang mampu menjaga produktivitas jagung tanpa menimbulkan kerusakan lingkungan. Untuk melestarikan kesuburan tanah sekaligus menjaga keseimbangan ekosistem,

diperlukan penerapan metode pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan seperti konsep pertanian regeneratif. Dalam konteks ini, implementasi sistem usahatani konservasi (SUT konservasi) sebagai salah satu alternatif solusi untuk mencapai tujuan tersebut. Pendekatan ini dirancang untuk memperbaiki kualitas lingkungan melalui upaya pencegahan erosi, pemeliharaan kesuburan tanah, serta menjaga stabilitas dan meningkatkan hasil produksi pertanian (Sirajuddin & Hasan, 2024). Lebih jauh, persoalan lain yang juga masih terdapat di kalangan petani adalah belum maksimalnya pemanfaatan limbah jagung, utamanya tongkol sehingga lebih banyak yang dibakar. Sun et al (2016) berargumen bahwa masih banyak limbah pertanian yang tidak dikelola oleh masyarakat yang kemudian dibakar di tempat terbuka sehingga mengakibatkan polusi.

Penelitian yang dilakukan oleh Andini et al (2018) menunjukkan bahwa pembakaran limbah pertanian setiap tahun mencapai 45 juta ton. Limbah tongkol jagung sebenarnya juga dapat dimanfaatkan dalam SUT konservasi, salah satunya melalui pembuatan arang bio (biochar), yang merupakan material kaya karbon yang berasal dari pemanasan limbah organik (biomassa) dalam kondisi oksigen terbatas (pirolisis). Biochar dari tongkol jagung dapat berfungsi sebagai pembenah tanah yang mampu memperbaiki struktur fisik, kimia, dan biologi tanah. Dalam penerapannya untuk SUT konservasi lahan miring, biochar dapat digunakan karena kemampuannya memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air, dan mengikat unsur hara sehingga mencegah erosi dan pencucian unsur hara akibat aliran permukaan.

Solusi pertanian regeneratif untuk mempertahankan kualitas lahan salah satunya adalah melalui penerapan SUT konservasi, yang dapat diterapkan melalui penggunaan sistem kontur, teras guludan, dan penanaman rumput odot sebagai vegetasi penguat teras. Teknik ini terbukti mampu mengurangi laju erosi serta meningkatkan nilai tambah petani sehingga memberikan dual manfaat yakni ekologis dan ekonomis. SUT konservasi diterapkan sebagai suatu inovasi akan mempunyai dampak yang meliputi secara ekonomi, sosial dan lingkungan. Meskipun demikian, inovasi tersebut masih memerlukan kajian secara mendalam kepada petani agar dapat diketahui seberapa besar potensi inovasi tersebut dapat

diadopsi, sebab suatu inovasi meskipun layak secara teknis, secara sosial bisa jadi memiliki hambatan-hambatan untuk diadopsi. Oleh karena itu, sebagai tindak lanjut teknis, diperlukan juga kajian analisis sosial dengan objek petani selaku implementator maupun penyuluh sebagai fasilitator untuk mendalami potensi dan tantangan adopsi inovasi sistem usahatani konservasi. Selain itu, untuk dapat mendukung penerapan SUT konservasi dilakukan upaya pemanfaatan limbah tongkol jagung yang selama ini belum termanfaatkan dengan baik. Oleh karena itu, dalam penelitian ini juga akan dilakukan kajian analisis karakteristik biochar tongkol jagung, serta perannya untuk memperbaiki sifat tanah pada sistem usahatani konservasi.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengkaji potensi dan dampak penerapan sistem usahatani konservasi jagung pada lahan miring.
2. Menganalisis dan membuat rekomendasi model konservasi usahatani konservasi jagung.
3. Mempelajari karakteristik sifat fisik dan kimia tanah dengan aplikasi biochar limbah tongkol jagung untuk mendukung sistem usahatani konservasi.

1.3 Urgensi Penelitian

Pemanfaatan sistem usahatani konservasi di lahan miring menjadi sangat penting karena beberapa alasan berikut:

1. Adopsi Inovasi Sistem Usahatani Konservasi

Sistem usahatani konservasi di lahan miring memerlukan dukungan agar dapat diadopsi oleh petani. Tantangan non teknis dapat menjadi hambatan dalam penerapannya sehingga diperlukan kajian secara mendalam untuk mendapatkan informasi potensi penerapan serta dampaknya terhadap petani. Lima atribut utama yang mempengaruhi adopsi inovasi, yaitu: keuntungan relatif, kompatibilitas, kompleksitas, ketercobaan, dan keteramatan.

2. Degradasi Lahan

Lahan miring atau berbukit cenderung rentan terhadap degradasi tanah, seperti erosi, kehilangan lapisan hara, dan penurunan kesuburan tanah akibat praktik budidaya yang tidak ramah lingkungan. Sistem usahatani konservasi dirancang untuk meminimalisir potensi kerusakan lahan, sehingga diperlukan teknologi biochar yang mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah.

3. Potensi Limbah Tongkol Jagung

Produksi jagung di Provinsi Gorontalo, khususnya di beberapa wilayah pertanian intensif, menghasilkan limbah tongkol jagung dalam jumlah besar. Saat ini, limbah tersebut sebagian besar belum dimanfaatkan secara optimal atau bahkan dibakar, sehingga menimbulkan masalah lingkungan. Mengubah tongkol jagung menjadi biochar adalah solusi tepat untuk mengurangi limbah sekaligus meningkatkan nilai tambahnya sebagai ameliorant/pembenah tanah.

4. Keterkaitan dengan Isu Global

Pemanfaatan biochar sebagai bagian dari sistem pertanian konservasi juga mendukung Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya poin:

- SDG 2 (*Zero Hunger*): meningkatkan produktivitas pertanian.
- SDG 13 (*Climate Action*): mitigasi perubahan iklim melalui penyimpanan karbon dalam tanah.
- SDG 15 (*Life on Land*): mencegah degradasi tanah dan menjaga ekosistem.

5. Relevansi Lokal: Usahatani jagung memiliki relevansi lokal yang kuat di Gorontalo, karena jagung merupakan komoditas penting bagi petani dan masyarakat setempat. Jagung tidak hanya menjadi sumber pendapatan utama bagi petani, tetapi juga berperan penting dalam pemenuhan kebutuhan pangan dan pakan ternak.

1.4 Luaran Penelitian

Luaran dalam penelitian ini yaitu: 1) Laporan lengkap yang mendokumentasikan seluruh tahap kegiatan, termasuk data, analisis, temuan, serta

rekomendasi. Laporan ini dapat digunakan sebagai referensi oleh pemerintah, akademisi, masyarakat dan petani dalam pengembangan sistem usaha tani koservasi jagung lahan miring yang ramah lingkungan agar dapat meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan serta mendukung kesejahteraan sosial ekonomi. 2) *Policy paper*, 3) Publikasi artikel ilmiah.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Usahatani Konservasi

Jagung (*Zea mays* L.) dikategorikan sebagai komoditas pangan utama di Indonesia, bersama dengan padi dan kedelai. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2022), produksi jagung nasional pada tahun 2021 mencapai 14,46 juta ton yang dihasilkan dari luasan panen seluas 2,49 juta hektar. Meskipun mengalami penurunan produksi dibandingkan tahun sebelumnya, jagung tetap menjadi komoditas strategis, khususnya bagi masyarakat berpendapatan rendah di perdesaan. Secara umum, komoditas ini dipasarkan oleh petani dalam bentuk pipilan kering dengan kadar air optimal sekitar 14%. Sebagian besar produksi nasional, yaitu 8,5 juta ton dari total kebutuhan industri sebesar 11,98 juta ton, dialokasikan untuk memenuhi permintaan industri pakan (Nabila et al., 2022), walaupun terdapat pula beberapa wilayah sentra produksi yang mengutamakan jagung untuk konsumsi pangan lokal.

Sistem budidaya jagung didukung oleh ketersediaan lahan kering di Indonesia. Namun, secara inherent, lahan kering memiliki karakteristik yang lebih rentan terhadap degradasi, tingkat perkembangan yang tertinggal, serta mendapat alokasi kebijakan dan intervensi pemerintah yang lebih terbatas jika dibandingkan dengan lahan basah. Karakteristik lahan kering umumnya meliputi topografi yang tidak datar, kerentanan tinggi terhadap erosi, solum tanah yang dangkal, pengelolaan oleh petani dengan modal terbatas, akses yang terbatas terhadap penyuluhan dan sumber kredit, lokasi yang terpencil, serta ketergantungan tinggi terhadap variabilitas iklim. Meskipun sumber daya lahan kering memiliki kemampuan untuk pulih (*renewable*), proses pemulihannya memerlukan waktu dan biaya yang signifikan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan skenario alternatif untuk mewujudkan sistem pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*) pada lahan kering. Pengelolaan berkelanjutan tersebut bertujuan untuk meningkatkan produktivitas, memitigasi risiko kegagalan panen, melindungi potensi sumber daya alam, melakukan konservasi tanah dan air, meningkatkan pendapatan petani, serta memenuhi kebutuhan sosial (Robertson,

2015). Degradasi lahan kering umumnya dipicu oleh erosi yang diakibatkan oleh praktik pengelolaan yang kurang tepat, dimana tanah dieksploitasi secara berlebihan untuk memaksimalkan produktivitas jangka pendek dengan mengabaikan prinsip-prinsip konservasi. Hal ini berdampak pada penurunan fungsi tanah, baik sebagai media produksi maupun dalam regulasi siklus hidrologi. Indikasi kerusakan tanah dapat diamati dari fluktuasi limpasan permukaan (*runoff*) dan tingginya muatan sedimen, yang disebabkan oleh menipisnya lapisan tanah atas (*topsoil*). Akibatnya, solum tanah menjadi semakin dangkal sehingga membatasi kapasitasnya sebagai media tumbuh tanaman. Penurunan kualitas lahan ini sering terjadi pada wilayah dengan topografi bergelombang hingga berbukit, karena rendahnya adopsi praktik pertanian berkelanjutan di lahan berlereng (Zimmer et al., 2018).

Kualitas lahan salah satunya dipengaruhi oleh faktor kemiringan lereng, yang berperan sebagai indikator dalam penilaian kesesuaian lahan untuk suatu komoditas tanaman. Prancevic et al. (2020) menyatakan bahwa erosi dan tanah longsor di wilayah pegunungan antara lain disebabkan oleh faktor kemiringan lereng. Potensi erosi dan longsor meningkat seiring dengan kecuraman lereng; tingkat erosi permukaan dilaporkan 38,4% lebih tinggi pada kemiringan landai, 63,6% lebih tinggi pada lereng agak miring, dan 69,1% lebih tinggi pada lereng miring, jika dibandingkan dengan kondisi lahan datar. Oleh karena itu, implementasi tindakan konservasi dengan mempertimbangkan kemiringan lereng menjadi sangat penting, mengingat meskipun faktor ketinggian tidak dapat dimodifikasi, kemiringan lereng dapat dikelola dan direayasa.

Provinsi Gorontalo menetapkan jagung sebagai komoditas unggulan untuk pengembangan industri, sebagaimana diamanatkan dalam Peraturan Daerah Provinsi Gorontalo Nomor 9 Tahun 2022 tentang Rencana Pembangunan Industri Provinsi (RPIP) Tahun 2023-2043. Sektor pertanian pangan di provinsi ini didominasi oleh usahatani jagung, dengan total luasan mencapai 338 ribu hektar. Namun, secara sosio-ekonomi, petani jagung termasuk dalam segmen populasi dengan tingkat pendapatan relatif rendah.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 47 Tahun 2006, Sistem Usahatani (SUT) Konservasi pada Lahan Pegunungan diartikan sebagai suatu pengelolaan usahatani yang mengintegrasikan tanaman semusim, tanaman tahunan, dan/atau ternak secara temporal maupun spasial pada satu bidang lahan. Sistem ini dirancang khusus untuk lahan dengan kemiringan tertentu, dengan tujuan utama untuk meningkatkan produktivitas, kelestarian hasil, dan konservasi tanah serta air. Prinsip dasarnya adalah meminimalkan erosi, mempertahankan atau bahkan meningkatkan kesuburan tanah, serta mengoptimalkan pemanfaatan air hujan. Secara praktis, SUT Konservasi ini diwujudkan melalui penerapan teknik-teknik seperti penanaman dalam strip (*strip cropping*), sistem lorong (*alley cropping*), tumpang sari, tanaman penutup tanah, pembuatan teras, dan penggunaan mulsa. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya berorientasi pada keuntungan ekonomi jangka pendek, tetapi juga pada keberlanjutan agroekosistem di daerah pegunungan untuk jangka panjang, sehingga lahan tetap produktif dan terhindar dari kerusakan.

2.2 Tanaman Jagung

Jagung sebagai salah satu komoditas pangan utama saat ini semakin marak dikembangkan karena semakin meningkatnya kebutuhan yang diperlukan. Adapun cara yang bisa diterapkan untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil panen jagung yaitu dengan memantau praktik-praktik penanaman, seperti jarak dan kedalaman penanaman. Mengoptimalkan penempatan jarak dan kedalaman tanam di lahan tempat pertanian adalah cara yang bisa diterapkan untuk mencapai hasil yang diinginkan seperti pertumbuhan dan hasil panen yang melonjak (Rahmatiyah, 2025).

Jagung sebagai sumber pangan juga merupakan tanaman yang profil nutrisinya cukup kaya, khususnya sebagai sumber serat dan beragam zat gizi penting. Kandungan bioaktif di dalamnya memiliki kemampuan untuk memperkuat mekanisme pertahanan tubuh dan memitigasi risiko munculnya berbagai gangguan penyakit (Usman and Hapsari 2020).

2.3 Rumput Odot

Rumput odot merupakan salah satu varietas rumput gajah (*Pennisetum purpureum*), sering dikenal dengan sebutan Dwarf Elephant Grass atau *Mott Elephant Grass* di luar negeri, tanaman ini mampu tumbuh pada saat musim kemarau dengan tanah yang tingkat kesuburannya rendah. Rumput jenis ini pertama kali ditemukan di Georgia, Amerika kemudian dikembangkan lebih lanjut oleh di Florida, Amerika. Di Indonesia, cikal bakal rumput ini dikembangkan pada tahun 2007 oleh tenaga kerja Indonesia yang bekerja di Kanada yang kemudian dikembangkan di seluruh Indonesia (Rochaeni et al., 2023).

Produksi yang cukup tinggi menjadi keunggulan tersendiri bagi rumput odot, terlebih pada musim penghujan dimana batang rumput odot lebih lunak sehingga sangat digemari oleh ternak ruminansia. Keunggulan lain dari rumput odot adalah jumlah nutrisi yang cukup tinggi dibanding rumput gajah, di mana jumlah protein kasar yang ada dalam daun rumput odot mencapai 12-14% bahkan ada yang mencapai angka 17%, disamping itu tingkat pencernaan rumput odot mencapai 65-70%. Pada musim penghujan, interval pemotongan pada antara 30 sampai 40 dengan jumlah anakan rumput odot mencapai 20 anakan pada setiap 2 kali masa panen (Rochaeni et al., 2023).

Strategi yang dibutuhkan untuk tercapainya produksi maksimal hijauan pada tingkat yang diinginkan, perlu dilakukan upaya perbaikan hara yang terkandung dalam tanah melalui penggunaan pupuk untuk kesuburan tanah, diperkirakan 60% dari tanah pertanian memiliki kekurangan unsur hara maka dari itu kandungan nitrogen pada pupuk urea merupakan unsur hara yang digunakan dalam jumlah yang besar untuk tanaman hijauan. Residu pemupukan dari tanaman sebelumnya juga dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama dan dapat digunakan secara efisien untuk pertumbuhan kembali rumput odot (Rochaeni et al., 2023).

