

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Biochar dan Mekanisme Kerjanya di Tanah

Dalam menghadapi tantangan besar berupa degradasi lahan dan perubahan iklim global, para ilmuwan dan praktisi pertanian tidak henti-hentinya mencari solusi yang inovatif sekaligus berkelanjutan. Salah satu teknologi yang mencuat dalam dekade terakhir adalah biochar. Meski terkesan sebagai penemuan modern, biochar sejatinya berakar pada praktik kuno masyarakat Amazon yang menciptakan Terra Preta atau tanah hitam yang sangat subur. Namun, dengan berkembangnya pemahaman ilmiah, konsep ini tidak lagi sekadar dianggap sebagai amandemen tanah sederhana. Biochar kini dipandang sebagai alat multifungsi yang mampu menunjang pertanian berkelanjutan sekaligus berperan penting dalam upaya penyerapan karbon (carbon sequestration).

Biochar adalah material kaya karbon hasil pirolisis biomassa pada kondisi terbatas oksigen, dengan karakter pori dan luas permukaan tinggi yang mampu memperbaiki sifat fisik–kimia–biologi tanah (Khan et al, 2024). Secara umum, biochar menurunkan kerapatan lindak, meningkatkan kapasitas menahan air, memperbaiki stabilitas agregat, serta meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), sehingga efisiensi pemupukan dan serapan hara tanaman meningkat. Peningkatan retensi N ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$), P, dan K serta perbaikan habitat mikroba tanah merupakan mekanisme kunci yang kerap dilaporkan, meski besarnya efek sangat dipengaruhi bahan baku dan kondisi pirolisis (Zhao et al, 2022)

Secara sederhana, biochar adalah material padat kaya karbon yang dihasilkan melalui proses pirolisis biomassa. Biomassa yang digunakan bisa berasal dari limbah pertanian seperti sekam padi, tongkol jagung, tempurung kelapa, kayu, hingga kotoran hewan. Proses pirolisis ini dilakukan dalam kondisi minim oksigen atau bahkan tanpa oksigen sama sekali (anaerobik) dengan suhu berkisar antara 350°C hingga 700°C (Lehmann & Joseph, 2015). Tidak seperti pembakaran biasa yang mengubah biomassa menjadi abu, pirolisis justru menghasilkan struktur karbon aromatik yang stabil, berpori, dan tahan lama. Inilah alasan mengapa

biochar mampu menyimpan karbon di dalam tanah selama ratusan bahkan ribuan tahun, sehingga turut membantu mitigasi perubahan iklim.

Keunikan biochar tidak terletak pada tingginya kandungan unsur hara makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium. Nilai utamanya justru berada pada kemampuannya dalam memodifikasi sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Mekanisme ini bekerja secara saling terkait dan menimbulkan efek berantai yang menguntungkan.

Dari sisi fisik, biochar berperan dalam memperbaiki struktur dan hidrologi tanah. Struktur pori yang dimilikinya—mulai dari makro hingga mikro—menjadikan tanah lebih gembur dan porous, sehingga pertukaran udara lebih baik dan akar tanaman dapat bernafas dengan optimal. Selain itu, biochar memiliki kemampuan menyerap dan menahan air hingga beberapa kali lipat dari massanya. Efek ini sangat membantu terutama pada tanah berpasir yang cepat kehilangan kelembaban atau pada lahan yang rawan kekeringan. Dengan demikian, tanaman dapat terhindar dari stres air dan kebutuhan irigasi dapat ditekan (Verheijen et al., 2019).

Dari sisi kimia, biochar juga memberikan kontribusi besar. Mayoritas biochar bersifat alkalin, sehingga ketika diaplikasikan ke tanah masam dapat meningkatkan pH tanah dan menciptakan kondisi yang lebih ramah bagi pertumbuhan tanaman maupun aktivitas mikroba. Selain itu, biochar meningkatkan kapasitas tukar kation (CEC), artinya mampu menahan unsur hara penting seperti kalium, kalsium, magnesium, dan amonium agar tidak mudah tercuci oleh air hujan. Bahkan, biochar memiliki kemampuan menjerap polutan tertentu, termasuk logam berat dan residu pestisida, sehingga menurunkan toksisitas yang berpotensi merugikan tanaman (Shackley et al., 2016).

