

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanaman kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) termasuk komoditas pangan primer yang berpotensi sebagai bahan baku utama dalam olahan pangan sehingga memiliki peranan penting dalam penunjang perekonomian di Indonesia. Kacang tanah yang diproduksi di Indonesia umumnya dilakukan di lahan kering dengan hasil panen berupa biji kacang tanah. Produktivitas hasil kacang tanah di Indonesia pada tahun 2018 sejumlah 1,37 ton/ha yang mana mengalami peningkatan sebesar 3,78% dari tahun sebelumnya dalam skala nasional. Penurunan produktivitas kacang tanah yang cukup drastis di sisi lain terjadi pada beberapa provinsi di Indonesia, antara lain Sulawesi Tenggara (-23,73%), Jawa Barat (-15,07%), Sumatera Selatan (-10,87%), dan Jawa Timur (-3,36%) (Kementan, 2018). Faktor penurunan produktivitas di beberapa daerah terjadi disebabkan oleh penggunaan lahan marginal semisal lahan kering masam untuk produksi tanaman kacang tanah.

Lahan masam di Indonesia berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai lahan budidaya tanaman kacang tanah melalui serangkaian optimalisasi lahan sehingga hasil produksi kacang tanah dapat setara atau melebihi akumulasi hasil produksi pada lahan subur. Lahan masam di Indonesia tercatat sebesar 108,8 juta ha dari 143 juta ha lahan kering (Mulyani dan Sarwani, 2013) atau setara 76% dari total lahan kering di Indonesia. Tanah masam bercirikan pH tanah yang rendah yang mana berdampak negatif bagi pertumbuhan dan produktivitas tanaman akibat akumulasi

Al, Fe, dan Mn yang cukup besar khususnya pada tanah dengan pH tanah yang kuat ($\text{pH} < 5$) (Shetty *et al.*, 2020). Optimalisasi lahan masam dapat diupayakan melalui penambahan bahan amelioran dan pemberian inokulan mikroba berupa bakteri dan cendawan yang menguntungkan bagi tanaman.

Pemberian bahan amelioran pada tanah masam dinilai mampu meningkatkan sifat kimia tanah sehingga dapat mendukung penyerapan unsur hara tanaman. Upaya perbaikan tanah masam secara konvensional dilakukan melalui pemberian kapur pertanian semisal dolomit, akan tetapi hal tersebut hanya berdampak terhadap sifat kimia yakni pH tanah. Biochar merupakan salah satu bahan pembenah tanah alternatif yang dapat berfungsi sebagai perbaikan tanah sekaligus mendukung pertumbuhan tanaman. Aplikasi biochar pada tanaman jagung memperoleh hasil tinggi tanaman (155,67 cm) dan biji pipilan kering pertanaman (194,5 g) yang lebih tinggi dari perlakuan kapur pertanian dengan tinggi tanaman 56 cm dan bobot pipilan kering pertanaman 42 g. Kandungan biochar kaya akan karbon yang mana terbentuk atas pembakaran tidak sempurna dari beragam limbah organik, salah satunya biomassa pertanian. Biochar memiliki ketahanan terhadap serangan mikroba perombak sehingga biochar dapat mampu bertahan cukup lama di dalam tanah (Tang *et al.*, 2013). Efektivitas penggunaan arang sebagai bahan pembenah tanah ditentukan melalui penentuan bahan baku arang. Kandungan nisbah C/N serta kadar lignin yang tinggi pada biochar menunjukkan bahan baku biochar berkualitas karena laju mineralisasi bahan yang rendah (Sismiyanti *et al.*, 2018). Beberapa limbah pertanian yang dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan biochar, antara lain tempurung kelapa, sekam padi, dan tongkol jagung. Bahan-bahan

tersebut dinilai tersedia dan terjangkau khususnya bagi petani. Biochar bersifat porous dimana memiliki daya pegang air yang tinggi sehingga menciptakan kelembapan yang menguntungkan bagi mikroba tanah (Bella dan Padrikal, 2018).

Bakteri *Rhizobium* sp. merupakan mikroba yang dapat bersimbiosis dengan tanaman leguminosa seperti tanaman kacang tanah yang mana terjadi pembentukan bintil akar dan fiksasi Nitrogen yang bermanfaat dalam menjaga ketersediaan unsur hara N bagi tanaman. Hasil fiksasi Nitrogen oleh bakteri *Rhizobium* sp. dapat mendukung pertumbuhan akar, daun, batang, bunga, dan ginofor tanaman kacang tanah (Setyawan *et al.*, 2015). Bakteri *Rhizobium* sp. diketahui tumbuh kurang optimal pada lingkungan masam yang mana kisaran pH yang diperlukan bakteri *Rhizobium* sp. ialah 5 – 7 (Sari, 2018). Adapun faktor penghambat pembentukan bintil akar ialah kekahatan P dalam tanah. Kondisi masam berdampak negatif bagi tersedianya unsur hara P yang disebabkan oleh akumulasi Aluminium (Al) dan Besi (Fe) yang tinggi sehingga terbentuk ikatan Al-P dan Fe-P yang tidak dapat diserap oleh tanaman kacang tanah (Nugraha *et al.*, 2019). Hal ini dapat diatasi salah satunya dengan inokulasi mikroba pelarut P secara bersamaan. Inokulasi ganda antara bakteri *Rhizobium* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular (CMA) diharapkan dapat bekerja secara sinergis dalam upaya mengatasi kekahatan P di dalam tanah serta mendukung pertumbuhan bakteri *Rhizobium* sp. Inokulasi Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) pada tanah masam memiliki kemampuan dalam mengurai P organik menjadi ortofosfat primer (PO_4^{3-}) yang mudah diserap oleh tanaman (Rajmi *et al.*, 2018).