2.4. Biochar dan Metode Pembuatannya

a. Pengertian Biochar

Biochar adalah produk yang dihasilkan melalui pirolisis biomassa dalam kondisi energi rendah. Bahan baku yang dapat digunakan untuk membuat biochar

antara lain limbah biomassa yang umumnya tidak termanfaatkan seperti sekam padi, tongkol jagung, kulit buah kakao, kulit kemiri, kulit kopi, serbuk gergaji, sisa daun eukaliptus, ranting pohon, tempurung kelapa, dan bahan serupa lainnya (Amalina et al., 2024). Biomassa dikenal sebagai bahan organik yang berasal dari organisme hidup, baik hewan maupun tumbuhan. Biomassa banyak digunakan sebagai bahan baku untuk pertanian, peternakan, konstruksi, dan industri lainnya, yang pada akhirnya menghasilkan limbah. Limbah biomassa ini dapat menimbulkan permasalahan jika tidak dimanfaatkan dengan baik, yang pada akhirnya menjadi berpotensi mencemari lingkungan (Iskandar & Rofiatin, 2017).

Limbah biomassa mempunyai kandungan senyawa kimia yang berbeda karena adanya proses fotosintesa yang dilakukan oleh tumbuhan dalam rangka menghasilkan nutrisi saat masih hidup. Pada proses ini terjadi absorpsi energi radiasi matahari sehingga menyebabkan karbon bebas dari CO_2 akan diikat (difiksasi) sehingga menjadi gula. Limbah biomassa mengandung berbagai senyawa kimia akibat proses fotosintesis yang dilakukan tanaman untuk menghasilkan nutrisi selama periode hidupnya. Proses ini menyerap energi radiasi matahari, mengakibatkan karbon bebas dari CO_2 terikat (terfiksasi) dan diubah menjadi gula. Glukosa ini kemudian membentuk senyawa organik menjadi selulosa $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$, hemiselulosa $(\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_4)_n$, dan lignin $[(\text{C}_9\text{H}_{10}\text{O}_3)(\text{CH}_3\text{O})]_n$. Senyawa-senyawa ini kemudian dikenal sebagai komponen makromolekul. Selain itu, terdapat pula komponen mikromolekul yang memiliki berat molekul rendah seperti zat ekstraktif yang terdiri dari zat organik dan bahan anorganik, yang umumnya disebut abu. Kedua komponen dalam biomassa ini memiliki komposisi yang berbeda dan merupakan penentu utama dalam klasifikasi dan identifikasi kesesuaian biomassa untuk digunakan sebagai sumber energi, industri pertanian, atau industri lainnya.

Secara umum produksi biochar dapat menggunakan beberapa metode, yaitu manual, klin, dan retort. Metode manual dilakukan dengan cara dibuat di lahan dengan lebar lebih dari 150 cm dengan kedalaman 75 cm. Di tengah lubang ditempatkan pelat besi untuk memungkinkan sirkulasi udara ke dalam lubang agar biochar yang terbakar tidak berubah menjadi abu. Setelah biomassa menjadi

arang, biomassa tersebut disiram dengan air secukupnya dan akan menjadi biochar. Produksi biochar menggunakan metode kiln dilakukan menggunakan alat yang terbuat dari pelat besi yang dimodifikasi dengan menambahkan kipas dan cerobong asap, serta penutupnya diberi pelat yang ditutup dengan sambungan baut. Alat ini umumnya digunakan untuk membakar semua jenis bahan biomassa. Biomassa kering dimasukkan ke dalam alat metode kiln, kemudian dibakar dari atas dan kipas dinyalakan dari atas sehingga api akan jatuh ke bawah dan membentuk biochar. Sementara itu, metode retort dilakukan dengan menggunakan alat yang terbuat dari tabung tembaga besar yang dimodifikasi secara khusus dengan penambahan asap cair hasil pemanasan biomassa di dalam alat termolisis dan pemanasan menggunakan kompor gas yang akan mempercepat peningkatan suhu tabung pirolisis untuk memanaskan biomassa dan menjadi biochar (Prasetyo et al., 2020).

b. Peranan Biochar Sebagai Pembenah Tanah

Biochar berkontribusi signifikan terhadap perbaikan struktur tanah dengan meningkatkan agregasi partikel tanah, meningkatkan porositas tanah, retensi kelembapan, dan meningkatkan kapasitas penyerapan air tanah. Biochar memiliki kapasitas tukar kation (KTK) yang tinggi, yang memungkinkannya menyerap dan mempertahankan unsur hara esensial seperti nitrogen dan fosfor. Hal ini menjadikannya sebagai amandemen tanah yang efektif untuk memperbaiki kualitas tanah terdegradasi, terutama di daerah tropis dengan tingkat keasaman tinggi. Hal ini meningkatkan produktivitas tanaman dan mengurangi erosi tanah. Penelitian menunjukkan bahwa biochar dapat meningkatkan porositas tanah hingga 20% dan mengurangi pemadatan tanah hingga 15%. Pemanfaatan limbah menjadi biochar merupakan bagian dari implementasi pertanian sirkular, yaitu pemanfaatan kembali limbah pertanian menjadi sistem pertanian sebagai sumber daya terbarukan (Yuan et al., 2024).

Biochar merupakan material yang dihasilkan dari pirolisis bahan organik, memiliki potensi besar sebagai pembenah tanah yang dapat meningkatkan kualitas tanah secara signifikan. Penambahan biochar ke dalam tanah dapat memperbaiki struktur fisiknya, meningkatkan kapasitas retensi udara melalui ketersediaan pori

makro, dan meningkatkan aerasi tanah, yang pada akhirnya mendukung pertumbuhan tanaman menjadi lebih optimal. Selanjutnya biochar juga berfungsi sebagai media untuk menstabilkan nutrisi tanah, meningkatkan kandungan bahan organik tanah, dan mengurangi erosi. Dalam konteks pertanian berkelanjutan, penggunaan biochar tidak hanya bermanfaat untuk meningkatkan kualitas tanah tetapi juga berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca dengan menyimpan karbon di dalam tanah. Oleh karena itu, biochar merupakan solusi yang sangat relevan dalam upaya peningkatan produktivitas pertanian sekaligus mendukung keberlanjutan lingkungan. (Bawamenewi et al., 2025).

c. Peranan Biochar Terhadap Aktivitas Biologi Tanah

Penelitian yang dilakukan oleh (Zhang & Shen, 2022) menunjukkan bahwa biochar dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah dengan menyediakan habitat dan substrat karbon stabil yang mendukung pertumbuhan mikroba. Penggunaan biochar juga meningkatkan keanekaragaman mikroorganisme tanah, yang berperan penting dalam siklus hara, seperti dekomposisi bahan organik dan fiksasi nitrogen. Hal ini membantu menjaga keseimbangan ekosistem tanah dalam sistem pertanian berkelanjutan. Biochar juga dapat meningkatkan kesuburan tanah secara biologis, karena berfungsi sebagai sumber pangan dan energi serta habitat bagi berbagai organisme tanah, terutama yang terlibat dalam berbagai aktivitas, termasuk siklus hara dan ketersediaan hara tanah.

Peningkatan aktivitas biologis tanah dengan biochar mengacu pada proses penggunaan biochar untuk meningkatkan populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah, yang berperan penting dalam siklus hara, dekomposisi bahan organik, dan kesehatan tanah secara keseluruhan. Biochar, yang diproduksi melalui pirolisis bahan organik pada suhu tinggi, memiliki porositas tinggi dan luas permukaan yang besar. Sifat-sifat ini menyediakan ruang bagi mikroorganisme untuk berkembang biak, menciptakan habitat yang lebih baik bagi mikroba tanah. Berikut beberapa cara biochar dapat meningkatkan aktivitas biologis tanah. Biochar memiliki struktur berpori yang menyediakan ruang untuk mikroba tanah, seperti bakteri, jamur, dan mikrofauna lainnya. Mikroorganisme ini dapat berkembang biak dengan lebih baik karena adanya ruang untuk bertahan hidup

dan memperoleh nutrisi. Biochar dapat membantu meningkatkan ketersediaan nutrisi untuk mikroorganisme tanah. Karena sifatnya yang sangat menyerap, biochar dapat mengikat unsur-unsur hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, sehingga membuatnya lebih tersedia untuk tanaman dan mikroba tanah. Mikroba kemudian mengurasi bahan organik dan mengubahnya menjadi bentuk yang lebih mudah diserap oleh tanaman.

d. Peranan Biochar Terhadap Efisiensi Pemupukan

Mengurangi dampak negatif pupuk kimia dengan biochar Merujuk pada penggunaan biochar sebagai alternatif atau tambahan untuk pupuk kimia dalam pertanian, dengan tujuan untuk mengurangi dampak lingkungan yang sering kali disebabkan oleh penggunaan pupuk kimia secara berlebihan. Pupuk kimia dapat menyebabkan berbagai masalah, seperti polusi udara, penurunan kualitas tanah, dan emisi gas rumah kaca. Biochar yang dihasilkan dari bahan organik melalui pirolisis dapat mengurangi efek negatif melalui berbagai mekanisme.

Biochar dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia dengan meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk. Biochar mampu menyerap nutrisi dari pupuk kimia yang biasanya mudah tercuci oleh udara, kemudian melepaskannya secara perlahan sesuai kebutuhan tanaman. Dengan demikian, biochar membantu mencegah pencemaran lingkungan akibat kelebihan penggunaan pupuk kimia, seperti eutrofikasi di perairan. Penggunaan pupuk kimia yang berlebihan dalam pertanian dapat menimbulkan dampak negatif yang signifikan terhadap lingkungan dan kesehatan manusia. Namun, dengan menggunakan biochar, dampak tersebut dapat dikurangi secara signifikan. Biochar, yang dihasilkan dari proses pirolisis biomassa, memiliki kemampuan untuk menyerap dan menyimpan nutrisi, sehingga mengurangi kebutuhan pupuk kimia. Selain itu, biochar juga dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kadar organik tanah, dan mengurangi pencemaran tanah dan air.

Dengan menggunakan biochar, petani dapat mengurangi penggunaan pupuk kimia hingga 30-50%, sehingga mengurangi risiko pencemaran lingkungan dan kesehatan manusia. Biochar juga dapat membantu meningkatkan produktivitas tanaman, mengurangi kebutuhan air, dan meningkatkan kualitas produk pertanian.

Oleh karena itu, penggunaan biochar merupakan salah satu solusi efektif untuk mengurangi dampak negatif pupuk kimia dan meningkatkan keberlanjutan pertanian.

Glaser et al., (2015) melaporkan hasil penelitiannya dengan tujuan untuk mengevaluasi efek jangka pendek dari biochar yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik dan organik terhadap tanah, nutrisi tanaman dan hasil panen di tanah berpasir pada kondisi lapangan. Tahun pertama uji coba lapangan ini menunjukkan bahwa tingkat penggunaan biochar yang tinggi secara signifikan meningkatkan kapasitas menahan air. Biochar dosis tinggi yang dikombinasikan dengan pupuk meningkatkan hasil jagung dibandingkan dengan aplikasi pupuk organik murni. Dosis rendah yaitu 1 dan 10 Mg ha⁻¹ tidak berpengaruh terhadap kapasitas menahan air serta sifat tanah dan tanaman. Meskipun demikian jumlah biochar yang rendah sebesar 1 Mg ha⁻¹ meningkatkan efisiensi pupuk mineral secara signifikan, yang menunjukkan bahwa penerapan biochar dalam jumlah yang berkelanjutan secara ekonomi dapat menjadi pilihan untuk industri pertanian di daerah beriklim sedang.

Penambahan biochar ke dalam proses pengomposan meningkatkan kualitas kompos yang dihasilkan secara signifikan sehubungan dengan pengaruhnya terhadap hasil jagung. Biochar memberikan pengaruh terhadap sifat-sifat tanah, nutrisi tanaman dan pertumbuhan sangat kompleks dan berbeda secara signifikan jika dikombinasikan dengan pupuk mineral atau organik. Varkolu et al., (2025) menjelaskan bahwa peran biochar meliputi berbagai sektor yaitu berfungsi sebagai penyerap hara, sumber nutrisi, dan agen pelindung tanah yang mampu memitigasi penyakit tanaman. Karakteristik dan penerapan biochar sangat dipengaruhi oleh metode produksi dan jenis bahan organik yang digunakan sebagai bahan baku. Selain itu, kemanjuran biochar dalam meningkatkan kualitas tanah dan mendorong pertumbuhan tanaman bergantung pada variasi faktor seperti suhu pirolisis, komposisi bahan baku, dan waktu inkubasi biochar. Selanjutnya dijelaskan bahwa uji lapangan jangka panjang sangat penting untuk menentukan potensi manfaatnya, hal ini merupakan tantangan besar yang memerlukan penelitian lebih lanjut untuk memberikan penjelasan komprehensif.

2.6 Adopsi Inovasi

Adopsi erat hubungannya dengan inovasi, inovasi merupakan suatu pendapat, benda, atau praktik yang dirasa baru oleh suatu individu ataupun kelompok. Adopsi adalah penerimaan suatu inovasi, pengetahuan, sikap, maupun keterampilan pada diri seseorang setelah menerima inovasi yang telah disampaikan sebelumnya (Palolo & Sigi, 2024). Zaltman dan Duncan mendefinisikan inovasi sebagai ide atau praktik baru yang dianggap sebagai sesuatu yang baru oleh kelompok yang relevan. Inovasi adalah perubahan pada objek yang dipengaruhi oleh kondisi dan situasi yang ada (Margareta & Liliani, 2023).

Atribut inovasi adalah karakteristik atau karakteristik dari inovasi yang memengaruhi seberapa cepat atau lambat inovasi individu atau kelompok dilakukan, terutama dalam kaitannya dengan pertanian dan saran. Teori difusi inovasi oleh Everett M. Rogers (2013) menyebutkan bahwa terdapat lima atribut utama inovasi yang sangat mempengaruhi proses implementasi pengguna.

- a) *Relative Advantage* (Keuntungan Relatif) adalah sejauh mana praktik, teknologi, atau inovasi yang lebih baik dari pada sistem yang ada. Menurut Everett M. Rogers, konsep ini adalah salah satu dari lima atribut inovasi utama dari Teori Penyebaran Inovasi (1962), dan dianggap sebagai faktor terpenting untuk mempercepat adopsi inovasi, khususnya di dunia pertanian dan teknologi.
- b) *Compatibility* (Kompatibilitas) adalah semakin sesuai suatu inovasi dengan apa yang diyakini, dialami, dan dibutuhkan oleh pengguna, maka semakin besar kemungkinan inovasi tersebut diadopsi.
- c) *Complexity* (Kompleksitas) adalah tingkat kesulitan yang dirasakan oleh individu dalam memahami, belajar, dan menggunakan suatu inovasi baru.
- d) *Trialability* (Kemudahan Uji Coba) merujuk pada sejauh mana inovasi dapat diuji atau dicoba dalam skala kecil sebelum diadopsi secara penuh. Inovasi yang dapat diuji lebih dahulu memberi rasa aman bagi calon pengguna.

- e) *Observability* (Kemudahan Di amati) adalah sejauh mana hasil atau manfaat dari suatu inovasi dapat dilihat atau diamati oleh orang lain. Semakin mudah orang melihat hasil positif dari inovasi, semakin cepat penyebarannya.