Dari sisi biologi tanah, biochar berfungsi sebagai rumah baru bagi mikroorganisme. Struktur pori-porinya yang kompleks menyediakan tempat berlindung bagi bakteri dan fungi menguntungkan, melindungi mereka dari predator maupun perubahan lingkungan yang ekstrem. Selain itu, biochar juga menyisakan fraksi karbon yang lebih mudah terdegradasi, yang dapat menjadi sumber energi awal bagi mikroba setelah aplikasi. Menariknya, penelitian juga menunjukkan bahwa biochar dapat merangsang perkembangan fungi mikoriza

arbuskula (FMA), yakni mitra simbiosis penting bagi tanaman dalam memperluas jangkauan akar untuk penyerapan air dan hara, khususnya fosfor (Sohi & Loehr, 2022).

Ketiga mekanisme fisik, kimia, dan biologi tidak bekerja sendiri, melainkan saling melengkapi dalam sebuah lingkaran yang menguntungkan. Perbaikan aerasi dan peningkatan pH, misalnya, menciptakan habitat ideal bagi mikroba. Mikroba yang tumbuh subur pada gilirannya membantu proses dekomposisi bahan organik dan meningkatkan ketersediaan hara. Retensi air dan hara yang lebih baik juga meringankan beban tanaman dari stres lingkungan, sehingga energi fotosintesis dapat lebih banyak dialokasikan pada pertumbuhan dan interaksi dengan mikroba tanah.

Dari pemaparan tersebut dapat dipahami bahwa biochar bukanlah pupuk ajaib, melainkan sebuah pembenah tanah (soil conditioner) yang unik. Nilainya terletak pada kemampuannya memperbaiki kualitas tanah dari berbagai aspek secara simultan. Dengan tanah yang lebih sehat, penggunaan pupuk menjadi lebih efisien, tanaman lebih tahan terhadap kekeringan, dan karbon dapat disimpan lebih lama di dalam tanah.

Keberhasilan aplikasi biochar sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat biochar itu sendiri yang ditentukan oleh jenis bahan baku dan suhu pirolisis serta kondisi tanah tempat ia diterapkan. Oleh karena itu, tidak ada pendekatan tunggal yang cocok untuk semua lahan. Penelitian lebih lanjut serta uji lapangan di lokasi-lokasi spesifik masih diperlukan agar potensi luar biasa biochar dapat dimanfaatkan secara maksimal.

2.2. Biochar Ampas Tebu

Ampas tebu (bagasse) merupakan residu lignoselulosa industri gula yang melimpah dan berpotensi tinggi sebagai feedstock biochar. Karakter biochar ampas tebu dipengaruhi suhu pirolisis: suhu lebih tinggi (± 600 °C) umumnya meningkatkan aromatisitas, kestabilan C, pH, dan luas permukaan; sedangkan suhu lebih rendah (± 300 °C) cenderung menghasilkan biochar dengan gugus fungsional oksigen lebih banyak yang berguna untuk adsorpsi nutrient (Kingsley et al, 2022). Berbagai kajian menunjukkan biochar ampas tebu mampu meningkatkan stabilitas

struktur tanah, ketersediaan air, dan distribusi ukuran pori pada tanah bertekstur berbeda (Moradi et al, 2024)

Namun, efeknya terhadap dinamika N tidak selalu konsisten. Sebagian studi pada dosis rendah melaporkan dampak terbatas terhadap retensi nitrat atau pelindian N, menandakan bahwa dosis, ukuran partikel, dan ko-aplikasi dengan pupuk/organik lain sangat menentukan hasil (White et al, 2023).

Industri gula selama ini dikenal sebagai salah satu sektor agroindustri terbesar di Indonesia dan berbagai negara tropis lainnya. Namun, di balik produksi gula yang tinggi, terdapat produk sampingan dalam jumlah besar yang kerap dipandang sebelah mata, yaitu ampas tebu atau sugarcane bagasse. Umumnya, limbah padat ini hanya dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler pabrik atau dalam skala terbatas sebagai pakan ternak. Padahal, dengan sentuhan teknologi, ampas tebu menyimpan potensi besar untuk diolah menjadi produk bernilai tinggi dan ramah lingkungan. Salah satu inovasi yang kini mulai banyak diperbincangkan adalah pemanfaatan ampas tebu menjadi biochar melalui proses pirolisis.

Biochar sendiri bukanlah hal yang benar-benar baru. Teknologi ini pada dasarnya merujuk pada arang hasil pirolisis biomassa yang dimanfaatkan untuk memperbaiki kualitas tanah. Menariknya, biochar yang berasal dari ampas tebu memiliki karakteristik unik sehingga sangat menjanjikan untuk aplikasi pada lahan pertanian tropis yang umumnya menghadapi masalah kesuburan tanah dan keasaman.