Pengetahuan dan pengajian mendalam perlu dilakukan terhadap pemberian biochar dan bakteri *Rhizobium* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular dengan tujuan untuk mengoptimalkan produktivitas tanaman kacang tanah. Upaya optimalisasi tanah masam diharapkan dapat menjadi satu kesatuan teknik budidaya dalam budidaya tanaman kacang tanah di lahan masam.

1.2. Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini dilakukan adalah mengkaji pengaruh biochar dan inokulasi bakteri *Rhizobium* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular terhadap hasil produksi tanaman kacang tanah pada tanah masam, memperoleh jenis kombinasi inokulum mikroba yang optimal digunakan untuk produksi tanaman kacang tanah pada tanah masam, menganalisis interaksi antara perlakuan jenis bahan biochar dan jenis inokulum mikroba terhadap produksi tanaman kacang tanah pada tanah masam. Manfaat penelitian ini ialah memperoleh teknologi terbaik dalam aplikasi biochar dan inokulasi bakteri *Rhizobium* sp, dan cendawan mikoriza arbuskular, serta memanfaatkan kembali limbah pertanian yang prospektif sebagai pembenah tanah masam.

1.3. Hipotesis Penelitian

Hipotesis dari penelitian ini adalah:

1. Pemberian biochar berjenis tempurung kelapa mampu meningkatkan produksi kacang tanah.
2. Perlakuan kombinasi mikroba bakteri *Rhizobium* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular (CMA) mampu meningkatkan produksi biji kacang tanah.
3. Pemberian biochar berjenis tempurung kelapa dan kombinasi bakteri *Rhizobium* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular (CMA) mampu meningkatkan produksi biji kacang tanah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.)

Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) termasuk salah satu komoditas tanaman pangan yang umum diproduksi di Indonesia. Klasifikasi tanaman kacang tanah adalah sebagai berikut.

Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Ordo : Fabales
Famili : Fabaceae
Genus : *Arachis*
Spesies : *Arachis hypogaea* L. (USDA, 2022)

Tanaman kacang tanah termasuk dalam genus *Arachis* dan tergolong sebagai tanaman herba semusim. Daun tanaman kacang tanah pada umumnya terdiri atas 4 helaian (tetrafoliate), memiliki daun penumpu (stipula) dengan daun berwarna hijau hingga hijau tua yang tumbuh lebih banyak pada batang utama dibandingkan cabang. Batang tanaman kacang tanah berwarna merah atau ungu, dan hijau, serta terdapat bulu halus yang tumbuh pada batang utama. Sistem perakaran tanaman kacang tanah ialah tunggang dengan banyak cabang lateral. Bintil (nodul) dapat tumbuh pada sistem perakaran tanaman kacang dengan jumlah, ukuran, dan distribusi bintil yang bervariasi. Bunga tanaman kacang tanah memiliki ciri-ciri

berbentuk menyerupai kupu-kupu, mahkota berwarna kuning, serta tergolong sebagai bunga lengkap dimana kepala putik dan benang sari berada dalam satu bunga. Penyerbukan yang dilakukan kacang tanah ialah menyerbuk sendiri yang terjadi sesaat sebelum bunga mekar (kleistogami). Penyerbukan yang berhasil akan membentuk bakal buah berupa ginofor yang memanjang dan bergerak geotropik menuju tanah. Ginofor yang mencapai tanah akan membentuk polong dengan variasi ukuran, bentuk, paruh, dan pinggang polong (konstriksi) (Trustinah, 2015).

Tanaman kacang tanah dapat ditanam pada daerah tropis dengan ketinggian mencapai 700 mdpl baik dilaksanakan di lahan basah (sawah) maupun lahan kering. Sistem drainase tanah bagi tanaman kacang tanah sangat penting dimana tanah yang berstruktur lebih remah menguntungkan ginofor melakukan penetrasi ke dalam tanah sehingga berdampak pada keberhasilan pembentukan polong yang lebih besar. Suhu udara memengaruhi tiap fase pertumbuhan kacang tanah. Suhu optimum masa perkecambahan kacang tanah ialah 29 – 36,5 °C, sedangkan suhu optimum yang diperlukan pada percabangan dan pembungaan ialah berkisar antara 32 – 34 °C (Rahmianna *et al.*, 2015). Tanaman kacang tanah memerlukan ketinggian < 500 mdpl dengan curah hujan berkisar 900 – 2000 mm/tahun agar tanaman dapat tumbuh optimal (Hardjowigeno dan Widiatmaka, 2015). Tingkat kejenuhan basa (pH) tanah merupakan bagian dari sifat kimia tanah yang perlu diperhatikan dalam budidaya tanaman kacang tanah. Tanaman kacang tanah yang ditanam pada pH tanah berkisar 6,0 – 7,0 dapat mendukung pertumbuhan optimal karena tanaman mampu menyerap unsur hara dengan baik (Hopit *et al.*, 2021).