Teori difusi inovasi yang dikemukakan oleh Rogers memberikan kerangka kerja fundamental untuk memahami bagaimana suatu inovasi disebarluaskan dan diadopsi dalam suatu sistem sosial. Menurut Rogers, proses adopsi inovasi tidak terjadi secara serentak, tetapi melalui klasifikasi adopter yang terdiri dari inovator, pemula (*early adopters*), mayoritas awal, mayoritas akhir, dan laggard. Lebih lanjut, kelima atribut inovasi yaitu keunggulan relatif, kompatibilitas, kompleksitas, kemampuan diuji coba (*trialability*), dan kemampuan diamati (*observability*), menjadi faktor penentu utama dalam kecepatan dan tingkat adopsi. Dalam konteks kebijakan diseminasi inovasi pertanian di Indonesia, teori ini memiliki dampak yang signifikan. Kebijakan yang dirancang, seperti program penyuluhan pertanian, menjadi lebih terarah dengan mempertimbangkan karakteristik masing-masing kelompok adopter. Sebagai contoh, pendekatan terhadap petani inovator akan berbeda dengan petani yang termasuk dalam kategori laggard, yang cenderung lebih skeptis. Selain itu, untuk mempercepat adopsi, kebijakan difusi di Indonesia berusaha memastikan bahwa inovasi yang diperkenalkan, seperti varietas padi unggul atau praktik pertanian presisi, memiliki keunggulan relatif yang jelas dan nyata, kompatibel dengan nilai budaya dan kondisi lokal, tidak terlalu kompleks, serta dapat dengan mudah diuji coba dan hasilnya dapat dilihat oleh petani lain. Dengan demikian, pemahaman mendalam tentang teori dan atribut inovasi Rogers memungkinkan pembuat kebijakan untuk merancang strategi diseminasi yang lebih efektif, efisien, dan partisipatif, yang pada akhirnya bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan petani di Indonesia.

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1. Pendekatan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian lintas disiplin (*multidisciplinary*) dengan melibatkan dua bidang keilmuan yaitu agroteknologi dan agribisnis. Penelitian multidisipliner merupakan integrasi kolaboratif pengetahuan dan metodologi dari berbagai disiplin ilmu untuk mengatasi masalah kompleks yang melampaui batas-batas bidang ilmu secara individu. Dengan menyatukan beragam perspektif dan keahlian, penelitian multidisiplin berupaya untuk menciptakan pemahaman yang lebih komprehensif tentang topik penelitian ini, untuk menjawab permasalahan yang tidak dapat dieksplorasi secara memadai dalam batasan satu disiplin ilmu saja.

3.2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2025 hingga November 2025, selama kurang lebih tiga bulan. Penentuan petani informan ditentukan pada daerah lahan kritis yang mengusahakan tanaman jagung. Adapun lokasi pengambilan informan petani yang dilakukan antara lain:

1. Kabupaten Gorontalo: 15 orang petani jagung lahan miring di Desa Talumelito, Kecamatan Telaga Biru, Kabupaten Gorontalo.
2. Kabupaten Bone Bolango: 15 orang petani jagung lahan miring di Desa Bonedaa, Desa Bondawuna Kec. Suwawa Selatan, Kabupaten Bone Bolango.

3.3. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: kamera, laptop, pH meter, *Soil Meter Analysis*, timbangan analitik, wadah pembuatan biochar (pirolisis drum), meteran, dan alat tulis pendukung. Bahan yang digunakan meliputi tongkol jagung sebagai bahan baku biochar, polibag, tanah, pupuk NPK serta air.

3.4. Metode Pendekatan

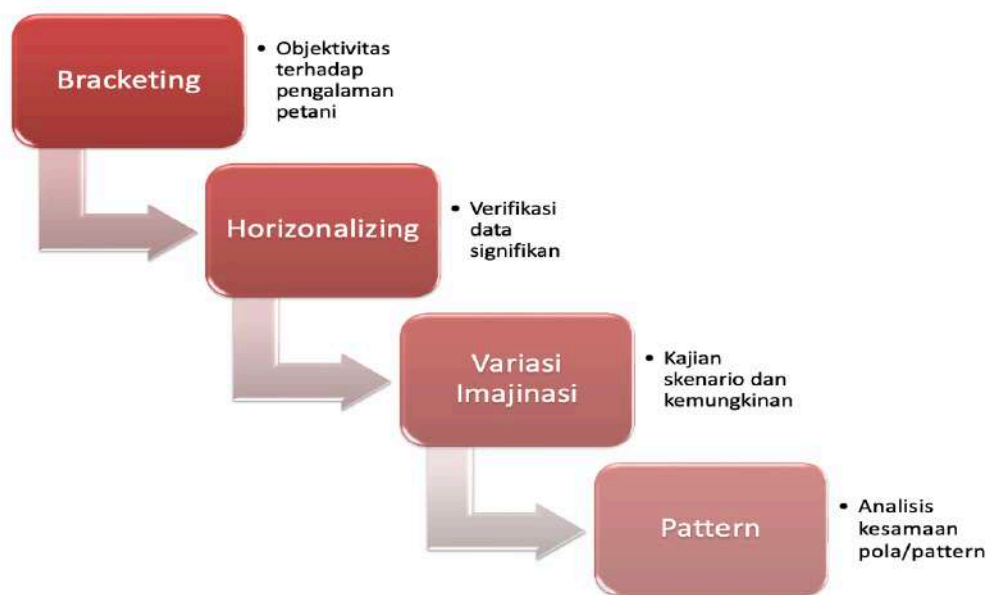
Pendekatan penelitian ini adalah multidisipliner dengan menggabungkan model penelitian agroteknologi dengan sosiologi pertanian, sehingga dapat diperoleh hasil penelitian yang komprehensif. Untuk memastikan hasil penelitian

yang valid, terukur, dan selaras dengan tujuan yang telah ditetapkan, perancangan parameter dan indikator penelitian perlu dilakukan secara sistematis. Penyusunan variabel ini didasarkan pada fokus utama penelitian, yakni mengkaji potensi dan dampak penerapan sistem usahatani konservasi jagung lahan miring, dan menganalisis dan membuat rekomendasi model konservasi usahatani konservasi jagung. Analisis karakteristik pemanfaatan biochar limbah tongkol jagung untuk mendukung sistem usahatani konservasi.

Indikator penelitian dirumuskan untuk menjabarkan aspek-aspek spesifik yang menjadi acuan dalam pengukuran setiap variabel. Rincian mengenai tujuan, variabel, indikator, dan metode pengukuran disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter dan Teknik Pengumpulan Data

No	Tujuan	Indikator	Teknik Pengumpulan Data
1.	Mengkaji potensi dan dampak penerapan sistem usahatani konservasi jagung lahan miring	1. Potensi : Peluang dan tantangan penerapan SUT Konservasi 2. Dampak : Analisis terhadap dampak ekologis dan ekonomis	FGD, analisis data
2.	Menganalisis dan membuat rekomendasi model konservasi usahatani konservasi jagung	1. Rekomendasi teknis budidaya 2. Pemanfaatan berbagai jenis tanaman untuk usahatani konservasi	Sintesis Literatur primer dan sekunder, FGD
3.	Analisis karakteristik pemanfaatan biochar limbah tongkol jagung untuk mendukung sistem usahatani konservasi.	1. Sifat kimia biomassa dan biochar. 2. Sifat kimia tanah setelah aplikasi biochar.	1. Uji Laboratorium 2. Analisis Deskriptif kuantitatif



Gambar 1. Skema analisis data kualitatif

Penelitian ini dilaksanakan melalui serangkaian tahapan yang sistematis untuk menggali pemahaman mendalam mengenai penerapan sistem usahatani konservasi pada lahan jagung miring. Tahapan utama yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. *Focus Group Discussion (FGD)*

Tahap pertama penelitian ini adalah melaksanakan *Focus Group Discussion* (FGD). Diskusi kelompok terpusat ini melibatkan dua kelompok kunci sebagai sumber data primer yakni kelompok petani jagung. Petani jagung dipilih sebab mereka yang secara langsung mengelola dan memiliki pengalaman praktis dalam bercocok tanam jagung di lahan miring.

Tujuan dari FGD ini adalah untuk mengidentifikasi dan mendiskusikan potensi serta dampak dari penerapan SUT konservasi. Melalui diskusi interaktif ini, peneliti mengumpulkan berbagai perspektif, harapan, kekhawatiran, dan temuan di lapangan langsung dari para pelaku utama.

2. *Bracketing dan Analisis Fenomenologis*

Setelah data dari FGD terkumpul, penelitian dilanjutkan dengan tahap analisis data kualitatif yang mendalam, yang dalam konteks ini mengadopsi pendekatan fenomenologis. Proses ini terdiri dari beberapa langkah analitis:

- *Bracketing*: Peneliti berusaha untuk mempertahankan objektivitas dengan menyadari dan 'mengurung' (*bracketing*) sementara prasangka atau pengetahuan sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk memusatkan perhatian pada pengalaman subjektif para petani yang dikumpulkan selama FGD.
- *Horizontalizing (Membuat Daftar Horison)*: Semua pernyataan, ungkapan, dan ide dari peserta FGD diperlakukan memiliki nilai yang setara pada tahap awal ini, tanpa menentukan mana yang lebih penting.
- *Verifikasi Data Signifikan*: Dari daftar horison tersebut, peneliti kemudian menyaring dan memilih pernyataan-pernyataan yang signifikan dan relevan dengan fokus penelitian, yaitu sistem usahatani konservasi.
- *Variasi Imajinasi*: Peneliti menggunakan imajinasi untuk memvariasi data, misalnya dengan membayangkan skenario "bagaimana jika" atau melihat dari sudut pandang yang berbeda. Ini membantu menguji ketahanan suatu tema dan memahami inti dari fenomena yang diteliti.
- *Kajian Skenario dan Kemungkinan*: Berdasarkan variasi imajinasi, peneliti mengkaji berbagai skenario dan kemungkinan implikasi dari temuan hasil kajian dalam FGD.
- *Identifikasi Pola (Pattern)*: Peneliti mencari tema-tema, hubungan, dan pola yang muncul dari data yang telah disaring.
- *Analisis Kesamaan Pola*: Tahap akhir analisis adalah menyimpulkan dengan menganalisis kesamaan dari pola-pola yang telah diidentifikasi, untuk membentuk gambaran yang utuh dan bermakna tentang potensi dan dampak sistem usahatani konservasi jagung di lahan miring berdasarkan pengalaman langsung para petani.

3.5. Analisis Data

Penelitian dilakukan dengan dua metode yaitu eksperimen dan FGD sehingga diperoleh data kualitatif dan kuantitatif.

1. Analisis data kualitatif diperoleh dari kegiatan FGD untuk memperoleh informasi terkait potensi dan dampak penerapan SUT Konservasi. FGD dilakukan dengan melibatkan 30 petani jagung di lahan miring dari dua lokasi yang berbeda. Pembatasan jumlah peserta maksimal 15 ini sesuai

dengan pendapat Grudens-Schunk (2014) yang menyatakan bahwa peserta dalam FGD pada penelitian kualitatif perlu dibatasi sehingga setiap informan dapat leluasa untuk memberikan pandangannya. Data yang diperoleh akan dianalisis dengan model bracketing- horizontalizing-variasi imajinasi- pattern. Bracketing dilakukan untuk memastikan bahwa analisis tetap didasarkan pada data riil dan esensi pengalaman petani, yang memungkinkan peneliti untuk mendekati titik data ini dengan pikiran terbuka dan objektif. Horizontalizing dilakukan untuk mengatur dan menganalisis data kualitatif, dimana data kualitatif dari FGD diverifikasi dengan cermat untuk mengidentifikasi signifikansinya. Analisis variasi imajinasi dilakukan dengan memberikan beragam skenario yang dapat memengaruhi sikap dan perspektif petani, termasuk skenario perubahan kebijakan. Skenario-skenario ini kemudian dianalisis untuk menilai potensi dampaknya pada adopsi SUT konservasi. Sintesis makna pada pattern dilakukan untuk menyaring esensi dari fenomena dengan mensintesis beragam wawasan petani, untuk mengidentifikasi pola yang serupa dalam pengalaman informan. Lensa teori yang digunakan adalah teori difusi inovasi (Rogers, 2013).

2. Analisis data kuantitatif dalam penelitian ini diperoleh dari hasil karakterisasi sifat fisik dan kimia biochar serta pengamatan perubahan sifat fisika-kimia tanah setelah aplikasi biochar, di mana sampel dari setiap perlakuan dianalisis di laboratorium menggunakan metode standar. Data utama berasal dari hasil analisis karakteristik sifat fisik dan kimia biochar, seperti porositas, densitas, kadar karbon, pH, dan kapasitas tukar kation (KTK), yang kemudian diuji perubahannya setelah diaplikasikan ke dalam tanah pada berbagai dosis dan perlakuan. Data yang dihasilkan kemudian dibandingkan secara statistik dengan uji-t (seperti uji-t independen atau berpasangan) untuk menentukan apakah terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara rata-rata perlakuan, misalnya antara tanah kontrol dan tanah yang diperkaya biochar, guna membuktikan efektivitas intervensi yang diberikan.

3. Sintesis literatur dilakukan dengan mengkaji hasil penelitian sebelumnya dengan diperkaya berbagai literatur penelitian spesifik di Provinsi Gorontalo. Selanjutnya dibuat rekomendasi terkait pemanfaatan SUT Konservasi.

3.6. Komposisi Peneliti

No	Nama/Bidang Keahlian	Uraian Tugas
1.	Zulham Sirajuddin, Ph.D/ Agribisnis	1. Bertanggung jawab atas tahapan penelitian sesuai tujuan penelitian 2. Bertanggung jawab terhadap sintesis literature dan analisis kualitatif 3. Bertanggung jawab dalam menyusun hasil penelitian
2.	Fardyansjah Hasan SP, M.Si/ Agroteknologi	1. Bertanggung jawab terhadap analisis karakteristik biochar dan implementasinya. 2. Bertanggung jawab memfasilitasi kegiatan FGD 3. Bertanggung jawab dalam menyusun hasil penelitian
3.	Ivana Butolo, SE, MP/ Peneliti Ahli Muda	1. Bertanggung jawab dalam koordinasi dengan stakeholder 2. Menyusun rekomendasi teknis dan kebijakan 3. Bertanggung jawab dalam menyusun hasil penelitian
4.	Gema Putra Baculu, ST, M.PA/ Pengelola Data	1. Bertanggung jawab dalam koordinasi dengan stakeholder 2. Menyusun rekomendasi teknis dan kebijakan

IV. HASIL PENELITIAN

4.1 Potensi dan Dampak SUT Konservasi

Sistem usahatani (SUT) konservasi merupakan sebuah paradigma pertanian berkelanjutan yang menawarkan solusi transformatif terhadap berbagai tantangan degradasi lingkungan yang diakibatkan oleh praktik pertanian konvensional. Potensi utama sistem ini terletak pada kapasitasnya untuk merekayasa ulang ekosistem pertanian menjadi suatu entitas yang lebih resilien dan mandiri. Secara fundamental, SUT konservasi dirancang untuk meminimalkan dampak negatif terhadap tanah (*minimum tillage* atau tanpa olah tanah), mempertahankan penutupan permukaan tanah secara permanen melalui sisa tanaman atau tanaman penutup, serta menerapkan rotasi tanaman yang diversifikasi. Kombinasi praktik-praktik ini berpotensi strategis untuk merevolusi kesehatan tanah, di mana peningkatan kandungan bahan organik tanah, perbaikan struktur agregat, dan peningkatan porositas serta infiltrasi air menjadi kunci utamanya. Peningkatan kesehatan tanah ini kemudian menjadi fondasi bagi dampak lingkungan yang positif dan saling berkaitan.