Ampas tebu merupakan biomassa lignoselulosa yang melimpah dan dapat diperbarui. Komposisinya kaya akan selulosa, hemiselulosa, dan lignin dengan proporsi seimbang. Keberadaan material ini dalam jumlah besar menjadikannya bahan baku potensial untuk biochar dengan nilai ekonomis yang lebih tinggi dibandingkan jika hanya dibiarkan sebagai limbah. Proses konversi melalui pirolisis bukan hanya mengurangi beban lingkungan akibat penumpukan limbah, tetapi juga menghadirkan produk bernilai tambah yang mendukung konsep ekonomi sirkular dalam industri gula (Kumar et al., 2020).

Sifat biochar sangat dipengaruhi oleh bahan baku dan suhu pirolisis yang digunakan. Jika ampas tebu diproses pada suhu menengah, yakni 500–700°C, maka biochar yang dihasilkan menunjukkan beberapa karakteristik penting.

Pertama, biochar ampas tebu memiliki porositas tinggi. Struktur alami tebu yang berserat, setelah dipanaskan, berubah menjadi jaringan pori makro dan meso yang luas. Hal ini membuat biochar mampu menahan air, menyimpan unsur hara, dan menyediakan habitat ideal bagi mikroorganisme tanah (Yuan et al., 2019).

Kedua, kandungan silika (SiO_2) pada biochar ini cukup signifikan. Sebagaimana diketahui, tebu merupakan tanaman akumulator silika, sehingga unsur tersebut tetap terikat dalam abu biochar. Silika berperan penting dalam memperkuat dinding sel tanaman, meningkatkan ketahanan terhadap serangan hama dan penyakit, serta membantu tanaman beradaptasi terhadap stres lingkungan seperti kekeringan (El-Naggar et al., 2019).

Ketiga, biochar ampas tebu memiliki pH yang tinggi, bahkan sering kali mencapai lebih dari 9. Karakter ini menjadikannya sangat efektif untuk menetralkan tanah masam yang banyak dijumpai di daerah tropis. Selain itu, biochar ini kaya akan kalium (K), salah satu unsur hara makro esensial bagi tanaman, yang dapat dilepaskan secara bertahap (Wang et al., 2020).

Keempat, biochar ampas tebu memiliki kapasitas pertukaran kation (CEC) yang baik. Dengan kemampuan ini, biochar dapat mengikat kation-kation penting seperti ammonium (NH_4^+), kalsium (Ca^{2+}), dan magnesium (Mg^{2+}), sehingga mengurangi risiko kehilangan unsur hara akibat pencucian oleh air hujan.

Keunggulan biochar ampas tebu dalam dunia pertanian bukan hanya pada sifat fisiknya, melainkan juga pada mekanisme kerjanya di tanah. Sebagai amelioran, sifat alkalin biochar mampu menetralkan tanah masam lebih tahan lama dibandingkan kapur pertanian biasa. Peningkatan pH ini tidak hanya memperbaiki struktur kimia tanah, tetapi juga melepaskan unsur hara yang sebelumnya terikat, seperti fosfor, sehingga lebih mudah diserap tanaman.

Selain itu, kandungan kalium dalam biochar berfungsi sebagai sumber hara bagi tanaman, khususnya pada fase generatif yang membutuhkan suplai K cukup tinggi. Sementara itu, silika yang dilepaskan dapat mempertebal dinding sel tanaman dan meningkatkan efisiensi fotosintesis. Kombinasi ini berkontribusi pada peningkatan hasil panen sekaligus ketahanan tanaman terhadap gangguan biotik maupun abiotik.

Secara fisik, struktur pori biochar dapat meningkatkan aerasi dan infiltrasi air pada tanah berat seperti lempung, sekaligus meningkatkan daya simpan air pada tanah berpasir. Kondisi ini tentu menguntungkan terutama bagi wilayah tropis dengan pola curah hujan yang tidak menentu. Biochar juga berfungsi sebagai “rumah mikroba”, di mana pori-porinya yang luas memberikan tempat bagi bakteri dan fungi bermanfaat untuk berkembang. Kehadiran mikroba tersebut mendukung siklus hara dan meningkatkan kesuburan biologis tanah.