Tanaman kacang tanah merupakan bagian dari tanaman leguminosa yang mana secara fisiologis memiliki kemampuan bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium* sp. yang mampu menambat N di atmosfer. Hal ini dapat ditandai dengan terbentuknya bintil akar (nodul) pada bagian akar tanaman kacang tanah. Simbiosis kacang tanah dan bakteri *Rhizobium* sp. memiliki efek yang positif pada efisiensi pemupukan N tanpa terjadi pengurangan hasil (Samosir *et al.*, 2019). Pertumbuhan dan perkembangan bintil dipengaruhi salah satu faktor yakni pH tanah. Pembintilan *Rhizobium* sp. memiliki kepekaan terhadap pH tanah yang rendah sehingga perlu dilakukan optimalisasi berupa pengapuran dan pemberian pupuk P semisal SP-36 guna memperbaiki ketahanan bakteri dalam kondisi masam (Silahooy, 2012).

Tanaman kacang tanah dapat ditanam sepanjang tahun dan hampir tiap musim. Penanaman kacang tanah di lahan sawah dilakukan pada bulan Maret-April s/d Juni-Juli (MK I), Juni-Juli s/d September-Oktober (MK II) dan November-Desember s/d Februari-Maret (MH), sedangkan waktu tanam di lahan kering cenderung sempit yakni bulan Maret. Tanaman kacang tanah pada umumnya dibudidayakan secara generatif menggunakan biji. Penanaman kacang tanah dilakukan dengan teknik sebar benih di belakang alur dan ditugal. Jarak tanam dengan sistem tugal sebesar 40 x 10 cm mampu memperoleh populasi tanaman optimal sebanyak 250.000 tanaman/ha dengan perolehan hasil panen polong yang cukup besar yakni 1,94 t/ha (Rahmianna *et al.*, 2015). Aplikasi pupuk untuk tanaman kacang tanah perlu dilakukan dalam rangka mengoptimalkan hasil khususnya pada tanah masam yang mengalami defisiensi unsur hara N, P, dan K. Pupuk dapat diberikan pada kacang tanah dengan dosis sebesar 150 kg Urea/ha, 100

kg SP-36/ha, dan 75 kg ZK/ha memiliki pengaruh secara signifikan terhadap berat kering tanaman (Arista *et al.*, 2015). Upaya peningkatan unsur hara N di dalam tanah dapat pula dilakukan dengan pemberian pupuk hayati berupa inokulum bakteri *Rhizobium* sp.. Inokulasi bakteri *Rhizobium* dapat dilakukan dengan teknik *biological seed treatment* pada benih kacang tanah yang dilakukan saat pratanam. Inokulasi bakteri *Rhizobium* sp. diharapkan mampu menstimulasi infeksi bakteri terhadap akar tanaman kacang tanah (Marwan dan Handayani, 2019).

Penanda panen tanaman kacang pada umumnya merujuk pada waktu umur panennya, mengingat penampakan kematangan buah di dalam tanah sulit untuk diidentifikasi. Kacang tanah mulai dapat dipanen pada umur 85 – 110 hst dengan ditandai daun yang mulai menguning dan meluruh, sedangkan polong yang telah masak akan mengeras, berwarna mengilat, bagian dalam polong berwarna coklat, biji terisi penuh dan kulit polong tipis (Rahmianna *et al.*, 2015). Hasil panen tanaman kacang tanah berupa polong kering. Tanaman kacang tanah mampu menghasilkan polong kering seberat 0,5 – 3 t/ ha, sedangkan produktivitas kacang tanah di daerah tropis seperti Indonesia menghasilkan polong kering berkisar 0,7 – 1,3 t/ha (Sumarno, 2015). Hasil perolehan panen tanaman kacang tanah tersebut dapat berubah sesuai dengan pengaruh varietas dan kondisi iklim budidaya tanaman kacang tanah.

2.2. Tanah Masam

Tanah masam tergolong sebagai salah satu jenis tanah marginal dengan tingkat kesuburan yang rendah dalam bidang pertanian. Tanah masam merupakan

tanah yang memiliki $\text{pH} < 5,5$ dengan kadar C-Organik rendah dan porositas tanah yang rendah dimana bobot isi relatif lebih tinggi (Nurida *et al.*, 2015). Tanah masam terbentuk karena adanya pengaruh iklim tertentu pada suatu wilayah. Curah hujan yang tinggi (2.500 – 3.500 mm) mengakibatkan pencucian berat yang berdampak negatif, salah satunya akumulasi aluminium yang tinggi sehingga menyebabkan tanah menjadi masam (Rahmiana *et al.*, 2015). Curah hujan dengan intensitas tinggi menyebabkan pula sifat fisik tanah masam menjadi mudah erosi disebabkan pelapukan yang intensif. Tanah masam pada umumnya berwarna kuning hingga kemerahan dan telah mengalami pelapukan lanjutan fraksi pasir sukar lapuk yang didominasi kuarsa, sedangkan fraksi liat didominasi oleh kaolit. Adapun jenis-jenis tanah masam antara lain Ultisol, Oxisol, dan Inceptisol (Kasno, 2019).