Dampak dari penerapan SUT konservasi adalah terhadap siklus hidrologi dan konservasi tanah. Dengan membaiknya struktur tanah dan adanya serasah tanaman, laju infiltrasi air meningkat secara signifikan, sehingga mengurangi aliran permukaan (*runoff*). Hal ini berdampak langsung pada penurunan laju erosi tanah yang sangat drastis, yang tidak hanya berarti pengawetan lapisan tanah atas (*topsoil*) yang kaya hara dan organik, tetapi juga mencegah pendangkalan dan pencemaran badan air oleh sedimen. Lebih jauh, kemampuan tanah yang lebih baik dalam menyerap dan menyimpan air tersebut meningkatkan ketersediaan air bagi tanaman, sekaligus berkontribusi pada *recharge* air tanah, sehingga membangun ketahanan sistem pertanian terhadap kondisi kekeringan. Dari perspektif siklus biogeokimia, SUT konservasi berdampak pada efisiensi penggunaan hara yang lebih tinggi. Dekomposisi bahan organik yang terjadi secara bertahap dalam kondisi tanah yang tidak terusik melepaskan hara secara lebih terkendali, yang selanjutnya mengurangi pencucian nitrat dan fosfor ke dalam air tanah. Selain itu, sistem ini memiliki dampak strategis dalam mitigasi

perubahan iklim melalui dua jalur utama: pertama, minimnya pengolahan tanah mengurangi emisi karbon dioksida (CO₂) langsung dari tanah; dan kedua, akumulasi bahan organik tanah yang berkelanjutan berpotensi menjadikan lahan pertanian sebagai penyerap karbon (*carbon sink*) yang signifikan, sehingga mengunci karbon atmosfer ke dalam tanah (*carbon sequestration*).

Pada tingkat ekosistem yang lebih luas, dampak SUT konservasi memiliki dampak positif terhadap keanekaragaman hayati. Lingkungan mikro yang stabil dengan tutupan tanah permanen dan minimnya gangguan kimiawi (karena berkurangnya penggunaan pupuk dan pestisida sintetis) menciptakan habitat yang ideal bagi perkembangan biota tanah, seperti cacing tanah, fungi mikoriza, serta berbagai mikroba pengurai. Peningkatan keragaman biota tanah ini mendukung fungsi ekosistem yang vital, seperti dekomposisi, mineralisasi hara, dan penekanan penyakit tanah secara alami. Pada strata above-ground, rotasi tanaman dan keberadaan tanaman penutup menyediakan sumber pakan dan shelter bagi serangga penyerbuk dan musuh alami hama, yang pada gilirannya berdampak pada terciptanya pengendalian hama yang lebih stabil dan mengurangi wabah. Dampak lingkungan dari SUT Konservasi bersifat sinergis dan kumulatif. Sistem ini tidak hanya sekadar mengurangi dampak negatif, tetapi secara aktif memulihkan dan meningkatkan fungsi ekosistem, sehingga menciptakan sebuah lanskap pertanian yang produktif sekaligus berkelanjutan dari aspek ekologi, hidrologi, dan klimatologi.

Kajian sosial pada implementasi SUT konservasi di Provinsi Gorontalo ini bertujuan untuk memahami opini dan persepsi petani terhadap penerapan teknologi konservasi yang telah dilakukan dalam penelitian ini. Kajian ini menitikberatkan pada analisis pandangan petani terkait penggunaan guludan dan sistem tanam kontur sebagai metode untuk pengendalian erosi, serta tanaman rumput odot sebagai penguat teras alami pada lahan jagung. Kombinasi teknik ini dirancang untuk memaksimalkan produktivitas sekaligus menjaga keberlanjutan fungsi lahan, terutama pada wilayah dengan topografi miring. Tujuan utama dari kajian sosial ini adalah mengukur potensi adoptabilitas SUT konservasi di kalangan petani. Penelitian ini tidak hanya berfokus pada aspek teknis dan

produktivitas, tetapi juga pada bagaimana teknologi ini dapat diterima, dipahami, dan diadopsi oleh masyarakat petani jagung sebagai pengguna akhir. Faktor sosial dan budaya, seperti kebiasaan lokal, serta persepsi yang dilatar belakangi pengalaman masa lalu dan kondisi eksisting, menjadi bagian penting yang dipertimbangkan dalam mendengarkan opini petani agar dapat menyelami makna tersirat maupun tersurat yang disampaikan oleh petani sebagai bahan kajian yang bermanfaat dalam penelitian ini.

Fenomena ini kemudian dikonstruksi melalui kerangka teori yang digunakan dalam kajian sosial ini yakni “teori difusi inovasi” (*diffusion of innovation*) yang dikembangkan oleh Everett Rogers. Teori ini membantu menganalisis bagaimana teknologi baru menyebar dan diterima oleh masyarakat petani. Dalam kajian ini, tiga aspek utama dari teori difusi inovasi yang menjadi fokus adalah:

- Keuntungan Relatif (*Relative Advantage*)

Keuntungan relatif mengukur sejauh mana petani merasakan manfaat langsung dari penerapan SUT konservasi dibandingkan dengan metode konvensional. Misalnya, apakah hasil panen meningkat, biaya operasional berkurang, atau apakah teknik baru ini membantu memberikan keuntungan ekonomis, sosial, dan ekologis, dalam jangka panjang.

- Kompatibilitas (*Compatibility*)

Aspek kompatibilitas menilai sejauh mana SUT konservasi pada lahan jagung ini sesuai dengan nilai-nilai, kebutuhan, dan kondisi lokal petani. Kompatibilitas mencakup aspek teknis seperti kesesuaian dengan jenis tanah dan iklim, serta aspek sosial seperti kesesuaian dengan pola kerja petani dan kebiasaan bertani oleh petani setempat.

- Kompleksitas (*Complexity*)

Aspek kompleksitas mengidentifikasi tingkat kesulitan yang dirasakan oleh petani dalam memahami dan menerapkan SUT konservasi pada lahan jagung. Semakin sederhana teknologi untuk dipelajari dan diterapkan, semakin tinggi kemungkinan teknologi tersebut diadopsi secara luas.

Hasil kajian sosial ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang hambatan dan peluang dalam adopsi SUT konservasi. Sebagai contoh, jika petani merasa bahwa penggunaan guludan dan odot memberikan manfaat langsung seperti peningkatan hasil panen dan pencegahan erosi tanpa memerlukan banyak perubahan dalam cara mereka bekerja, maka peluang adopsi akan lebih tinggi. Sebaliknya, jika teknologi ini dianggap terlalu rumit atau tidak relevan dengan kondisi mereka, maka adopsinya akan rendah. Hal tersebut penting untuk dilakukan mengingat petani merupakan pengguna utama SUT konservasi di lahan miring pada budidaya jagung di Provinsi Gorontalo, sehingga mereka menjadi ujung tombak pejuang konservasi lahan.

Penggunaan pendekatan dalam penelitian ini diharapkan mampu memberikan rekomendasi strategis kepada pemerintah daerah, penyuluh pertanian, dan pihak terkait lainnya untuk memperluas penerapan SUT konservasi di lahan miring pada tanaman jagung. Langkah ini dapat mendukung keberlanjutan lahan pertanian serta juga memberikan dampak positif terhadap peningkatan kesejahteraan petani di daerah ini maupun daerah lainnya yang memiliki topografi yang serupa.

a. Penggunaan Guludan Sebagai Penahan Erosi

Persoalan pertama yang dikaji bersama petani melalui FGD adalah bagaimana opini petani mengenai penggunaan guludan sebagai penahan erosi. Hasil FGD menunjukkan bahwa penggunaan guludan pada lahan miring untuk budidaya jagung telah mendapatkan perhatian yang cukup menarik dari para petani. Menurut petani informan FGD, guludan cukup efektif berfungsi sebagai penahan erosi yang mampu mencegah penurunan produksi akibat hilangnya tanah lapisan atas yang subur. Petani peserta FGD berkunjung ke lokasi demplot penerapan SUT konservasi. Menurut mereka, tanaman jagung yang ditanam di atas guludan terlihat cukup subur. Hal ini menimbulkan harapan bahwa metode ini tidak mengganggu hasil panen. Hasil FGD menunjukkan bahwa terdapat minat yang cukup tinggi untuk mencoba metode ini, terutama karena guludan juga memungkinkan diversifikasi tanaman. Salah satu petani, misalnya, menyatakan ketertarikannya untuk menanam cabai di atas guludan, mengingat potensi

keuntungan tambahan dari hasil penjualan cabai yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Saat ini, bagi sebagian petani, metode penggunaan guludan ini memang baru mulai dilakukan di lahan yang ditanami jagung. Namun, dari sudut pandang adaptasi lingkungan, guludan dianggap sangat cocok untuk diterapkan. Menurut petani lokal, beberapa desa memiliki riwayat bencana longsor yang sering mengakibatkan gagal panen bagi petani jagung, dan hal tersebut cukup berdampak mengingat banyak petani jagung merupakan masyarakat dengan ekonomi lemah. Harapannya, dengan menerapkan guludan, risiko kerusakan tanah akibat longsor dapat diminimalkan. Selain itu, guludan sebagai konservasi tanah selaras dengan lahan miring yang memang secara topografi mendominasi wilayah Gorontalo, sehingga menjadikannya salah satu solusi praktis dalam upaya mencegah degradasi lahan. Karakteristik lahan di Provinsi Gorontalo yang didominasi oleh lahan miring membuat metode guludan memiliki potensi besar untuk diadopsi secara luas.

Aspek kompleksitas guludan dikaji dalam penelitian ini. Hasil FGD menunjukkan bahwa petani sebenarnya tidak asing dengan konsep pembuatan guludan. Teknik ini menurut mereka mirip dengan pembuatan bedengan yang biasa digunakan petani lokal untuk tanaman hortikultura (sayur dan buah). Berdasarkan data yang dihimpun langsung dari para informan melalui FGD, terungkap bahwa guludan memiliki potensi yang besar untuk diterapkan sebagai bagian dari SUT konservasi. Sebagian besar petani menyatakan minat yang tinggi untuk mencoba teknik ini. Salah satu alasannya, seperti yang diungkapkan seorang petani, adalah karena *"guludan tidak hanya menahan tanah agar tidak longsor, tetapi juga bisa kami tanami dengan tanaman lain"* Hal ini menunjukkan bahwa nilai tambah secara ekonomis menjadi pendorong utama penerimaan mereka. Dari segi teknis, memang banyak petani yang menganggap pembuatan guludan cukup mudah dilakukan. Seorang informan bahkan membandingkannya dengan pembuatan bedengan, *"Membuat guludan ini lebih gampang dan tidak seribet bikin bedengan, karena hanya satu sisi saja yang dipacul."* Meski demikian, penerapannya dinilai harus disesuaikan dengan kondisi lahannya. Pembuatan guludan di lahan miring, sebagaimana diakui petani, memerlukan

tenaga dan waktu yang lebih besar dibandingkan dengan bedengan biasa. Menurut petani, meskipun secara teknis pembuatan guludan relatif mudah, proses ini jika dilakukan di lahan miring memerlukan perencanaan yang baik agar dapat meminimalisir biaya. Kesulitan yang berpotensi dihadapi adalah topografi lahan miring yang membutuhkan tenaga ekstra untuk mengolah tanah dan membentuk guludan yang sesuai dengan petunjuk yang diberikan pada sekolah lapang.

Selain itu, salah satu kekhawatiran petani adalah apakah guludan dapat diterapkan pada lahan yang sangat miring. Seperti yang disampaikan seorang petani dalam FGD, "*Untuk lahan yang agak landai, guludan ini sangat cocok. Tapi kalau untuk lereng yang terjal, saya masih ragu apakah cukup kuat menahan erosi.*" Pengalaman nyata juga menjadi dasar keyakinan mereka. Beberapa petani mengaku pernah melihat atau menerapkan guludan yang dikombinasikan dengan lamtoro. "*Dulu di ladang saya pernah coba guludan dikasih lamtoro.*" kenang salah seorang informan. Data dari lapangan ini mengonfirmasi bahwa guludan bukanlah konsep asing, melainkan sebuah praktik yang memiliki dasar pengalaman dan dianggap layak untuk dikembangkan lebih luas, dengan catatan perlu ada penyesuaian untuk kondisi topografi tertentu. Meski begitu, saat ini guludan dianggap petani sebagai metode konservasi yang relevan dan bermanfaat, baik dari segi kesesuaian dengan kondisi lingkungan desa maupun peluangnya untuk mendukung peningkatan hasil panen. Dengan dukungan teknis dan sosialisasi yang lebih luas, guludan berpotensi menjadi solusi berkelanjutan bagi pengelolaan lahan miring, yang tidak hanya melindungi tanah dari erosi tetapi juga memberikan peluang diversifikasi pendapatan bagi petani.

Berdasarkan hal tersebut, SUT konservasi yang menunjukkan potensi signifikan untuk diadopsi adalah pembuatan guludan. Guludan, yang merupakan gundukan tanah yang dibentuk secara memanjang searah kontur, diidentifikasi memiliki peran kunci dan menarik minat petani karena beberapa alasan berikut:

- *Fungsi Utama sebagai Pengendali Erosi*

Guludan berpotensi besar untuk berfungsi sebagai penahan erosi dan pengendali aliran air di permukaan. Struktur fisiknya secara efektif

memperlambat laju aliran air saat hujan, sehingga mengurangi erosi terhadap tanah dan meminimalkan hilangnya lapisan *topsoil* yang subur.

- *Meningkatnya Minat Petani karena Nilai Tambah*

Terdapat minat yang cukup tinggi dari petani untuk mencoba menerapkan guludan. Minat ini terutama didorong oleh fakta bahwa bagian tubuh guludan memungkinkan untuk tetap ditanami. Petani dapat memanfaatkannya untuk menanam komoditas lain, seperti tanaman palawija atau pupuk hijau, sehingga tidak ada lahan yang terbuang dan dapat menambah sumber pendapatan.

- *Kesesuaian untuk Berbagai Kondisi Topografi*

Guludan dinilai cocok untuk diterapkan di lahan dengan kemiringan tertentu. Namun, pembahasan juga mengungkap keraguan dari petani mengenai efektivitasnya jika diterapkan di lahan yang sangat miring atau curam. Hal ini menunjukkan pemahaman petani bahwa setiap teknologi konservasi memiliki batasan aplikasinya dan perlu disesuaikan dengan kondisi spesifik lahannya.

- *Bukti Penerapan dan Pengalaman Langsung*

Teknik ini tidak sepenuhnya baru, karena pernah diterapkan di beberapa lokasi. Salah satu contoh yang disebutkan adalah dalam bentuk kombinasi dengan lamtoro (sejenis pohon penayang yang juga berfungsi sebagai pupuk hijau). Pengalaman ini memberikan dasar pembelajaran dan bukti nyata bahwa guludan dapat diintegrasikan dengan sistem tanam lainnya.

- *Kemudahan Penerapan yang Menjadi Nilai Tambah*

Aspek teknis penerapan guludan dianggap cukup mudah dibuat. Bahkan, dalam perbandingan dengan teknik konservasi lainnya seperti bedengan, proses pembuatan guludan dianggap lebih mudah. Faktor kemudahan implementasi ini dapat menjadi poin kritis yang sangat mempengaruhi keputusan petani untuk mengadopsi suatu teknologi baru.

Data dari para informan ini mengonfirmasi bahwa guludan memiliki potensi adopsi yang tinggi sebagai fondasi SUT konservasi jagung di lahan miring. Daya tariknya terletak pada keuntungannya, kemudahannya, dan aspek kecocokannya.