Meski menawarkan banyak manfaat, aplikasi biochar ampas tebu bukan tanpa tantangan. Salah satunya adalah penentuan dosis yang tepat. Pemberian biochar secara berlebihan berpotensi menaikkan pH tanah terlalu tinggi, yang justru bisa mengganggu ketersediaan hara tertentu pada tanah netral. Selain itu, kualitas biochar juga sangat bergantung pada konsistensi proses pirolisis. Oleh karena itu, standar produksi perlu dikembangkan agar hasilnya stabil dan efektif.

Namun demikian, prospeknya sangat menjanjikan. Integrasi antara pabrik gula dan teknologi pirolisis dapat menciptakan sistem zero-waste, di mana limbah padat yang selama ini dianggap beban diubah menjadi produk bermanfaat. Biochar ampas tebu tidak hanya bisa diaplikasikan pada perkebunan tebu untuk meningkatkan produktivitas berkelanjutan, tetapi juga berpotensi dipasarkan untuk sektor hortikultura maupun perkebunan lain di wilayah tropis. Dengan kata lain, inovasi ini membuka jalan bagi pemanfaatan limbah agroindustri secara cerdas dan berkelanjutan. Ampas tebu yang dulunya hanya sekadar sisa produksi kini bisa menjadi kunci dalam memperbaiki kesehatan tanah, mendukung ketahanan pangan, dan menjaga lingkungan.



gambar 1. Biochar Ampas Tebu

2.3. Kangkung (*Ipomoea reptans*)

Kangkung (*Ipomoea reptans*) merupakan salah satu jenis sayuran yang sangat populer dan banyak dikonsumsi di Indonesia serta kawasan Asia lainnya. Tanaman ini dikenal sebagai tumbuhan semi-akuatik yang dapat tumbuh dengan baik di berbagai jenis media tanam, termasuk tanah gambut, lahan basah, dan bahkan sistem budidaya dalam pot. Berdasarkan klasifikasi botani, kangkung termasuk dalam keluarga Convolvulaceae dan genus *Ipomoea*, dengan nama ilmiah *Ipomoea aquatica* (Hardi et al, 2020). Dalam lima tahun terakhir, terdapat berbagai penelitian dan publikasi yang membahas mengenai karakteristik botanis, manfaat nutrisi, teknik budidaya, serta potensi ekonomi dari tanaman kangkung. Tinjauan ini bertujuan untuk menyajikan landasan teori terkini mengenai kangkung berdasarkan sumber-sumber referensi terpercaya yang diterbitkan dalam rentang waktu 2020–2025.

Kangkung merupakan tanaman sayuran yang memiliki karakteristik pertumbuhan yang cepat dan dapat beradaptasi dengan baik di berbagai kondisi lingkungan. Terdapat dua jenis kangkung yang umum dibudidayakan, yaitu kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dan kangkung darat (*Ipomoea reptans*). Kangkung air memiliki daun yang licin dan berbentuk seperti mata panah, sedangkan kangkung darat memiliki daun yang sempit memanjang dengan warna hijau yang lebih pekat. Selain itu, terdapat juga kelompok kultivar lain seperti kangkung berdaun keunguan (kelompok *Rubra*) dan kangkung kering (kelompok *Upland*) yang kurang umum dibudidayakan namun memiliki potensi sebagai alternatif hijauan pakan ternak (Hardi et al, 2020).

Dari segi morfologi, kangkung memiliki batang yang berongga dan menjalar, dengan daun berselang serta bunga yang berbentuk seperti terompet berwarna putih dengan bagian tengah ungu muda. Tanaman ini dapat mencapai tinggi 2–3 meter atau lebih, dengan ukuran daun berkisar antara 5–15 cm untuk panjang dan 2–8 cm untuk lebar (Pusnas, 2023). Sistem perakaran kangkung adalah serabut, yang memungkinkannya untuk menyerap nutrisi dengan efisien dari media tanam.

Kangkung dikenal sebagai sumber nutrisi yang kaya akan vitamin, mineral, dan serat pangan. Berdasarkan data komposisi gizi, setiap 100 gram kangkung

mengandung 19 kkal energi, 2.6 g protein, 3.14 g karbohidrat, dan 2.1 g serat pangan . Selain itu, kangkung juga mengandung vitamin A setara dengan 39% AKG, vitamin C (66% AKG), serta beberapa mineral penting seperti magnesium (20% AKG), zat besi (13% AKG), dan kalsium (8% AKG) (Hardi et al, 2020).