Kadar aluminium yang tinggi pada tanah masam berpotensi racun bagi tanaman sehingga dapat memengaruhi produktivitas tanaman. Tanaman seperti tanaman jelai yang terpapar aluminium dengan kadar tinggi akan menghambat perakaran tanaman tersebut karena tanaman menyerap dan mengakumulasi pada organ akar dan daun (Chen *et al.*, 2013). Toksisitas aluminium pada tanah masam dapat mengganggu proses metabolisme tanaman, penyerapan hara, dan fungsi unsur esensial, yakni P, K, Ca, Mg, Fe, Mo, dan B (Sigh *et al.*, 2017). Kondisi aluminium yang tinggi dalam tanah masam menyebabkan unsur hara P menjadi tidak tersedia sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman. Hal ini disebabkan P terlarut akan bereaksi dengan Fe dan Al menjadi bentuk Al-P dan Fe-P yang mana sulit untuk diserap oleh tanaman (Nursanti, 2018). Kadar Aluminium yang rendah dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Keberadaan Al dalam tanah dapat meningkatkan efisiensi fosfor dalam kondisi defisien dengan mengaktifasi sekresi zat terlarut seperti asam organik, kemudian asam organik menukar P pada senyawa Al-P sehingga P dapat diserap oleh akar tanaman (Muhammad *et al*, 2019). Perbaikan tanah masam perlu dilakukan dengan upaya yang tepat agar tanaman dapat berproduksi secara optimal. Pemberian amelioran bagi tanah masam dapat diberikan yakni pengapuran dan penambahan bahan organik secara *in situ* maupun kotoran hewan yang efektif dan efisien dalam pemupukan (Kasno, 2019).

Aktivitas mikroba juga menjadi bagian dari faktor terjadinya kemasaman pada tanah. Proses fiksasi N oleh bakteri penambat nitrogen secara tidak langsung melepaskan ion H^+ di dalam tanah yang berdampak terhadap kemasaman tanah (Yadav *et al.*, 2020). pH tanah yang rendah menjadi penyebab penurunan aktivitas mikroba. Kejenuhan basa yang semakin rendah menjadi semakin memburuk dengan toksisitas Al pada tanah yang mana dapat mendesak aktivitas mikroba dan aktivitas enzimatis (León *et al.*, 2017).

2.3. Biochar (Arang Hayati)

Biochar (biocharcoal atau arang hayati) adalah sekelompok biomassa organik kaya karbon yang dihasilkan dari pembakaran sedikit atau tanpa udara dalam wadah atau tungku (Ismail *et al.*, 2011). Penggunaan biochar umumnya mengarah pada sektor pertanian, yaitu sebagai agen bioamelioran. Biochar, seperti arang sekam, dapat mengatasi pencemaran tanah dari logam berat, sehingga meningkatkan kesuburan tanah, mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman budidaya

(Panjaitan, 2015). Produksi biochar umumnya berbeda dengan pembakaran biomassa. Biochar biasanya diproduksi dengan karbonisasi secara pirolisis sedangkan arang (*char*) biasanya diproduksi dengan karbonisasi hidrotermal dan gasifikasi tanpa melewati pirolisis (Wang dan Wang, 2019). Pirolisis biochar merupakan proses pembakaran bebas oksigen pada suhu berkisar antara 300 – 900 °C (Jin *et al.*, 2016). Mekanisme pembakaran biochar dirancang untuk menghasilkan karbon yang dapat berguna untuk perbaikan tanah. Produksi biochar pada dasarnya adalah proses karbonisasi yang melepaskan unsur-unsur non-karbon (H dan O) sebagai rangkaian gas. Hasil biochar dengan ukuran partikel yang lebih kecil dan luas permukaan yang lebih besar bertindak lebih efisien dalam penyerapan dan pengangkutan senyawa organik (Sukarjo *et al.*, 2017).

Biochar kini telah banyak dikembangkan baik sebagai pembenah tanah maupun meningkatkan kesuburan tanah pada lahan marginal masam. Biochar berpengaruh secara nyata terhadap peningkatan C-Organik, P-tersedia, dan N-total tanah pada tanah masam (Mindari *et al.*, 2018). Pembenahan tanah masam dengan biochar dinilai dapat berpengaruh terhadap produktivitas tanaman yang dibudidayakan di lahan masam. Biochar sekam padi yang diberikan pada tanaman kedelai (*Glycine max* L.) memberikan pengaruh secara nyata terhadap tinggi tanaman 2, 5, dan 6 MST, diameter batang, jumlah cabang produktif, dan bobot kering per tanaman dimana aplikasi biochar seberat 6 t/ha memberi pengaruh tertinggi terhadap bobot kering biji per tanaman (Siregar *et al.*, 2017). Kemampuan biochar dalam menaikkan pH tanah disebabkan oleh tingkat alkalinitas. Biochar

yang sangat basa menukarkan Al^{3+} dengan H^+ untuk menghasilkan pH tinggi dan kation basa tinggi sehingga mengurangi keasaman tanah (Shetty *et al.*, 2020).