Keberhasilan diseminasi lebih lanjut akan sangat bergantung pada pendekatan yang kontekstual, dengan menyediakan modifikasi desain untuk berbagai kelas kemiringan lahan dan memperkuat aspek pendampingan untuk memastikan penerapannya dilakukan secara tepat guna.

b. Penggunaan Rumput Odot sebagai Penguat Teras Gulud

Penelitian ini mengkaji opini petani mengenai penggunaan rumput odot sebagai penguat teras guludan. Hasil FGD menunjukkan bahwa petani memiliki pandangan yang sangat positif terhadap penggunaan rumput odot di lahan jagung, terutama karena manfaatnya yang multifungsi. Dari segi keuntungan, rumput odot dianggap memberikan nilai tambah yang signifikan. Sebagai pakan ternak, odot membantu mengurangi pengeluaran petani untuk membeli pakan sekaligus menghemat waktu dan tenaga yang biasanya dihabiskan untuk mencari pakan ternak. Seorang petani mengatakan: *“Di desa kami kebetulan hampir semua petani memiliki ternak sapi, jadi rumput odot ini bisa digunakan karena memang tiap hari kami mencarinya.”* Hal ini sangat bermanfaat bagi petani yang memiliki ternak sapi. Berdasarkan wawancara mendalam dengan para petani yang telah menerapkan sistem teras gulud dengan integrasi rumput odot, terungkap beragam pengalaman dan persepsi mengenai inovasi ini. Secara umum, para responden menyampaikan bahwa kehadiran rumput odot memberikan dampak ekonomi yang langsung terasa. *“Dengan rumput odot, pengeluaran untuk membeli pakan sapi itu bisa ditekan.”* tutur salah satu petani. Beberapa petani bahkan mulai melihat peluang ekonomi baru dengan menjual kelebihan rumput odot kepada peternak lain, meskipun skalanya masih terbatas. Beberapa petani melihat potensi ekonomi dari rumput odot sebagai sumber pendapatan tambahan. Mereka menyatakan bahwa rumput ini dapat dijual dengan harga yang layak, sehingga dapat menjadi alternatif lain untuk meningkatkan penghasilan rumah tangga. Di sekitar desa memang terdapat lokasi penjualan odot yang cukup aktif bertransaksi setiap hari. Sebagai contoh, di jalan *Gorontalo Outer Ring Road (GORR)* yang cukup dekat dari Desa Talumelito, terdapat banyak petani yang menjual rumput odot. Hal ini mempengaruhi pandangan petani bahwa rumput odot memiliki pangsa pasar.

Tinjauan aspek kompleksitas penanaman rumput odot menunjukkan bahwa budidaya rumput odot dinilai sederhana dan tidak memerlukan keterampilan khusus. Petani merasa bahwa metode penanamannya hampir sama dengan tanaman lain yang sudah cukup akrab diolah petani, misalnya ubi kayu. Seorang petani menyatakan; *“Rumput odot ini sudah sering kami tanam di pinggiran lahan, jadi sudah tahu cara tanamnya.”* Hal ini membuat penerapan rumput odot di lahan jagung menjadi lebih mudah dan tidak menimbulkan hambatan teknis. Salah satu petani menyatakan bahwa penanaman odot di guludan seperti ini tidak sulit. Kemudahan ini berpotensi mendorong minat petani untuk mencoba dan mengadopsi metode ini, terutama karena mereka tidak memerlukan pelatihan tambahan atau alat khusus. Dari sisi praktis, para petani mengakui kemudahan dalam budidaya rumput odot. *"Kami tidak perlu keahlian khusus untuk menanamnya"* ujar seorang petani. Aspek penghematan waktu juga sangat disoroti, dimana mereka yang tadinya harus menghabiskan waktu setiap hari untuk mencari rumput liar, kini cukup memanen dari teras gulud yang berjarak beberapa langkah dari rumah. *"Waktu yang tadinya untuk mencari pakan, seperti ini bisa lebih dimanfaatkan untuk keperluan lain,"* tambahnya. Kajian aspek kompatibilitas menunjukkan bahwa, rumput odot juga menurut petani sangat sesuai dengan kondisi lingkungan dan kebiasaan petani. Sebagian besar petani memiliki ternak, sehingga kehadiran rumput odot di lahan mereka secara langsung mendukung kebutuhan pakan ternak sehari-hari. Selain itu, pertumbuhan odot mudah berkembang tanpa memerlukan perawatan intensif. Beberapa petani juga menyatakan bahwa penanaman rumput odot sudah mulai diterapkan oleh sebagian masyarakat desa, menunjukkan bahwa praktik ini selaras dengan kebiasaan bertani lokal dan memiliki potensi adopsi yang luas.

Namun, di balik berbagai manfaat tersebut, para petani juga menyampaikan kekhawatiran yang bisa saja mereka alami di lapangan. Seorang petani melaporkan adanya kemungkinan peningkatan populasi tikus di sekitar area teras gulud yang ditanami rumput odot. *"Kami perhatikan tikus sering bersarang di rumput rumput yang lebat, kemudian menyerang tanaman jagung di sebelahnya,"* keluh seorang petani. *“Jangan sampai rumput odot ini juga begitu”,*

tambahnya. Kekhawatiran lain yang muncul adalah persaingan nutrisi, dimana beberapa petani merasa pertumbuhan jagung tidak optimal jika ditanam terlalu dekat dengan rumput odot. "*Jagung yang dekat dengan odot pertumbuhannya barangkali dapat terganggu dengan adanya odot ini*" ujar salah satu informan kunci. Meskipun menghadapi tantangan tersebut, mayoritas petani tetap melihat nilai positif dari integrasi rumput odot ini. Mereka berharap ada penyempurnaan sistem untuk mengantisipasi masalah yang dapat muncul, seperti teknik pengendalian tikus yang efektif. "*Kalau masalah tikus dan persaingan hama bisa diatasi, sistem ini sangat menjanjikan untuk dikembangkan lebih luas,*" pungkash salah satu petani yang dalam FGD.

Berdasarkan hal tersebut, penggunaan rumput odot dalam skema konservasi menunjukkan potensi signifikan untuk diadopsi dengan beberapa alasan berikut ini:

- *Mengurangi Pengeluaran dan Menghemat Sumber Daya*

Penerapan rumput odot secara signifikan mampu mengurangi beban pengeluaran petani, yang sebelumnya dialokasikan untuk membeli pakan ternak dari luar. Selain aspek finansial, inisiatif ini juga berhasil menghemat waktu dan tenaga kerja petani, yang biasanya harus dihabiskan untuk aktivitas mencari dan mengumpulkan pakan di lokasi yang jauh, sehingga sumber daya tersebut dapat dialihkan untuk kegiatan produktif lainnya.

- *Potensi Ekonomi sebagai Sumber Pendapatan Tambahan*

Di luar fungsi utamanya sebagai pakan, rumput odot menawarkan potensi ekonomi yang menjanjikan. Kelebihan produksi rumput ini dapat dijual kepada peternak lain atau di pasar, sehingga menciptakan aliran pendapatan tambahan yang dapat meningkatkan kesejahteraan rumah tangga petani dan memperkuat ketahanan ekonomi mereka.

- *Budidaya yang Sederhana dan Mudah Diadopsi*

Budidaya rumput odot dinilai sangat sederhana dan tidak rumit. Teknik penanaman serta perawatannya tidak memerlukan keterampilan khusus atau pelatihan intensif, sehingga dapat dengan mudah diadopsi dan

diterapkan oleh seluruh lapisan petani, termasuk mereka yang memiliki pengalaman terbatas dalam budidaya tanaman baru.

- *Kesesuaian dengan Lingkungan dan Kebiasaan Petani*

Sistem ini menunjukkan tingkat kesesuaian yang tinggi dengan kondisi agroekologi setempat, termasuk jenis tanah dan iklim. Selain itu, pola budidayanya selaras dengan kebiasaan dan kearifan lokal petani di desa, yang pada akhirnya mendorong penerimaan yang luas dan menjamin keberlanjutan program dalam jangka panjang.

- *Terdapat Potensi Menjadi Habitat bagi Hama Tikus*

Salah satu tantangan yang teridentifikasi adalah potensi rumput odot yang rimbun untuk menjadi habitat ideal bagi perkembangbiakan dan persembunyian tikus. Keberadaan hama ini berisiko mengancam tanaman produksi di sekitarnya, seperti jagung, sehingga memerlukan strategi pengelolaan dan pengendalian yang tepat.

- *Kekhawatiran Adanya Persaingan Nutrisi dengan Tanaman Utama*

Muncul kekhawatiran mengenai kemungkinan persaingan dalam penyerapan unsur hara antara rumput odot dan tanaman utama (seperti jagung) yang ditanam secara berdekatan. Persaingan nutrisi ini, jika tidak dikelola dengan baik, berpotensi menurunkan hasil panen dan produktivitas dari tanaman pokok tersebut.

c. Tantangan Adopsi SUT Konservasi Jagung

Tantangan utama dalam meningkatkan adoptabilitas SUT konservasi jagung di lahan miring, baik melalui teknik guludan, metode tanam kontur, maupun penggunaan rumput odot sebagai penguat teras, adalah meningkatkan minat dan partisipasi petani dalam penerapan metode ini. Meskipun metode ini memiliki potensi besar dalam mencegah erosi, meningkatkan kesuburan tanah, dan mendukung produktivitas lahan secara berkelanjutan, sebagian petani menunjukkan minat yang cukup baik terhadap guludan dan penggunaan rumput odot, namun beberapa juga masih enggan mencoba sistem kontur. Hambatan tersebut seringkali terkait dengan kekhawatiran akan tambahan biaya atau tenaga, serta masih minimnya bukti nyata keberhasilan jangka panjang yang dapat mereka

amati langsung. Oleh karena itu, pendekatan yang strategis dan inklusif diperlukan untuk mengatasi tantangan ini, melalui pendampingan teknis yang mencakup pelatihan jangka panjang, demonstrasi yang lebih luas dan kompleks, hingga penyediaan alat dan bahan yang diperlukan untuk implementasi metode konservasi utamanya di awal-awal adopsi. Dengan bimbingan praktis dan kontinyu, petani akan lebih percaya diri dalam mengadopsi teknologi baru.

d. Skenario Penerapan SUT Konservasi

Penelitian ini salah satunya akan digunakan dalam penyusunan kebijakan terkait pertanian jagung di Provinsi Gorontalo. Dalam upaya merumuskan kebijakan yang tepat guna, penelitian ini tidak hanya menganalisis kondisi lapangan tetapi juga secara aktif menggali persepsi dan masukan dari para pemangku kepentingan langsung. Hal ini diwujudkan melalui FGD, di mana para peserta dilibatkan untuk memberikan tanggapan terhadap pertanyaan-pertanyaan kunci yang berkaitan dengan potensi adopsi SUT konservasi. Masukan dari FGD ini menjadi landasan yang krusial untuk memetakan skenario kebijakan yang realistis, dapat diterima, dan berpotensi tinggi untuk diimplementasikan secara berkelanjutan oleh pemerintah daerah di masa mendatang.

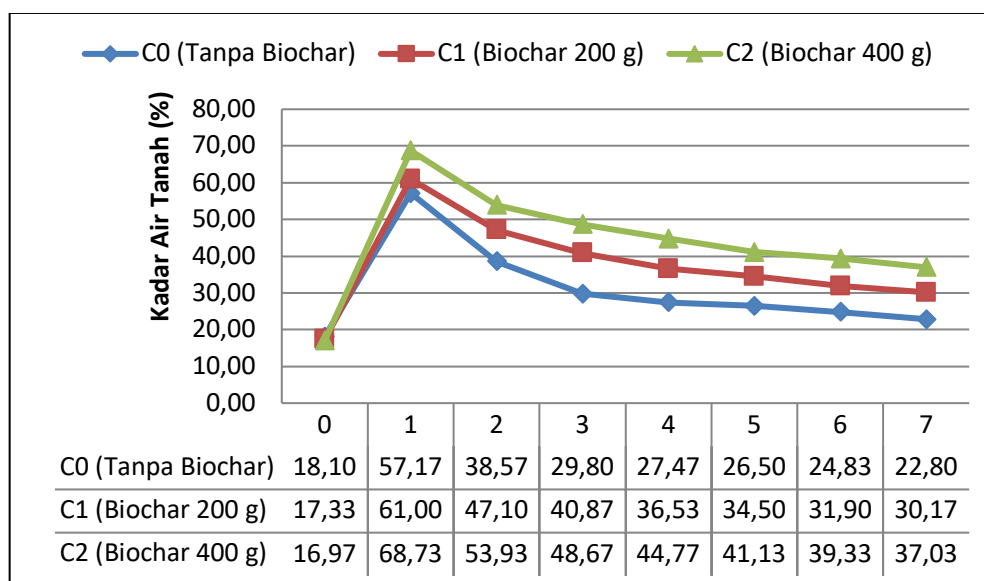
Berdasarkan sintesis dari diskusi tersebut, teridentifikasi bahwa salah satu strategi kunci untuk mendorong adopsi praktik konservasi adalah melalui pemberian insentif yang tepat sasaran. Skema yang dianggap paling feasible oleh petani adalah berupa subsidi atau bantuan benih jagung, yang diutamakan bagi petani yang telah menunjukkan kesiapan untuk mengimplementasikan dua komponen inti metode konservasi, yaitu pembuatan guludan dan penanaman tanaman penguat guludan. Pendekatan ini dinilai strategis karena bersifat timbal balik; bantuan pemerintah tidak diberikan secara cuma-cuma, tetapi dikaitkan dengan komitmen aktif petani untuk membangun infrastruktur konservasi di lahannya. Dengan mengurangi beban biaya awal sekaligus memastikan partisipasi, mekanisme insentif semacam ini diharapkan dapat menjadi katalis untuk meningkatkan tingkat adopsi dan keberlanjutan dari SUT konservasi, sehingga intervensi pemerintah membuahkan hasil yang nyata.

Lebih lanjut, pembahasan mengenai teknis implementasi juga menghasilkan rekomendasi inovatif dalam pemilihan jenis tanaman. Untuk mengoptimalkan fungsi guludan sekaligus meningkatkan manfaat ekonomi bagi petani, penelitian ini merekomendasikan penggunaan tanaman penguat alternatif seperti lamtoro dan gamal. Pemilihan kedua spesies ini didasarkan pada prinsip integrasi dan keberlanjutan. Di satu sisi, sistem perakaran yang kuat dari lamtoro dan gamal sangat efektif untuk menstabilkan struktur guludan, mencegah erosi, dan memperbaiki kesuburan tanah. Di sisi lain, kedua tanaman ini berpotensi besar sebagai sumber pakan ternak berkualitas, sehingga membuka peluang bagi petani untuk mengintegrasikan usaha ternak ke dalam sistem usahatinya, yang pada akhirnya menciptakan sumber pendapatan tambahan. Keunggulan lainnya adalah karakteristik kanopi yang tidak terlalu menaungi, sehingga tidak mengganggu proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman jagung sebagai komoditas utama. Dengan demikian, rekomendasi ini menawarkan sebuah model yang tidak hanya menyelesaikan persoalan konservasi lahan tetapi juga membangun sistem agroforestri yang produktif, resilien, dan selaras dengan kepentingan ekonomi petani.

4.2 Karakteristik Sifat Fisik dan Kimia Tanah Terhadap Aplikasi Biochar

a. Kadar Air Tanah

Pengukuran kadar air tanah dilakukan selama tujuh hari untuk mengetahui tingkat retensi air tanah dengan aplikasi biochar. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa penambahan biochar memberikan perbedaan yang nyata terhadap kemampuan tanah dalam mempertahankan kelembapan. Pengukuran kadar air pada 1 hari setelah aplikasi diketahui bahwa ketiga perlakuan mengalami peningkatan kadar air yang signifikan akibat pemberian air awal. Namun, kadar air pada tanah tanpa biochar (C0) meningkat lebih rendah dibandingkan tanah yang diberi biochar, sedangkan perlakuan dengan 400 g biochar (C2) menunjukkan nilai kadar air tertinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa biochar meningkatkan kapasitas tanah dalam menyerap air sejak awal pengamatan (Gambar 1).