Kandungan nutrisi tersebut menjadikan kangkung sebagai makanan fungsional yang memiliki berbagai manfaat untuk kesehatan. Konsumsi kangkung dapat membantu meningkatkan kesehatan mata karena tingginya kandungan vitamin A, meningkatkan sistem imun karena vitamin C, serta menjaga kesehatan tulang karena kalsium dan magnesium . Selain itu, kangkung juga dikenal memiliki efek pencahar jika dikonsumsi dalam jumlah tertentu, sehingga dapat membantu melancarkan sistem pencernaan (Pusnas, 2023). Budi daya kangkung dapat dilakukan dengan dua metode utama, yaitu secara basah (di lahan berair) dan kering (di lahan darat). Dalam kedua metode tersebut, kangkung memerlukan bahan organik yang cukup seperti kompos dan pengairan yang memadai untuk tumbuh dengan subur . Berdasarkan panduan budidaya terkini, kangkung darat lebih mudah dibudidayakan dan lebih adaptif pada lahan kering, sehingga dapat ditanam di tegalan atau bahkan dalam pot di rumah (BPP Bulleng, 2020)(IUCN, 2020).

Tahap-tahap budidaya kangkung meliputi persiapan lahan, penanaman, perawatan, dan pemanenan. Untuk penanaman kering, kangkung ditanam pada jarak 5 inci dan disangga dengan kayu sangga. Kangkung dapat ditanam dari biji benih atau keratan akar, dan biasanya ditanam di semaian sebelum dipindahkan ke kebun (Hardi et al, 2020). Pertumbuhan kangkung sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti ketersediaan air, kesuburan tanah, dan pemberian pupuk. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa pemberian air yang cukup (siraman pagi dan sore) menghasilkan pertumbuhan kangkung yang lebih optimal dibandingkan dengan pemberian air 2 hari sekali (IAI, 2009).

Masa panen kangkung bervariasi tergantung pada metode penanaman. Untuk penanaman basah, panen dapat dilakukan 30 hari setelah penanaman, sedangkan untuk penanaman kering, daun kangkung dapat dipanen setelah 6 minggu . Pemanenan dilakukan dengan memetik pucuk tanaman, yang kemudian akan merangsang pertumbuhan cabang dari tepi daun untuk dipanen setiap 7–10 hari sekali (hardi et al, 2020).

Kangkung memiliki potensi ekonomi yang cukup tinggi sebagai komoditas sayuran yang mudah dipasarkan. Selain dikonsumsi sebagai sayuran segar, kangkung juga dapat diolah menjadi berbagai produk pangan seperti cah kangkung bumbu tauco atau terasi, serta peleceng kangkung lombok . Selain itu, kangkung kering yang merupakan hasil samping dari produksi biji kangkung dapat dimanfaatkan sebagai alternatif hijauan pakan ternak untuk sapi, babi, ikan, ayam, dan bebek (Hardi et al, 2023)(IAI, 2009).

Budi daya kangkung juga dapat menjadi salah satu sumber pendapatan bagi petani skala kecil due to its biaya perawatan yang minim dan siklus panen yang singkat. Dengan teknik budidaya yang tepat, kangkung dapat menghasilkan hasil panen yang baik yang dapat meningkatkan pendapatan petani (BPP Buleleng, 2020).

2.4. Penelitian Terdahulu

Tabel 1. Tabel Penelitian Terdahulu

Judul	Penulis	Metode	Hasil
Pengaruh Pemberian Rendaman Kulit Bawang Merah (Allium Cepa L.) Dengan Media Tanam Ampas Tebu Terhadap Pertumbuhan Tanaman Pakcoy (Brassica Rapa L.)	Siregar dan Selvia, 2025	Rancangan Acak Kelompok Faktorial	Pemberian rendaman kulit bawang merah sebagai pupuk organik dengan media tanam ampas tebu terhadap pertumbuhan tanaman pakcoy dapat diterapkan. Dalam bidang pertanian, dikarenakan perlakuan tersebut memberikan pengaruh nyata terhadap semua Perlakuan.