Penentuan bahan baku biochar merupakan salah satu faktor yang menentukan efisiensi peran biochar sebagai bahan amelioran agar biochar dapat bertahan lama. Hal tersebut disebabkan karena perubahan karakteristik tanah selama musim tanam umumnya berfluktuasi dan harus dipantau dalam jangka waktu yang lama (Widyantika dan Prijono, 2019). Bahan baku biochar yang berkualitas tinggi memiliki rasio C/N yang tinggi dan kandungan lignin yang tinggi, sehingga mempengaruhi rendahnya laju mineralisasi bahan tersebut (Sismiyanti *et al.*, 2018). Biochar dapat diperoleh dari pirolisis bahan organik seperti kayu, limbah pertanian, kotoran hewan, kotoran hewan, sampah organik perkotaan, kotoran hewan (tulang) (Vithanage *et al.*, 2017). Beberapa biomassa yang dapat digunakan sebagai sumber biochar adalah tempurung kelapa, tongkol jagung, sekam padi yang mana bahan-bahan tersebut sudah tersedia di Indonesia. Biochar sekam padi yang diaplikasikan pada tanah merah masam dengan takaran 20 t/ha mampu meningkatkan pH dan retensi lengas tanah (Liu *et al.*, 2017). Pemberian biochar dari tongkol jagung dengan dosis 20 t/ha memperbaiki kimia tanah dan meningkatkan produksi jagung manis sebesar 13,02 t/ha (Rizki, 2019). Biochar tempurung kelapa efektif pada dosis 20 t/ha baik dengan penambahan pupuk maupun tanpa pupuk dan berpengaruh nyata terhadap pH tanah, C-Organik, N-Total, dan Kapasitas Tukar Kation (KTK) ketika tanaman berumur 30 hst (Rahayu *et al.*, 2019).

2.4. Bakteri *Rhizobium* sp.

Bakteri *Rhizobium* sp. adalah jenis bakteri simbiotik yang dapat memfiksasi nitrogen di atmosfer. Bakteri *Rhizobium* sp. merupakan bakteri anaerob fakultatif berbentuk batang yang tergolong bakteri gram negatif dan tumbuh optimal pada pH 5 – 7 (Sari *et al.*, 2018). Bakteri *Rhizobium* sp. bekerja secara sinergis dengan kacang-kacangan (leguminosa) melalui terbentuknya bintil akar yang diprakarsai oleh eksudat flavonoid dari kacang-kacangan. Tanaman leguminosa kemudian menghasilkan karbohidrat yang menjadi sumber karbon bagi bakteri *Rhizobium* sp., sedangkan fiksasi nitrogen dalam bentuk amonia oleh bakteri *Rhizobium* sp. dimanfaatkan oleh legum (Lindström dan Mousavi, 2019).

Keefektifan bintil akar dapat ditentukan dari kandungan bakteroid, dimana cairan bakteroid berwarna merah muda sampai coklat merupakan bintil akar yang efektif (Novriani, 2011). Bakteri *Rhizobium* sp. di sisi lain tidak optimal pada lingkungan P yang rendah. Hal ini mempengaruhi terbentuknya bintil tidak sempurna dan vigoritas tanaman rendah (Kamanga *et al.*, 2010). Inokulasi bakteri *Rhizobium* sp. dengan pupuk P diperlukan untuk menjaga kandungan P dapat tersedia di tanah. Aplikasi bakteri *Rhizobium* sp. dengan pupuk N dan P secara nyata meningkatkan pH tanah dan nilai N-Total pada budidaya tanaman kacang tanah (Hasan, 2018).

2.5. Cendawan Mikoriza Arbuskular

Cendawan mikoriza arbuskular (CMA) tergolong dalam mikroba cendawan yang aktif pada zona perakaran tanah serta mampu berasosiasi dengan akar tanaman tertentu. Cendawan mikoriza arbuskular (CMA) merupakan golongan endomikoriza dimana hifanya mampu menembus ke dalam sel jaringan korteks inangnya tanpa menimbulkan bekas infeksi atau pembengkakan pada akar. Karakteristik cendawan mikoriza arbuskular (CMA) secara khusus ialah berbentuk oval (versikular) dengan sistem percabangan hifa dikotomus atau arbuskul (Nursanti, 2017). Penggunaan cendawan mikoriza arbuskular (CMA) dalam budidaya memiliki pengaruh terhadap ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Cendawan mikoriza arbuskular (CMA) memiliki peranan dalam mendukung unsur hara P agar dapat tersedia bagi tanaman melalui mekanisme enzimatik dimana hal tersebut dapat menggantikan setidaknya sebesar 50% dari kebutuhan pupuk P (Maryani dan Nelvia, 2009). Cendawan mikoriza arbuskular (CMA) dalam menginfeksi perakaran tanaman dapat memproduksi jaringan ekspansif sehingga meningkatkan kemampuan akar dalam menjangkau unsur hara terutama fosfat (P) (Widyastuti *et al.*, 2020).