Gambar 1. Perbedaan Tingkat Kadar Air Tanah Dengan Aplikasi Biochar

Hasil pengukuran mulai hari pertama hingga hari ketujuh setelah aplikasi menunjukkan terjadi penurunan kadar air pada ketiga perlakuan, tetapi laju penurunannya berbeda secara signifikan. Tanah tanpa biochar mengalami penurunan kadar air paling cepat, dari 57.17% menjadi 22.80%. Sebaliknya, tanah dengan biochar 200 g (C1) dan 400 g (C2) mengalami penurunan yang lebih lambat, dengan kadar air hari ke-7 masing-masing 30.17% dan 37.03%. Perbedaan tersebut mengindikasikan peran biochar sebagai bahan berpori yang mampu menyimpan air pada struktur mikronya dan melepaskannya secara bertahap sehingga kelembapan bertahan lebih lama.

Secara fisik, biochar meningkatkan porositas total dan luas permukaan tanah, sehingga air yang masuk dapat tersimpan dalam pori-pori biochar serta di antara agregat tanah yang lebih stabil. Mekanisme ini mengurangi kehilangan air melalui evaporasi dan perkolasi. Biochar juga memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan agregasi, sehingga ruang pori tanah lebih seimbang antara pori makro dan mikro. Akibatnya, tanah yang diberi biochar tidak hanya menyerap air lebih banyak, tetapi juga menahannya lebih efektif selama periode pengeringan.

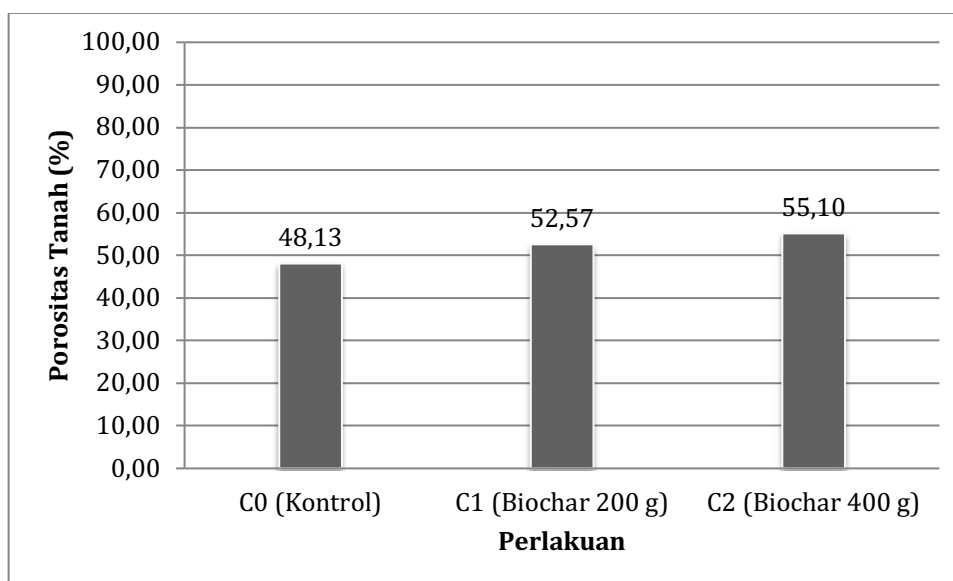
Perbedaan antar perlakuan memperlihatkan hubungan linear antara peningkatan dosis biochar dan retensi air tanah. Perlakuan C2, dengan dosis biochar tertinggi, mempertahankan kelembapan paling baik sepanjang waktu

pengamatan. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi jumlah biochar yang diberikan, semakin besar kemampuan tanah untuk menyimpan air dan mempertahankan kelembapan dalam jangka waktu lebih panjang. Mekanisme retensi air ini penting terutama pada kondisi tanah berpasir atau daerah dengan ketersediaan air terbatas.

Secara keseluruhan, hasil pengukuran kadar air tanah diketahui bahwa biochar mempunyai dampak nyata dalam meningkatkan kapasitas tanah menahan air serta memperlambat kehilangan kelembapan. Dengan demikian, aplikasi biochar tidak hanya bermanfaat bagi konservasi air dalam sistem usahatani konservasi, tetapi juga dapat membantu tanaman jagung menghindari cekaman kekeringan, terutama pada periode tanpa hujan. Temuan ini menegaskan bahwa biochar merupakan bahan ameliorant/ pembenah tanah yang efektif untuk memperbaiki kualitas fisik tanah dan meningkatkan efisiensi penggunaan air dalam pertanian.

b. Porositas Tanah

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa penambahan biochar berpengaruh nyata terhadap peningkatan porositas total tanah. Tanah tanpa biochar (C0) menunjukkan tingkat porositas sebesar 48.13%. Selanjutnya diketahui bahwa aplikasi biochar sebanyak 200 g (C1) terdapat peningkatan tingkat porositas menjadi 52.57%. Peningkatan lebih tinggi ditunjukkan pada aplikasi 400 g biochar (C2), dengan nilai porositas sebesar 55.10%. Pola kenaikan ini menunjukkan bahwa semakin besar dosis biochar yang diberikan, semakin besar pula peningkatan porositas tanah yang terjadi.



Gambar 2. Perbedaan Tingkat Porositas Tanah Dengan Aplikasi Biochar

Peningkatan tingkat porositas ini disebabkan oleh sifat fisik biochar yang memiliki struktur berpori, berongga, dan memiliki luas permukaan yang sangat besar. Aplikasi biochar yang dicampurkan ke dalam tanah dapat berfungsi sebagai tambahan ruang pori yang meningkatkan volume pori total tanah. Biochar juga membantu memperbaiki agregasi tanah, dimana partikel tanah membentuk struktur yang lebih stabil dan memiliki ruang antar partikel lebih besar. Akibatnya, tanah menjadi lebih gembur dan memiliki kemampuan lebih baik untuk menyimpan dan mengalirkan air serta udara.

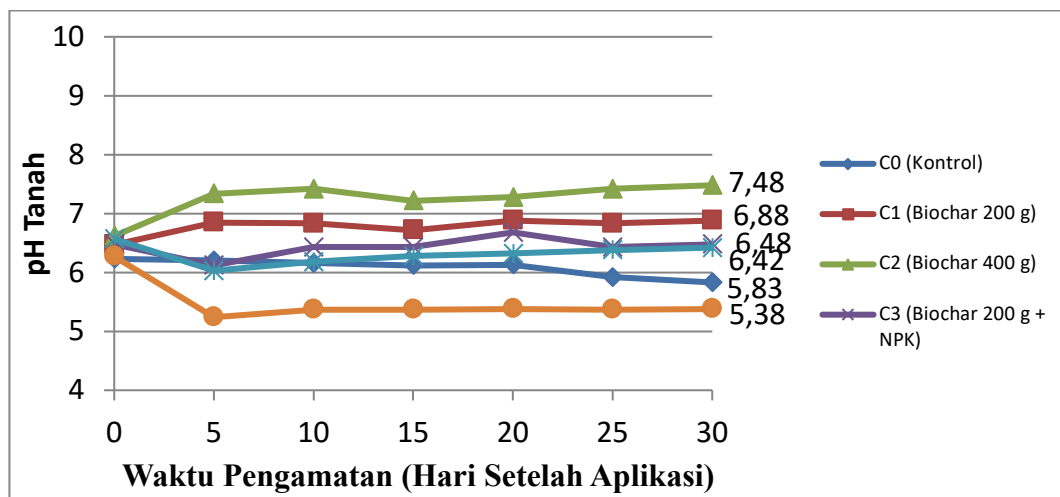
Aplikasi biochar juga berkaitan dengan penurunan bulk density atau kepadatan tanah. Dengan menambahkan biochar yang memiliki densitas lebih rendah dibandingkan mineral tanah, massa jenis tanah menurun sehingga volume pori meningkat. Kondisi tersebut memberikan dampak positif terhadap sistem perakaran tanaman yang lebih mudah menembus tanah, mendapatkan oksigen, dan menyerap air. Porositas yang lebih tinggi juga membantu meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang dipengaruhi aktivitasnya oleh ketersediaan oksigen dan kecukupan kelembapan tanah.

Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa aplikasi biochar mampu meningkatkan porositas tanah dan juga berpotensi memperbaiki kualitas fisik tanah secara berkelanjutan. Semakin tinggi dosis biochar yang diberikan, semakin

besar perbaikan yang terjadi, menunjukkan hubungan yang konsisten dan linear antara jumlah biochar dan peningkatan porositas. Temuan ini menunjukkan bahwa biochar merupakan bahan amelioran yang efektif untuk memperbaiki struktur tanah, meningkatkan aerasi, dan mendukung pertumbuhan tanaman dalam jangka panjang.

c. pH Tanah

Hasil pengukuran pH tanah selama 30 hari setelah aplikasi menunjukkan bahwa biochar memberikan pengaruh terhadap peningkatan pH tanah dibandingkan kontrol. Pada perlakuan tanpa biochar (C0), pH tanah cenderung stabil di kisaran 6.00–6.18, yang mencerminkan kondisi tanah agak masam. Aplikasi biochar 200 g (C1) dan biochar 400 g (C2) menunjukkan nilai pH yang lebih tinggi, masing-masing berada pada kisaran 6.7–6.9 dan 7.2–7.48 (Gambar 3). Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa biochar memiliki sifat alkalin atau basa yang dapat menetralkan keasaman tanah. Struktur biochar yang kaya akan mineral karbonat, kalium, kalsium, dan magnesium berperan dalam meningkatkan ketersediaan ion basa sehingga terjadi peningkatan pH tanah secara bertahap.



Gambar 3. Perubahan Nilai pH Tanah Dengan Aplikasi Biochar

Perlakuan kombinasi biochar dan pupuk NPK (C3 dan C4) menunjukkan pola pH yang berada di antara perlakuan biochar tunggal dan kontrol. Hal ini menunjukkan adanya interaksi antara biochar dan NPK, di mana NPK cenderung menurunkan pH karena mengandung unsur nitrogen yang dapat menghasilkan ion hidrogen selama proses nitrifikasi. Namun, keberadaan biochar menyeimbangkan

efek pengasaman tersebut sehingga pH tanah tetap berada pada kisaran netral. Pada C3, pH berada di kisaran 6.1–6.83, sedangkan C4 berada di kisaran 5.92–6.83, menunjukkan bahwa biochar tetap berperan dalam menjaga kestabilan pH meskipun diberi pupuk kimia.

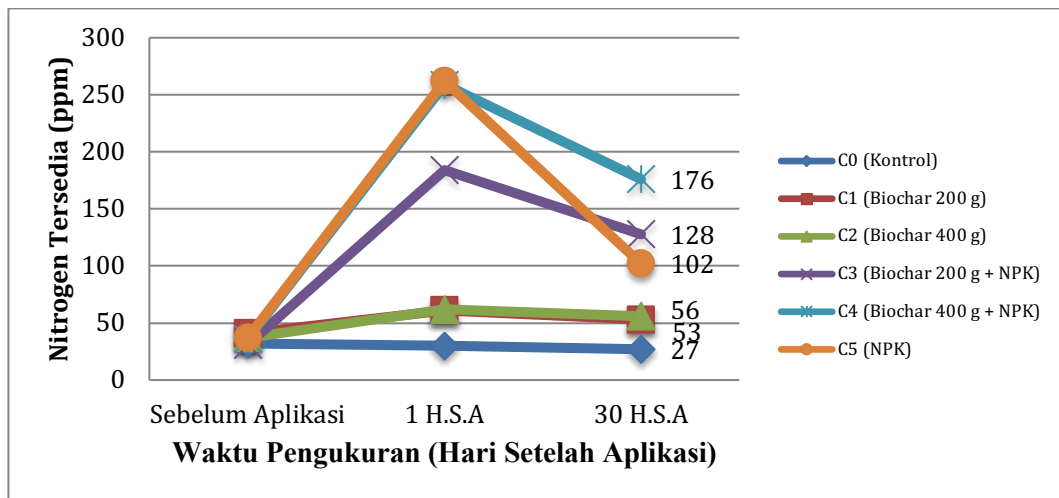
Berikutnya perlakuan pupuk NPK tanpa biochar (C5) menunjukkan nilai pH paling rendah, yaitu pada kisaran 5.24–5.38. Hal ini terjadi karena unsur nitrogen dalam pupuk NPK melepaskan ion H^+ selama proses nitrifikasi, yang pada akhirnya meningkatkan keasaman tanah. Tanpa adanya bahan penyangga seperti biochar, tanah menjadi lebih rentan terhadap penurunan pH. Pola yang terbentuk menunjukkan bahwa biochar dapat memberikan efek pengapuran (*liming effect*) yang dapat menetralkan efek pengasaman dari pupuk kimia.

Secara umum hasil uji menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis biochar, semakin besar kemampuannya menstabilkan dan meningkatkan pH tanah. Biochar 400 g (C2) adalah perlakuan paling efektif untuk menunjukkan pH netral hingga sedikit basa, yang umumnya menguntungkan bagi sebagian besar tanaman. Biochar bukan hanya berfungsi sebagai amelioran fisik, tetapi juga sebagai penyeimbang kimia tanah yang membantu menciptakan kondisi pH optimal untuk penyerapan unsur hara dan aktivitas mikroorganisme tanah. Temuan ini menegaskan peran penting biochar dalam pengelolaan tanah jangka panjang, terutama pada tanah-tanah pada daerah lahan dengan kemiringan yang tidak dilakukan pengolahan tanah dan selalu diberikan pupuk kimia intensif.

d. Sifat Kimia Tanah

Hasil pengukuran kadar nitrogen tanah menunjukkan bahwa perlakuan dengan biochar dan NPK memberikan pengaruh yang sangat berbeda terhadap dinamika nitrogen tersedia dalam tanah. Sebelum aplikasi, semua perlakuan memiliki kadar nitrogen yang relatif rendah dan hampir seragam, berada pada kisaran 30 hingga 40 ppm. Nilai tersebut menunjukkan kondisi awal tanah yang memiliki ketersediaan nitrogen terbatas. Pengukuran kadar nitrogen dilakukan 1 hari setelah aplikasi dan diketahui terjadi peningkatan kadar nitrogen yang bervariasi pada keenam perlakuan, dengan peningkatan tertinggi ditunjukkan oleh

perlakuan pupuk NPK tanpa biochar (C5) dan perlakuan kombinasi biochar 400 g + NPK (C4) (Gambar 4).