<p>Pengaruh Kombinasi POC Limbah Ampas Tebu Dan Pupuk NPK Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Jagung Manis Pada Tanah Podsolik Merah Kuning</p>	<p>Cholik, dkk, 2025</p>	<p>Rancangan Acak Kelompok Faktorial</p>	<p>Dosis kombinasi POC limbah ampas tebu dan Pupuk NPK yang diujikan pada penelitian ini berpengaruh tidak nyata terhadap semua variabel. Pengamatan pada tanaman jagung manis di tanah podsolik merah kuning.</p>
<p>Aplikasi Biochar Terhadap Perubahan Sifat Fisika Tanah Dan Pertumbuhan Pakcoy (Brassica Rapa L.)</p>	<p>Muriadin et al, 2023</p>	<p>Rancangan Acak Lengkap (RAL) Non Faktorial</p>	<p>Pemberian biochar kelapa muda dan ampas tebu tidak berpengaruh nyata pada sifat fisika tanah, namun berpengaruh nyata terhadap parameter pertumbuhan Pakcoy. Perlakuan biochar ampas tebu 30 ton/ha memiliki pengaruh pertumbuhan pakcoy terbaik</p>
<p>Pengaruh Aplikasi Biochar Yang Diperkaya</p>	<p>Hasan et al, 2024</p>	<p>Rancangan Acak lengkap</p>	<p>Penambahan biochar yang diperkaya</p>
<p>Trichoderma Sp Dan Nutrisi Tetes Tebu Terhadap Beberapa Sifat Tanah Dan Pertumbuhan Tanaman Kangkung</p>			<p>dengan trichoderma sp. tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman kangkung yang meliputi</p>

			<p>tinggi tanaman, jumlah daun, biomassa kering, dan biomassa basah tanaman.</p> <p>Perlakuan biochar yang diperkaya dengan trichoderma sp. tidak berbeda nyata dengan biochar tanpa diperkaya trichoderma sp.</p> <p>Namun, kedua perlakuan tersebut dapat meningkatkan corganik dan p- tersedia tanah.</p>
<p>Pengaruh Macam Biochar Dan Pemberian Mikoriza Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Kacang Tanah (Arachis Hypogaea L)</p>	<p>Fauza et al, 2023</p>	<p>Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial</p>	<p>Perlakuan macam biochar terbaik adalah B4 (Biochar Kulit Buah Kakao). Perlakuan pemberian Mikoriza terbaik adalah M1 (Pemberian Mikoriza). Perlakuan kombinasi terbaik yaitu B4M1 (Biochar Kulit Buah Kakao dengan pemberian Mikoriza).</p>

Pengaruh Limbah Tebu Terhadap Beberapa Sifat Fisika dan Kimia Tanah Serta Pertumbuhan Awal Tanaman Tebu (<i>Saccharum officinarum</i> L.) Pada Tanah Berpasir	Tohir et al. 2016	Rancangan Acak Kelompok Faktorial	Pemberian biochar serasah tebu, abu ketel, pupuk kandang, kompos, biotong dan kombinasi diantaranya, secara umum memperbaiki sifat fisika dan kimia tanah berpasir. Hasil terbaik pada perlakuan 5 ton/ha + pupuk kandang 5 ton/ha
Aplikasi Ampas Tebu dan Kulit Pisang Terhadap Pertumbuhan dan produksi Kangkung Darat (<i>Ipomea reptans</i> Poir)	Surati dan Natsir, 2018	Rancangan Acak Lengkap	Terdapat pengaruh pada pemberian ampas tebu dan kulit pisang terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kangkung darat (<i>Ipomea reptans</i> Poir). Hasil yang terbaik dalam penelitian ini adalah pada perlakuan A2 (Kulit pisang 1,5 kg)

Penelitian ini memiliki kebaruan yang jelas, dimana penelitian ini secara spesifik menggunakan biochar hasil pirolisis ampas tebu murni, kombinasi ampas tebu dengan dosis NPK, sehingga memberikan gambaran perbandingan pengaruh biochar dari limbah tebu. Kedua, penelitian ini memilih objek tanaman kangkung, berbeda dengan mayoritas penelitian sebelumnya yang lebih banyak menggunakan pakcoy, jagung manis, atau kacang tanah. Kangkung sebagai tanaman hortikultura

berumur pendek dan cepat panen menjadikan penelitian ini lebih aplikatif dalam mendukung produksi sayuran daun. Ketiga, penelitian ini berfokus pada parameter pertumbuhan vegetatif tanaman seperti tinggi tanaman, jumlah daun, dan biomassa, bukan semata-mata pada sifat tanah. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan sudut pandang baru yang lebih berorientasi pada aspek produktivitas tanaman hortikultura.