Inokulasi cendawan mikoriza arbuskular (CMA) pada tanah masam memiliki pengaruh dalam meningkatkan pH tanah dengan mengikat kation logam yang merupakan faktor keasaman tanah. Hal tersebut terjadi akibat aktivitas cendawan mikoriza arbuskular (CMA) di dalam tanah yang mengaktifkan enzim fosfatase dan asam organik sehingga Al dapat terfiksasi menjadi bersifat tidak larut, demikian menyebabkan pH tanah mengalami kenaikan atas kation-kation basa. Enzim

fosfatase cendawan mikoriza arbuskular (CMA) pada tanah masam mengubah P organik menjadi bentuk asam ortofosfat primer (PO_4^{3-}) yang tersedia untuk tanaman (Rajmi et al., 2018).

BAB III

MATERI DAN METODE

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2021 hingga bulan Desember 2021. Budidaya tanaman kacang tanah dilaksanakan di *Greenhouse* Blok B, Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro yang terletak secara astronomis pada 7°03'16.1"LS dan 110°26'27.9"BT. Penelitian berlokasi di ketinggian 125 mdpl dengan rerata suhu berkisar antara 24,6°C – 40,4°C. Kegiatan pembuatan biochar dilakukan di Kebun Percobaan, Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Kabupaten Pati. Kegiatan analisis tanah dan hasil tanaman dilakukan di Laboratorium Fisiologi dan Pemuliaan Tanaman dan Laboratorium Ekologi dan Produksi Tanaman, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang. Adapun kegiatan pengamatan kerapatan spora cendawan mikoriza arbuskular dilaksanakan di Laboratorium Kering Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro.

3.2. Materi Penelitian

Materi yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bahan dan alat. Bahan yang digunakan adalah benih kacang tanah varietas Hypoma 1, tanah kering masam, tongkol jagung, sekam padi, dan tempurung kelapa, inokulum bakteri *Rhizobium* sp., inokulum cendawan mikoriza arbuskular (CMA), formaldehid 2%, dan pot (polybag) 40 × 40. Alat yang digunakan adalah sekop, timbangan analitik,

autoklaf, shaker, oven, tungku pembakaran biochar, mesin penggiling, meteran, pH meter, *Chlorophyll Content Index* (CCI) meter, ring sampel, saringan bertingkat, mikroskop binokuler, mikroskop stereo, dan cawan petri, serta alat-alat lainnya untuk analisis kimia tanah maupun jerami tanaman.

3.3. Metode Penelitian

Rancangan Percobaan.

Penelitian ini menggunakan percobaan faktorial 4×3 dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang diulang sebanyak 3 kali. Faktor pertama ialah pemberian jenis bahan baku biochar yang terdiri atas tanpa aplikasi atau kontrol (B0), tongkol jagung (B1), sekam padi (B2), tempurung kelapa (B3). Faktor kedua ialah inokulasi mikroba yang terdiri atas bakteri *Rhizobium* sp. (M1), cendawan mikoriza arbuskular (M2), dan kombinasi bakteri *Rhizobium* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular (M3). Berdasarkan kedua faktor tersebut, diperoleh 36 unit percobaan yang memiliki 12 kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 kali.

Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahap antara lain, persiapan, pelaksanaan perlakuan, pemeliharaan, serta pengamatan dan analisis data.

Tahap Persiapan. Persiapan penelitian bermula pada pembuatan biochar yang dilaksanakan di Kebun Percobaan, Balai Penelitian Lingkungan Pertanian terhadap masing-masing bahan yakni tempurung kelapa, dan tongkol jagung dengan metode tungku yang minim oksigen (pirolisis) pada suhu 250 – 350 °C

selama 24 – 72 jam, sedangkan sekam padi dilakukan dengan cara ditumpuk dan dibakar mulai pada bagian dalam tumpukan hingga api membakar pada bagian permukaan tumpukan terluar. Hasil pembakaran biochar kemudian dilakukan analisis kimia terhadap masing-masing jenis bahan baku. Media tanam diambil dari tanah sekitar Kecamatan Gonoharjo, Kabupaten Kendal kemudian dianalisis guna mengetahui kandungan hara tanah dan kejenuhan basa serta sifat fisik tanah sebagaimana ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Fisik dan Kimia Tanah Awal Penelitian

Parameter	Satuan	Nilai	Kategori*)
Sifat Fisik :			
Berat Volume	g/cm ³	0,3	
Berat Jenis	g/cm ³	1,7	
Porositas Tanah	%	89,3	
Sifat Kimia :			
N-Total	%	0,61	Tinggi
P ₂ O ₅ HCl 25%	mg/100g	12	Sangat Rendah
K ₂ O HCL 25%	mg/100g	31	Sedang
C-Organik	%	10,05	Sangat Tinggi
C/N	--	16,62	Tinggi
pH (H ₂ O)	--	5,2	Masam