Gambar 4. Kadar Nitrogen Tanah Dengan Berbagai Aplikasi Biochar

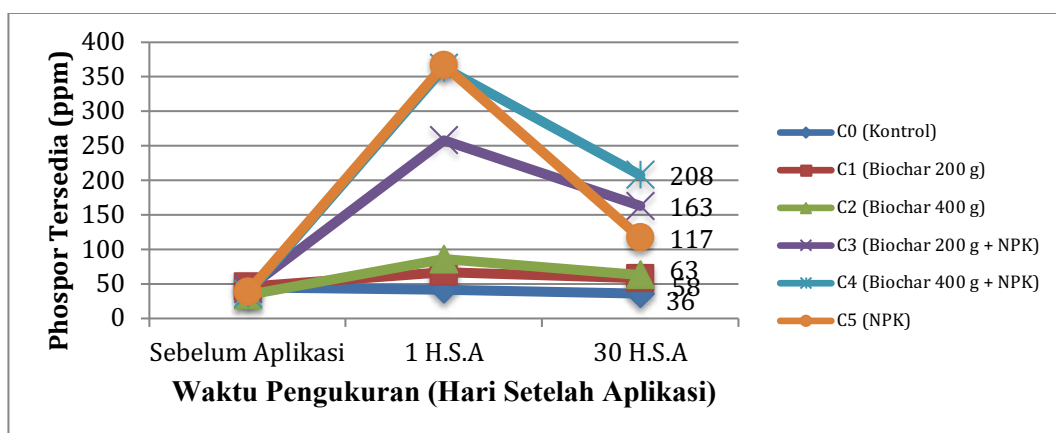
Pengukuran 1 HSA menunjukkan perlakuan C5 (NPK) menunjukkan nilai tertinggi mencapai 262 ppm akibat pelepasan nitrogen cepat dari pupuk kimia, yang umumnya tersedia dalam bentuk nitrat dan amonium yang mudah larut. Perlakuan C4 (biochar 400 g + NPK) juga menunjukkan kadar nitrogen yang sangat tinggi, mencapai sekitar 259 ppm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa biochar dapat meningkatkan efisiensi pupuk NPK, diduga melalui mekanisme adsorpsi yang menahan nitrogen dalam pori-pori biochar dan mengurangi kehilangan nitrogen melalui pencucian (*leaching*). Perlakuan C3 (biochar 200 g + NPK) juga mengalami peningkatan ketersediaan N dalam tanah sebesar 184 ppm, namun lebih rendah dibanding C4. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis biochar, semakin efektif biochar tersebut dalam menahan dan melepaskan nitrogen secara bertahap.

Pada 30 hari setelah aplikasi, terjadi penurunan kadar nitrogen pada semua perlakuan, namun penurunan ini tidak berlangsung seragam. Aplikasi pupuk NPK (C5) menunjukkan penurunan tertinggi hingga sekitar 102 ppm, mengindikasikan hilangnya nitrogen melalui proses pencucian, denitrifikasi dan penguapan. Sebaliknya, perlakuan dengan kombinasi biochar dan NPK, khususnya C4, masih menunjukkan kadar nitrogen yang tinggi yaitu 176 ppm. Diduga bahwa biochar berfungsi sebagai penyangga atau penyimpan nitrogen (*Nutrient Retention Agent*),

sehingga mampu meminimalisir kehilangan nitrogen. Perlakuan biochar tanpa NPK (C1 dan C2) menunjukkan peningkatan kecil pada 1 HSA dan cenderung stabil hingga 30 HSA, menunjukkan bahwa biochar sendiri mengandung nitrogen dalam jumlah rendah, tetapi dapat meningkatkan retensi dan ketersediaannya dalam tanah.

Secara keseluruhan, grafik ini menunjukkan bahwa pupuk NPK menyalurkan nitrogen secara cepat sehingga tersedia dalam jumlah besar dalam tanah, tetapi biochar berperan penting dalam mempertahankannya lebih lama dalam tanah. Biochar, terutama pada dosis 400 g, memiliki kemampuan untuk mengikat nitrogen, mengurangi kehilangan akibat pencucian, dan menyediakan nutrisi secara bertahap. Kombinasi biochar dan NPK terbukti paling efektif untuk meningkatkan dan mempertahankan ketersediaan nitrogen dibanding perlakuan lainnya. Temuan ini mendukung penggunaan biochar sebagai bahan amelioran untuk meningkatkan efisiensi pemupukan nitrogen dan sangat potensial untuk sistem usahatani konservasi jagung.

Gambar 5 menunjukkan pengukuran kadar fosfor sebelum dan setelah aplikasi berbagai perlakuan. Hasil pengukuran pada tanah menunjukkan bahwa sebelum aplikasi seluruh perlakuan memiliki kadar fosfor rendah yaitu pada rentang 38–50 ppm. Hasil pengukuran 1 hari setelah aplikasi perlakuan menunjukkan peningkatan kadar fosfor pada semua perlakuan, dan diketahui peningkatan terbesar terdapat pada perlakuan pupuk NPK saja (C5) dan kombinasi biochar dengan NPK, khususnya biochar 400 g + NPK (C4). Lonjakan kadar fosfor pada C5 mencapai lebih dari 360 ppm, menunjukkan bahwa pupuk NPK merupakan sumber fosfor cepat tersedia yang langsung terlarut dalam tanah. Perlakuan C4 menunjukkan kadar fosfor sebesar sekitar 310 ppm, sedangkan C3 (biochar 200 g + NPK) meningkat hingga sekitar 260 ppm. Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi NPK dengan biochar dapat meningkatkan ketersediaan fosfor secara signifikan dibandingkan menggunakan biochar saja.



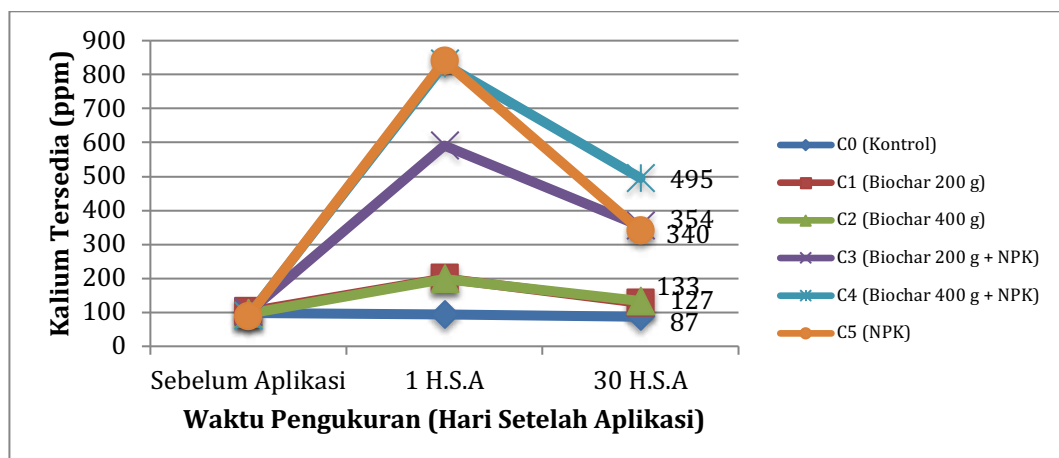
Gambar 5. Kadar Fosfor Tanah Dengan Berbagai Aplikasi Biochar

Pada perlakuan biochar tunggal (C1 dan C2) terdapat peningkatan fosfor setelah aplikasi biochar meskipun tidak sebesar perlakuan dengan NPK. C1 hanya mencapai sekitar 67 ppm, dan C2 mencapai sekitar 86 ppm pada 1 HSA. Meskipun demikian, peningkatan ini menunjukkan bahwa biochar tetap memiliki kemampuan untuk meningkatkan ketersediaan fosfor, kemungkinan melalui mekanisme peningkatan pH tanah dan pengurangan fiksasi fosfat oleh ion Fe^{3+} dan Al^{3+} pada tanah masam. Dengan meningkatnya pH, fosfor menjadi lebih tersedia bagi tanaman karena berkurangnya pembentukan kompleks fosfat yang tidak larut.

Selanjutnya pada pengukuran 30 HSA diketahui kadar fosfor pada semua perlakuan mengalami penurunan, namun laju penurunan berbeda di setiap perlakuan. Perlakuan pupuk NPK tunggal (C5) menunjukkan penurunan ketersediaan fosfor pada pengukuran 30 HSA dengan hasil sebesar 117 ppm. Hal tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar fosfor cepat tersedia telah mengalami pencucian, atau terfiksasi kembali di dalam tanah. Sebaliknya, kombinasi biochar dan NPK, terutama C4, masih menunjukkan ketersediaan kadar fosfor tinggi sebesar 208 ppm, diikuti oleh C3 dengan nilai 163 ppm. Hal ini menguatkan bahwa biochar berperan sebagai penyimpan hara (*nutrient retention agent*), mengurangi kehilangan fosfor melalui fiksasi dan pencucian. Biochar menyediakan situs adsorpsi yang dapat mengikat fosfor secara lemah, kemudian melepaskannya kembali secara bertahap.

Berdasarkan data diketahui bahwa biochar tidak hanya meningkatkan ketersediaan fosfor ketika diaplikasikan bersama NPK, tetapi juga mempertahankannya dalam jangka waktu lebih lama dibandingkan perlakuan tanpa biochar. Dosis biochar yang lebih tinggi, seperti pada perlakuan C4, terbukti lebih efektif dalam menahan fosfor dan mengurangi kehilangan hara dari tanah. Temuan ini memperjelas potensi biochar sebagai amelioran yang meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk fosfat, memperbaiki pH tanah, serta menjaga ketersediaan fosfor yang esensial bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Hasil pengukuran kadar kalium tanah menunjukkan perbedaan respons antar perlakuan biochar dan NPK. Sebelum aplikasi, seluruh perlakuan memiliki kadar kalium relatif rendah, berkisar antara 80–100 ppm, yang menunjukkan kondisi awal tanah dengan ketersediaan kalium sesuai hasil pengukuran. Berikutnya pengukuran 1 hari setelah aplikasi (HSA), terdapat peningkatan kadar kalium pada semua perlakuan, namun peningkatan paling tinggi terdapat pada perlakuan pupuk NPK tanpa biochar (C5) dan kombinasi biochar 400 g + NPK (C4). Perlakuan C5 menunjukkan peningkatan kadar kalium tertinggi sebesar 840 ppm, sedangkan C4 mencapai sekitar 831 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa pupuk NPK mengandung kalium dalam jumlah besar dan langsung tersedia setelah diaplikasikan, serta biochar berperan dalam meningkatkan efisiensi penyerapan dan retensi kalium di tanah ketika digunakan bersama NPK (Gambar 6).



Gambar 6. Kadar Kalium Tanah Dengan Berbagai Aplikasi Biochar

Pada perlakuan kombinasi biochar 200 g + NPK (C3), kadar kalium meningkat hingga sekitar 591 ppm pada 1 HSA, menunjukkan bahwa jumlah

biochar yang lebih tinggi (C4) memberikan kemampuan retensi yang lebih besar. Biochar memiliki struktur berpori dan muatan permukaan yang mampu mengikat ion K^+ , sehingga mengurangi kehilangan kalium melalui pencucian (*leaching*). Selanjutnya perlakuan biochar tunggal (C1 dan C2) menunjukkan peningkatan kadar kalium lebih rendah yaitu sekitar 198–200 ppm, tetapi tetap lebih tinggi dibandingkan kontrol (C0) yang berada pada sekitar 100 ppm. Peningkatan ini menunjukkan bahwa biochar mengandung kalium alami dari bahan dasarnya dan dapat melepaskannya secara perlahan ke tanah.

Pengukuran selanjutnya dilakukan pada 30 hari setelah aplikasi (HSA) yang secara umum menunjukkan penurunan kadar kalium yang bervariasi. Perlakuan NPK tanpa biochar (C5) mengalami penurunan tertinggi menjadi 340 ppm dari sebelumnya 840 ppm, mengindikasikan kehilangan kalium yang signifikan akibat pencucian atau fiksasi tanah. Sebaliknya perlakuan C4 (biochar 400 g + NPK) relatif menunjukkan kadar kalium tinggi yaitu sebesar 495 ppm, yang menandakan efektivitas biochar dalam mempertahankan kalium dalam tanah. Biochar berfungsi sebagai penyangga hara (*nutrient buffer*) yang mengikat kalium dan mengurangi mobilitasnya sehingga tersedia lebih lama bagi tanaman. Perlakuan C3 juga relatif stabil dengan nilai sekitar 340 ppm, lebih tinggi daripada C5 pada waktu yang sama.

Secara umum data hasil pengukuran menunjukkan bahwa biochar dapat meningkatkan ketersediaan kalium ketika digunakan bersama pupuk NPK, tetapi juga berperan dalam mempertahankan kalium dalam jangka panjang. Aplikasi biochar dengan jumlah yang lebih banyak, seperti pada perlakuan C4, menghasilkan efek retensi yang lebih besar, membantu menekan pencucian kalium dan memastikan ketersediaannya hingga pada pengamatan 30 hari setelah aplikasi. Hasil ini memperkuat peran penting biochar sebagai pembenah tanah yang memperbaiki kapasitas tukar kation (KTK), meningkatkan efisiensi pupuk kalium, dan mendorong keberlanjutan nutrisi di tanah untuk mendukung sistem usahatani konservasi.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Sistem Usaha Tani (SUT) konservasi berbasis teras guludan dan rumput odot sebagai tanaman penguat teras berpotensi besar untuk diadopsi dan dikembangkan lebih lanjut. Potensi ini tidak hanya dilihat dari aspek teknis pertanian, tetapi juga dari penerimaan sosial di tingkat petani. Implementasi yang memadukan konservasi melalui teras guludan dengan integrasi ternak menggunakan rumput odot dan potensi tanaman penguat guludan lainnya mendapatkan respons yang cukup positif dari petani jagung. Hal ini terutama didorong oleh manfaat ganda yang dirasakan, di mana selain berfungsi untuk mencegah erosi dan mempertahankan kelembaban tanah, guludan yang ditanami rumput odot juga menjadi sumber pakan bagi ternak. Integrasi ini menciptakan siklus yang saling menguntungkan. Dengan demikian, SUT ini tidak hanya berpotensi untuk menjawab persoalan degradasi lahan tetapi juga meningkatkan pendapatan rumah tangga petani jagung di Provinsi Gorontalo melalui diversifikasi usaha dari peternakan, sehingga mendukung terwujudnya sistem pertanian yang lebih berkelanjutan.

Aplikasi biochar memberikan pengaruh signifikan dalam memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, ditunjukkan oleh peningkatan retensi air, porositas, serta stabilitas pH yang lebih baik dibandingkan tanah tanpa biochar. Biochar meningkatkan kemampuan tanah menahan air dan porositas tanah. Biochar mampu menaikkan pH tanah menuju kisaran netral serta meningkatkan ketersediaan nitrogen, fosfor, dan kalium, terutama kombinasi dengan pupuk NPK, karena biochar berfungsi sebagai penyimpan hara yang mengurangi kehilangan unsur melalui pencucian dan fiksasi, sehingga berpotensi untuk meningkatkan efisiensi pemupukan. Semakin tinggi dosis biochar yang diberikan, semakin besar perbaikan sifat fisik tanah, sehingga biochar menjadi pembenah tanah yang potensial dalam mendukung efisiensi pemupukan dan keberlanjutan sistem usahatani konservasi.

5.2 Rekomendasi

Berdasarkan analisis mendalam terhadap laporan penelitian "Kajian Potensi dan Dampak Sistem Usahatani Konservasi Jagung di Lahan Miring," berikut disusun rekomendasi strategis untuk Pemerintah Provinsi Gorontalo dan *stakeholder* lain yang membutuhkan.

1. *Scale-up Demplot SUT Konservasi*

Memperbanyak dan memperluas demplot percontohan di berbagai kelas kemiringan lahan dan kabupaten. Hal ini penting untuk memberikan bukti nyata (*observability*) kepada petani, mempercepat proses adopsi inovasi, dan menguji adaptasi teknologi di berbagai kondisi lapangan.

2. *Insentif Benih/Bibit bagi Petani Adopter*

Memberikan bantuan benih jagung unggul dan bibit tanaman penguat teras (seperti rumput odot, nenas, gamal, lamtoro dsb) secara selektif kepada petani yang telah berkomitmen menerapkan komponen konservasi (guludan, penanaman penguat teras). Skema ini bersifat timbal balik untuk mengurangi beban biaya awal sekaligus memastikan partisipasi aktif.