Kebaruan lainnya terletak pada kontribusi keberlanjutan yang diusung. Jika penelitian terdahulu masih menempatkan ampas tebu sebagai bahan tambahan atau media campuran, penelitian ini menegaskan perannya sebagai sumber biochar yang berkelanjutan, ramah lingkungan, dan memiliki potensi langsung untuk meningkatkan hasil pertanian. Dengan begitu, penelitian ini tidak hanya memperkaya kajian ilmiah mengenai biochar ampas tebu, tetapi juga memperluas peluang pemanfaatannya dalam mendukung ketahanan pangan melalui peningkatan produksi sayuran daun.

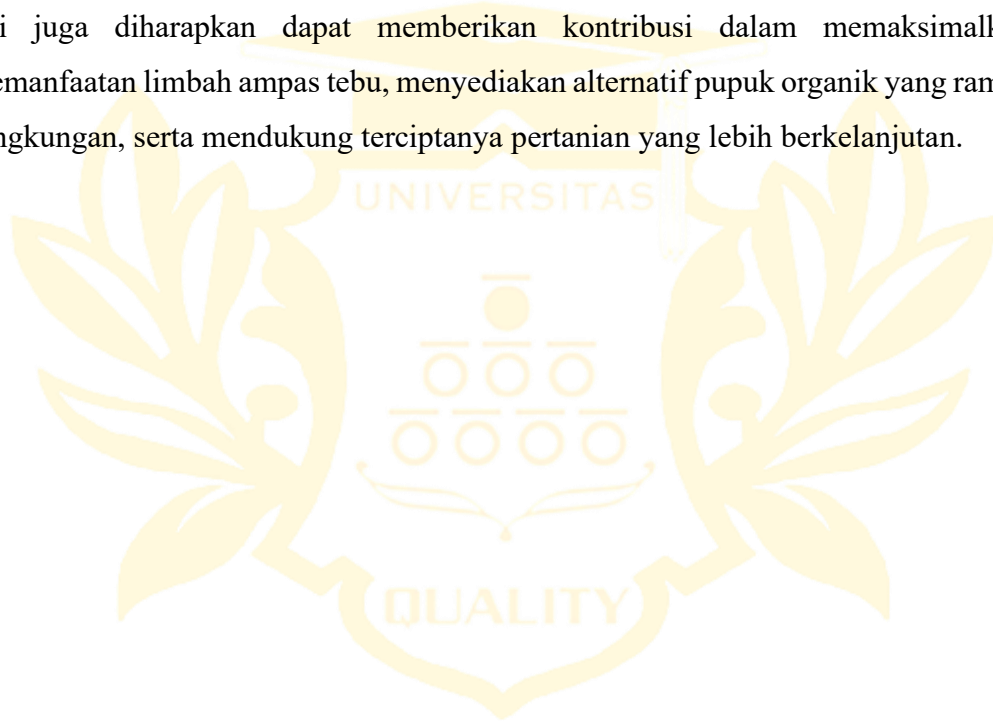
2.5. Kerangka Penelitian

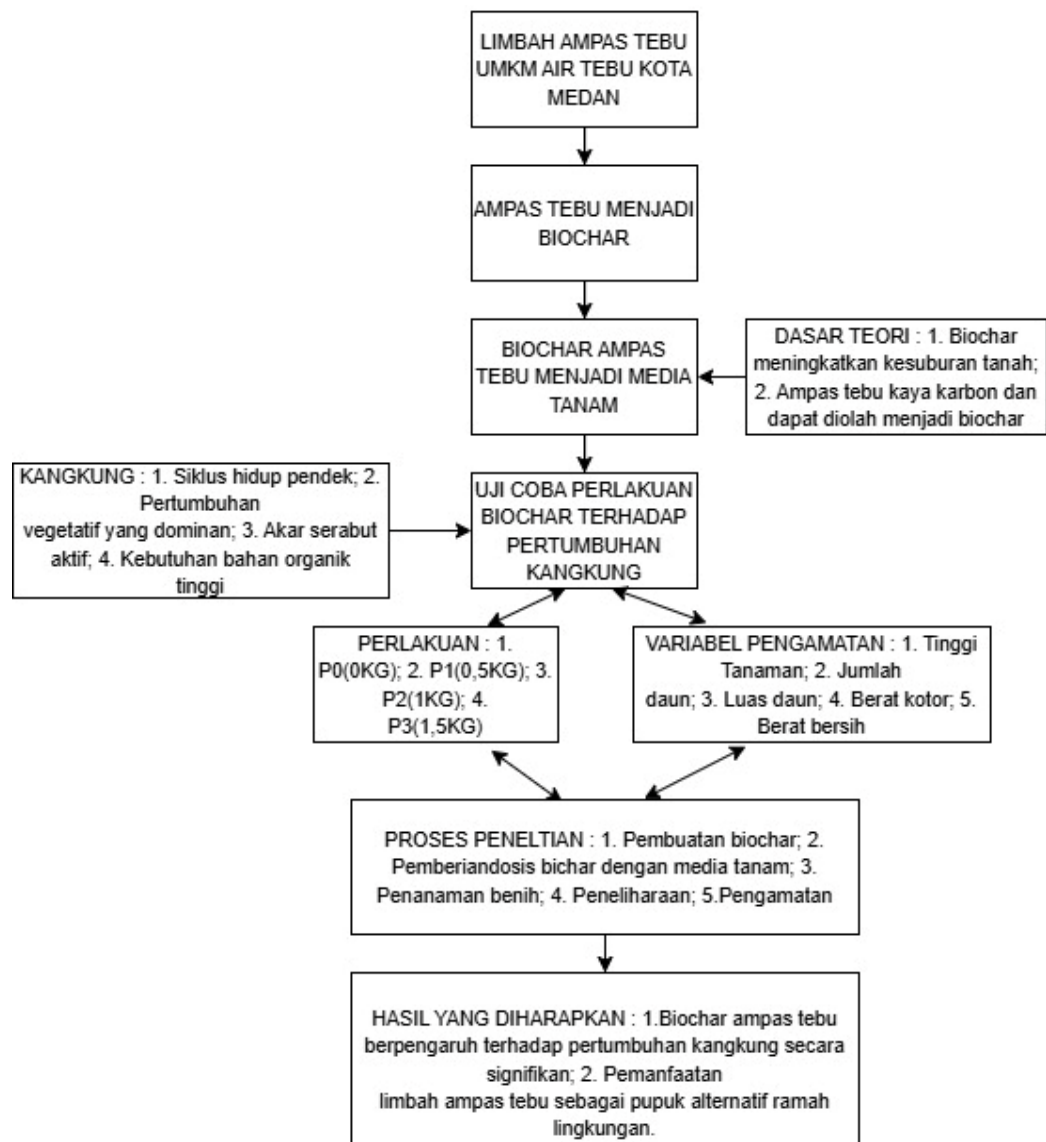
Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan pupuk organik ramah lingkungan yang semakin meningkat seiring dengan menurunnya kesuburan tanah akibat penggunaan pupuk kimia secara berlebihan. Di sisi lain, limbah ampas tebu yang dihasilkan industri gula sangat melimpah namun pemanfaatannya masih terbatas. Padahal, ampas tebu memiliki kandungan karbon tinggi yang berpotensi diolah menjadi biochar melalui proses pirolisis. Biochar ini mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah sehingga cocok dimanfaatkan sebagai bahan pembenah tanah.

Dasar teori menunjukkan bahwa biochar dapat meningkatkan kapasitas tanah menahan air, memperbaiki struktur tanah, menstabilkan pH, serta menyediakan habitat bagi mikroorganisme tanah. Pupuk organik, termasuk biochar, juga berperan penting dalam menambah bahan organik, memperbaiki ketersediaan unsur hara, dan mengurangi ketergantungan terhadap pupuk sintetis. Dengan potensi tersebut, pemanfaatan ampas tebu sebagai biochar menjadi solusi tepat untuk mendukung pertanian berkelanjutan sekaligus mengurangi pencemaran lingkungan.

Dalam penelitian ini, perlakuan yang diberikan berupa aplikasi biochar ampas tebu dengan dosis tertentu pada media tanam kangkung (*Ipomoea reptans*). Variabel yang diamati mencakup tinggi tanaman, jumlah daun, berat segar dan kering biomassa, serta warna daun atau kandungan klorofil. Indikator tersebut dipilih karena mencerminkan kualitas pertumbuhan vegetatif tanaman hortikultura daun yang cepat panen.

Proses penelitian meliputi pengolahan biochar ampas tebu, pemberian biochar pada media tanam, penanaman benih kangkung, hingga pemeliharaan dan pengamatan pertumbuhan. Hasil yang diharapkan adalah peningkatan pertumbuhan vegetatif kangkung melalui pemanfaatan biochar ampas tebu. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam memaksimalkan pemanfaatan limbah ampas tebu, menyediakan alternatif pupuk organik yang ramah lingkungan, serta mendukung terciptanya pertanian yang lebih berkelanjutan.





gambar 2. Kerangka Penelitian