*) Balai Penelitian Tanah, 2009

Tahap Pelaksanaan Perlakuan. Pelaksanaan perlakuan seluruhnya dilakukan saat 14 hari sebelum tanam. Komposisi media tanam ialah tanah masam seberat 10 kg yang dicampur dengan pupuk kandang sapi dengan dosis 7,5 ton/ha (Setiono *et al.*, 2018). Komposisi media tanam dimasukkan ke dalam pot berukuran 40×40. Biochar yang telah dihaluskan diberikan dengan dosis sebesar 20 ton/ha (Yusif *et al.*, 2014) pada tiap pot sesuai perlakuan dengan cara dicampur bersama media tanam. Media tanam yang tercampur disterilisasi secara kimia dengan menggunakan metode formaldehid 2% dengan dosis sebanyak 200 ml tiap pot

(Febriyanti dan Rahayu, 2019), lalu ditutup dengan plastik selama 3 hari dan didiamkan selama 5 hari sebelum penanaman benih kacang tanah (Cahyani, 2009). Inokulasi mikroba meliputi inokulasi bakteri *Rhizobium* sp. dan cendawan mikoriza arbuskular (CMA). Bakteri *Rhizobium* sp. yang diperoleh dari hasil isolasi tanaman kacang tanah, kemudian dilakukan perbanyakan pada larutan *Yeast Extract Mannitol* (YEM). Hasil perbanyakan bakteri *Rhizobium* sp. yang diperoleh sebanyak $1,7 \times 10^6$ CFU's/ml dilarutkan pada akuades dengan dosis 6 ml/liter air tiap benih (Simatupang, 2018). Metode inokulasi bakteri *Rhizobium* sp. adalah benih kacang tanah yang direndam pada larutan suspensi bakteri *Rhizobium* sp. selama 5 menit sebelum tanam pada media tanam sesuai perlakuan. Cendawan mikoriza arbuskular (CMA) diperoleh dari *SEAMEO Biotrop Laboratory* dengan kerapatan spora sebesar 20,8 spora/gram zeolit. Inokulasi cendawan mikoriza arbuskular (CMA) dilakukan dengan cara membenamkan media zeolit CMA sebanyak 10 g/pot pada kedalaman 5 cm dari benih (Fahrizal *et al.*, 2017; Purwaningsih, 2011). Benih yang telah direndam pada larutan suspensi *Rhizobium* sp. ditanam sebanyak 2 benih per pot dan dilakukan penjarangan dengan memilih satu tanaman terbaik.

Tahap Pemeliharaan. Pemeliharaan tanaman kacang meliputi penyiraman tanaman sehari sekali hingga memasuki masa panen pada 90 hst, pemupukan dasar dan pemupukan anorganik, serta pengendalian hama. Pemupukan dasar berupa pupuk kandang sapi yang dilakukan bersamaan dengan perlakuan yakni 14 hari sebelum tanam dengan dosis seberat 7,5 ton/ha (Setiono *et al.*, 2018). Pemupukan anorganik dilakukan sebanyak 2 kali yakni pada saat tanam dan 14 hst dengan

merujuk dosis rekomendasi 50 kg Urea/ha, 150 kg SP-36/ha, dan 75 kg KCl/ha (Hayati *et al.*, 2012). Pengendalian hama dilakukan dengan menyesuaikan gejala serangan hama di lapangan. Adapun hama yang menyerang ialah ulat grayak, kutu kebul, dan kutu laba-laba. Pengendalian yang telah dilakukan ialah pemberian insektisida berbahan aktif lamda sihaltorin 25 g/l dengan dosis konsentrasi sebanyak 2 ml/liter air, *carbofuran* 3% dengan dosis 15 kg/ha, dan akarisida berbahan aktif piridaben 135 g/l dengan dosis 1 ml/liter air, serta pemasangan jebakan kuning (*yellow trap*).

Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan terdiri atas beberapa data ukur tertentu dari seluruh unit percobaan dalam penelitian yang meliputi analisis agronomi kacang tanah dan analisis sifat fisik tanah. Parameter yang diamati antara lain sebagai berikut :

1. pH Tanah (pH), dilakukan saat pascapanen dengan menggunakan metode perbandingan sampel tanah : akuades = 1 : 5, lalu diaduk hingga homogen, kemudian diukur dengan pH meter digital.
2. Porositas Tanah (%), dilakukan saat pascapanen dengan menentukan *bulk density* dan *particle density* terhadap sampel media tanam kacang tanah selanjutnya dihitung melalui rumus sebagai berikut.

$$\text{Berat Volume (bulk density)} = \frac{\text{berat kering (g)}}{\text{volume tanah (cm}^3\text{)}}$$

$$\text{Berat Jenis Partikel (particle density)} = \frac{\text{berat kering (g)}}{\text{volume partikel (cm}^3\text{)}}$$

$$\text{Porositas Tanah} = \left(1 - \frac{\text{berat volume}}{\text{berat jenis partikel}}\right) \times 100\%$$

(Darmawanti *et al.*, 2019)

3. Tinggi Tanaman (cm), diukur dengan penggaris dari pangkal batang menuju titik tumbuh tanaman kacang tanah pada setiap minggu dimulai 14 hst hingga memasuki fase pembungaan pada 32 hst.
4. Jumlah Daun (helai/tanaman), dilakukan dengan menghitung jumlah daun (*tetrafoliate*) kacang tanah yang tumbuh mekar sempurna pada setiap minggu dimulai 14 hst hingga memasuki fase pembungaan pada 32 hst.
5. Klorofil daun (CCI), dilakukan melalui metode alat berupa *Chlorophyll Content Index* (CCI) dengan cara menjepit 3 bagian daun yakni pangkal, tengah, dan ujung daun pada sampel daun ke 12, selanjutnya dirata-rata.
6. Berat bintil akar efektif (g/pot), dilakukan saat pascapanen dengan menimbang bintil akar efektif dengan ciri-ciri warna merah kecokelatan yang tampak dari hasil irisan.
7. Bobot total polong kacang tanah (g/pot), dilakukan saat pascapanen dengan membersihkan polong dari kotoran tanah lalu menimbang seluruh polong yang terbentuk per pot.
8. Bobot polong bernas (g/pot), dilakukan saat pascapanen dengan menimbang polong yang terisi sempurna per pot.
9. Bobot biji kacang tanah (g/pot), dilakukan saat pascapanen dengan memisahkan biji dari kulit kacang, lalu dilakukan penimbangan biji terbentuk per pot.
10. Bobot jerami (g/pot), dilakukan saat pascapanen dengan menimbang residu biomassa yakni pangkal batang hingga ke titik tumbuh tanaman kacang tanah per pot.

11. Kepadatan Spora cendawan mikoriza arbuskular (spora/g tanah), dilakukan setelah pascapanen dengan menimbang sampel tanah sebanyak ± 100 g tanah tiap pot kemudian dilakukan prosedur penyaringan basah (*wet sieving*). Spora tersaring dipindah ke cawan petri dan diamati dibawah mikroskop stereo dengan perbesaran 10x, lalu dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kepadatan Spora} = \frac{\text{jumlah spora}}{\text{berat sampel tanah}}$$

(Syamsiyah dan Yuliani, 2019)

12. Persentase Kolonisasi cendawan mikoriza arbuskular (%), dilakukan saat pascapanen dengan mengambil sampel akar tanaman, lalu dilakukan pewarnaan metode Vierheilig *et al.* (1998) yang termodifikasi menggunakan Cairan Tinta + Cuka 5%, kemudian sampel akar dipotong ± 1 cm sebanyak 5 sampel dan diamati dibawah mikroskop perbesaran 10 – 40x. Kolonisasi CMA dihitung berdasarkan keberadaan hifa, spora, arbuskul, dan vesikel dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Persentase akar terinfeksi} = \frac{\text{jumlah akar terinfeksi}}{\text{jumlah akar diamati}} \times 100\%$$

(Syamsiyah dan Yuliani, 2019)

Analisis Data

Rancangan yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dengan perlakuan 4x3 dan 3 ulangan. Model linier penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Keterangan

- Y_{ijk} : Data hasil pengamatan dari jenis biochar ke-i dengan perlakuan jenis inokulum mikroba ke-j serta ulangan ke-k
 μ : Rata-rata nilai populasi
 α_i : Pengaruh perlakuan jenis biochar ke-i
 β_j : Pengaruh jenis inokulum mikroba ke-j
 $(\alpha\beta)_{ij}$: Pengaruh interaksi jenis biochar ke-i dan jenis inokulum mikroba ke-j
 ε_{ijk} : Galat percobaan untuk faktor perlakuan jenis biochar ke-i dan faktor jenis inokulum mikroba ke-j pada ulangan ke-k

Hipotesis statistik yang diuji adalah:

1. Pengaruh utama faktor jenis bahan baku biochar.

$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = 0$ (Tidak ada pengaruh faktor jenis bahan baku biochar terhadap hasil produksi kacang tanah)

H_1 : Paling sedikit ada satu $\alpha_i \neq 0$ (Ada pengaruh faktor jenis bahan baku biochar terhadap hasil produksi kacang tanah)

2. Pengaruh utama faktor jenis inokulum mikroba

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$ (Tidak ada pengaruh faktor jenis inokulum mikroba terhadap hasil produksi kacang tanah)

H_1 : Paling sedikit ada satu $\beta_j \neq 0$ Ada pengaruh faktor jenis inokulum mikroba terhadap hasil produksi kacang tanah)

3. Pengaruh interaksi antara faktor jenis bahan baku biochar dan faktor jenis inokulum mikroba.

$H_0 : \alpha_0\beta_1 = \alpha_0\beta_2 = \alpha_0\beta_3 = \alpha_1\beta_1 = \dots = \alpha_4\beta_3 = 0$ (Tidak ada pengaruh interaksi kedua faktor terhadap parameter yang diamati)

H_1 : Paling sedikit ada satu $\alpha_i\beta_j \neq 0$ Ada pengaruh interaksi antara kedua faktor terhadap parameter yang diamati)

Data-data yang telah diperoleh diolah secara statistic menggunakan analisis ragam atau *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk melihat pengaruh perlakuan. Faktor perlakuan yang menunjukkan pengaruh secara nyata selanjutnya dilakukan uji lanjutan dengan uji jarak berganda Duncan atau *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5% untuk melihat beda antar perlakuan.