3. *Pengembangan Pemanfaatan Biochar dari Limbah Tongkol Jagung*

Mendorong program produksi dan aplikasi biochar skala petani melalui penyediaan alat pirolisis sederhana (seperti model Kon-Tiki), pelatihan teknis, dan pendampingan berkelanjutan. Hal tersebut merupakan solusi sirkular untuk mengatasi masalah limbah dan sekaligus memperbaiki kesuburan tanah.

4. *Integrasi SUT dalam Kurikulum Penyuluhan Pertanian*

Memasukkan materi teknis SUT konservasi, pembuatan biochar, dan integrasi tanaman-ternak ke dalam modul pelatihan wajib bagi penyuluh pertanian. Tujuannya adalah untuk membangun kapasitas para fasilitator lapangan agar dapat mendampingi petani secara efektif.

5. *Sertifikasi Mutu Bibit Penguat Teras*

Menjamin ketersediaan bibit rumput odot, lamtoro, dan gamal yang bermutu tinggi, bebas hama dan penyakit, melalui sistem sertifikasi. Ketersediaan

bibit unggul merupakan prasyarat penting untuk keberhasilan pembangunan infrastruktur konservasi yang permanen.

6. *Integrasi Tanaman–Ternak (Rumput Odot sebagai Pakan dan Penguat Teras)*

Secara aktif mempromosikan model integrasi ini sebagai inti dari SUT konservasi. Model ini memberikan nilai tambah ekonomi yang langsung terasa bagi petani (penghematan pakan, potensi pendapatan dari penjualan rumput) sehingga meningkatkan *relative advantage* dan mendorong adopsi.

7. *Penguatan Kelembagaan Ekonomi Petani Berbasis Kawasan*

Memfasilitasi pembentukan atau penguatan kelompok tani dan koperasi yang fokus pada pengelolaan SUT konservasi skala kawasan. Kelembagaan yang kuat dapat mengelola produksi biochar, pemasaran rumput odot, dan akses permodalan bersama, menciptakan peluang ekonomi yang lebih luas.

8. *Mitigasi Risiko SUT (Tikus, Kompetisi Nutrisi, Erosi Ekstrem)*

Mengembangkan dan mendiseminasikan paket teknis untuk mengantisipasi tantangan di lapangan, misalnya layout penanaman yang optimal, jarak tanam dsb, untuk mengurangi persaingan hara, teknik pengendalian hama tikus yang ramah lingkungan, dan desain guludan yang diperkuat untuk lereng yang sangat curam.

DAFTAR PUSTAKA

- Andini, A., Bonnet, S., Rousset, P., & Hasanudin, U. (2018). Impact of open burning of crop residues on air pollution and climate change in Indonesia. *Current Science*, 115(12), 2259–2266. <https://doi.org/10.18520/cs/v115/i12/2259-2266>
- Astriana, N., Suryanti, S., & Marpaung, H. P. (2022). Pengaruh pemberian biochar tongkol jagung dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.). *Jurnal Agroekoteknologi*, 14(2), 200-210.
- Asra Dely, R., Syamsu, J. A., & Fauziah, F. (2024). Aplikasi biochar dan pupuk NPK untuk meningkatkan ketersediaan hara dan serapan nitrogen pada tanah ultisol. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 26(1), 45-55.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Gorontalo. (2025). *Produksi Tanaman Jagung Provinsi Gorontalo 2024*. BPS Provinsi Gorontalo.
- Esa Perdana, R., Suryanto, S., & Jamil, M. (2019). *Komunikasi massa: Teori dan aplikasi*. PT RajaGrafindo Persada.
- Grudens-Schuck, N., Allen, B. L., & Larson, K. (2014). *Methodology brief: Focus group fundamentals*. Extension Community and Economic Development Publications.
- Nabila, R., Nurmalina, R., & Purwati, H. (2022). Analisis daya saing industri jagung pipilan Indonesia di pasar internasional. *Jurnal Manajemen & Agribisnis*, 19(1), 112-125.
- Nurida, N. L. (2014). *Teknologi pembuatan biochar sederhana*. Balai Penelitian Tanah.
- Nurida, N. L. (2019). Biochar based soil amendment formulation for improvement upland acidic soil in East Lampung: Soil properties and maize (*Zea mays*) yield. *Journal of Tropical Soils*, 24(1), 33-41. <https://doi.org/10.5400/jts.2019.v24i1.33-41>
- Palolo, V. V., & Sigi, G. (2024). *Dinamika penyuluhan dan adopsi inovasi pertanian*. Penerbit Kreatif Nusantara.
- Prancevic, J. P., Lamb, M. P., McArdeall, B. W., Rickli, C., & Kirchner, J. W. (2020). Decreasing landslide erosion on steeper slopes in soil-mantled landscapes. *Geophysical Research Letters*, 47(10), e2020GL087505. <https://doi.org/10.1029/2020GL087505>
- Pratiwi, D., Syakur, S., & Darusman, D. (2021). Karakteristik biochar pada beberapa metode pembuatan dan bahan baku. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(3), 210-216.
- Rahmatiyah, S. (2025). *Panduan praktis budidaya jagung tinggi*. Penerbit Tani Mandiri.
- Robertson, G. P. (2015). A sustainable agriculture? *Daedalus*, 144(4), 76–89. https://doi.org/10.1162/DAED_a_00355
- Rochaeni, S., Suryadi, E., & Mulyani, O. (2023). Produktivitas dan kualitas nutrisi rumput odot (*Pennisetum purpureum* cv. Mott) pada berbagai interval pemotongan. *Jurnal Peternakan Integratif*, 11(2), 88-99.
- Rogers, E. M. (2013). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.

- Sirajuddin, Z., & Hasan, F. (2024). *Kajian ekologis dan ekonomis pemanfaatan berbagai jenis teras untuk pertumbuhan dan produksi jagung hibrida*. Laporan Penelitian. Universitas Negeri Gorontalo.
- Suhana, S., Rauf, A., Sirajuddin, Z., Agribisnis, J., & Pertanian, F. (2023). Adopsi Good Agricultural Practices (GAP) jagung hibrida untuk meningkatkan produktivitas jagung oleh petani. *Ziraa'ah*, 48(1), 101–114.
- Sun, J., Lu, P., Cao, Y., Zhang, N., Wu, F., & Li, P. (2022). Effects of different crop root systems on soil detachment by concentrated flow on the Loess Plateau in China. *Water*, 14(5), 772. <https://doi.org/10.3390/w14050772>
- Usman, M., & Hapsari, D. (2020). *Jagung: Sumber pangan dan kesehatan*. Penerbit Andi.
- Zimmer, H. C., le Thi, H., Lo, D., Baynes, J., & Nichols, J. D. (2018). Why do farmers still grow corn on steep slopes in northwest Vietnam? *Agroforestry Systems*, 92(6), 1721–1735. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0121-6>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Jadwal Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Agustus				September				Oktober				November			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Presentasi Rencana penelitian																
2	Pengumpulan Data Primer dan Sekunder																
3	FGD																
4	Pengolahan Data																
5	Analisis Data																
6	Penyusunan Laporan Akhir																
7	Presentasi Seminar Akhir																

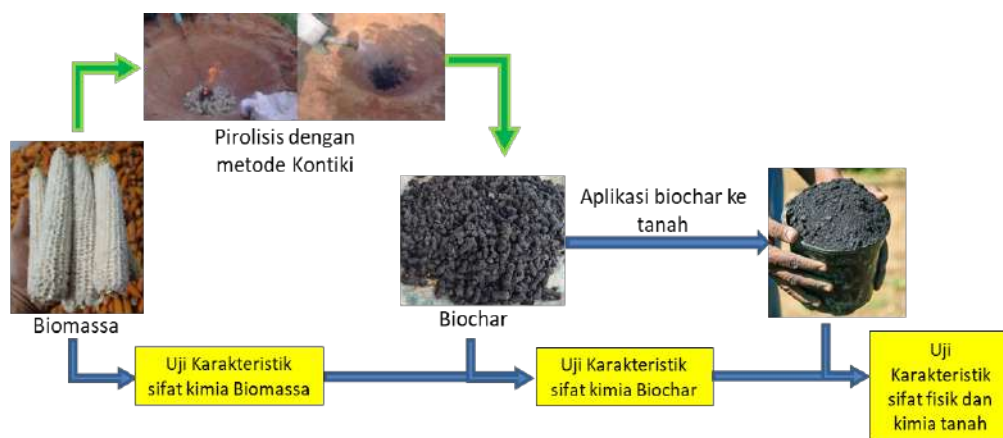
Lampiran 2. Metode Pelaksanaan Riset Analisis karakteristik biochar limbah tongkol jagung terhadap sifat fisik dan kimia tanah.

A. Tujuan :

1. Analisis karakteristik sifat fisik dan kimia tanah dengan aplikasi biochar limbah tongkol jagung.

B. Metode Pelaksanaan

Kegiatan riset dilakukan dengan tahapan pelaksanaan yang dijelaskan dalam diagram alir berikut:



Gambar 1. Diagram alir pelaksanaan riset biochar

Selanjutnya untuk pelaksanaan riset akan dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

1. **Pengumpulan Biomassa tongkol jagung.** Biomassa tongkol jagung sebanyak 100 kg diambil dari hasil panen petani jagung. Selanjutnya bahan baku dikeringanginkan dibawah sinar matahari selama 2 hari untuk menurunkan kadar air.
2. **Pembuatan wadah pirolisis.** Pembuatan biochar dilakukan dengan metode Kontiki dengan pertimbangan metode ini yang paling sederhana dan dapat diadopsi oleh petani (Pratiwi et al., 2021). Wadah pirolisis dibuat dengan menggali tanah dan membuat lubang berbentuk kerucut dengan kedalaman 75 cm dan diameter 150 cm.
3. **Proses Pirolisis.** Pembuatan biochar dengan metode Kon-tiki dilakukan yaitu dengan cara menyalakan api di bagian tengah lubang dengan

menggunakan bahan kayu dan sisa daun kering yang mudah terbakar. Pada proses menyalakan api di permukaan tanah, oksigen hanya akan sampai pada titik pembakaran.

Setelah api menyala selanjutnya masukkan tongkol sedikit demi sedikit kedalam kontiki yang sudah menyala. Selanjutnya jika api menyala dengan stabil, masukkan kembali tongkol jagung secara bertahap. Penambahan tongkol jagung dilakukan ketika yang dimasukkan sebelumnya telah terbakar seluruhnya. Pembakaran dilakukan hingga semua tongkol habis. Proses pembakaran telah selesai ditandai dengan munculnya abu putih dipermukaan bahan baku. Selanjutnya disiram dengan air. Biochar yang telah jadi selanjutnya di didinginkan dan disimpan ke dalam karung (Nurida, 2014).

4. **Aplikasi Biochar.** Pengujian karakteristik fisik dan kimia biochar akan dilakukan dengan perlakuan sebagai berikut :

C0 = Tanah 10 kg

C1 = Tanah 10 kg + Biochar 200 gram (Astria et al., 2022)

C2 = Tanah 10 kg + Biochar 400 gram

C3 = Tanah 10 kg + Biochar 200 gram + 20 gram NPK (Asra Dely et al., 2024)

C4 = Tanah 10 kg + Biochar 400 gram + 40 gram NPK

C5 = Tanah 10 kg + NPK 40 g

Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali kemudian masing-masing ditempatkan pada polibag. Selanjutnya diinkubasi selama 30 hari. Analisis sifat fisik dan kimia antara lain :

Sifat Fisik : Kadar Air Tanah (%), Porositas (%).

Sifat Kimia : Kadar Nitrogen tersedia, Kadar Ptersedia, Kadar Ktersedia, pH tanah.

Data yang diperoleh akan dianalisis secara deskriptif selanjutnya dibandingkan dengan uji t.

Lampiran 3.

Lampiran 3. Data Pengamatan Karakteristik Biochar

1. Perubahan pH Tanah Akibat Aplikasi Biochar

Perlakuan	Waktu Pengamatan (Hari Setelah Aplikasi)						
	0	5	10	15	20	25	30
C0 (Kontrol)	6.23	6.2	6.16	6.12	6.13	5.92	5.83
C1 (Biochar 200 g)	6.47	6.85	6.83	6.72	6.88	6.83	6.88
C2 (Biochar 400 g)	6.62	7.34	7.42	7.22	7.28	7.42	7.48
C3 (Biochar 200 g + NPK)	6.48	6.12	6.43	6.43	6.68	6.43	6.48
C4 (Biochar 400 g + NPK)	6.57	6.03	6.18	6.28	6.32	6.38	6.42
C5 (NPK)	6.27	5.24	5.37	5.37	5.38	5.37	5.38

2. Perubahan Kadar Air Tanah Akibat Aplikasi Biochar

Perlakuan	Ulangan	Hari Pengamatan Kadar Air Tanah (%)							
		0	1	2	3	4	5	6	7
C0 (Kontrol)	1	18.3	57.4	35.2	29.4	27.6	26.6	25.4	23.2
	2	17.2	49.6	34.3	27.2	25.5	25.2	22.3	20.7
	3	18.8	64.5	46.2	32.8	29.3	27.7	26.8	24.5
Rata-rata		18.10	57.17	38.57	29.80	27.47	26.50	24.83	22.80
C1 (Biochar 200 g)	1	17.3	62.4	48.4	43.7	38.2	37.3	34.7	32.8
	2	16.5	65.3	51.5	45.2	41.8	40.4	37.8	35.2
	3	18.2	55.3	41.4	33.7	29.6	25.8	23.2	22.5
Rata-rata		17.33	61.00	47.10	40.87	36.53	34.50	31.90	30.17
C2 (Biochar 400 g)	1	16.3	73.1	59.2	54	50.2	45.4	44.3	42.5
	2	17.2	69.3	55.3	49.4	45.8	43.2	41.5	38.2
	3	17.4	63.8	47.3	42.6	38.3	34.8	32.2	30.4
Rata-rata		16.97	68.73	53.93	48.67	44.77	41.13	39.33	37.03

3. Tingkat Porositas Tanah Dengan Aplikasi Biochar

Perlakuan	Ulangan	Porositas (%)	Rata-rata
C0 (Kontrol)	1	48.7	48.13
	2	46.3	
	3	49.4	
C1 (Biochar 200 g)	1	52.7	52.57
	2	53.4	
	3	51.6	
C2 (Biochar 400 g)	1	54.2	55.10
	2	53.6	
	3	57.5	

4. Kadar Nitrogen tersedia Tanah

Perlakuan	N Tersedia (ppm)		
	Sebelum Aplikasi	1 H.S.A	30 H.S.A
C0 (Kontrol)	32	30	27
C1 (Biochar 200 g)	41	61	53
C2 (Biochar 400 g)	37	62	56
C3 (Biochar 200 g + NPK)	31	184	128
C4 (Biochar 400 g + NPK)	36	259	176
C5 (NPK)	37	262	102

5. Kadar Fosfor Tersedia Tanah

Perlakuan	P Tersedia (ppm)		
	Sebelum Aplikasi	1 H.S.A	30 H.S.A
C0 (Kontrol)	45	42	36
C1 (Biochar 200 g)	46	67	58
C2 (Biochar 400 g)	34	86	63
C3 (Biochar 200 g + NPK)	43	258	163
C4 (Biochar 400 g + NPK)	36	363	208
C5 (NPK)	38	367	117

6. Kadar Kalium Tersedia Tanah

Perlakuan	K Tersedia (ppm)		
	Sebelum Aplikasi	1 H.S.A	30 H.S.A
C0 (Kontrol)	98	93	87
C1 (Biochar 200 g)	102	200	127
C2 (Biochar 400 g)	96	198	133
C3 (Biochar 200 g + NPK)	100	591	354
C4 (Biochar 400 g + NPK)	89	831	495
C5 (NPK)	88	840	340

Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian





