

Jurnal Eksplorasi Agrikultur

PENINGKATAN PRODUKSI DAN PRODUKTIVITAS TANAMAN KEDELAI SAYUR (GLYCINE MAX L. MERRILL) MELALUI PEMBERIAN CAMPURAN PUPUK TULANG AYAM DAN PUPUK KANDANG AYAM

Zahira Amalia¹, Ramadhani Eka Putra²
Institut Teknologi Bandung
zahiramaliaaa@gmail.com¹

ABSTRAK

Seiring bertambahnya jumlah penduduk, kebutuhan akan pangan masyarakat Indonesia semakin bertambah setiap tahunnya. Kedelai sayur atau edamame merupakan komoditas pangan penghasil protein nabati yang bergizi tinggi dan diminati oleh masyarakat Indonesia. Salah satu unsur yang mempengaruhi produktivitas serta hasil panen kedelai sayur adalah unsur fosfor (P). Unsur P ditemukan dalam kandungan yang tinggi pada limbah tulang ayam dan limbah kotoran ayam. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan produksi dan produktivitas tanaman kedelai sayur (edamame) dengan pemberian campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam. Benih tanaman yang digunakan dalam penelitian merupakan benih varietas Biomax 1 dari Tjap Bukitmas yang ditanam di *polybag*. Pengamatan tanaman dilakukan setiap minggu sejak 7 HST sampai dengan pemamanan pada usia 98 HST. Rancangan penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor yaitu perbandingan jenis pupuk. Jenis pupuk yang digunakan meliputi pupuk NPK sebagai kontrol (P0), pupuk organik granular (P1), dan campuran pupuk tulang ayam dengan pupuk kandang ayam (P2) dari limbah tulang ayam. Dosis pupuk disesuaikan dengan perhitungan kebutuhan pupuk sesuai dengan SOP Pemupukan Balitsa. Produksi kedelai sayur dengan perlakuan campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam mencapai 39,03 gram per tanaman, sedangkan produktivitasnya mencapai 1,40 ton/ha. Penelitian ini membuktikan adanya perbedaan nyata pada perlakuan penggunaan campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam dan membuktikan adanya peningkatan produksi dan produktivitas pada perlakuan tersebut.

Kata Kunci: Edamame, Pupuk Kandang Ayam, Pupuk Tulang Ayam, Produksi, Produktivitas.

PENDAHULUAN

Seiring bertambahnya jumlah penduduk, kebutuhan akan pangan masyarakat Indonesia semakin bertambah setiap tahunnya. Menurut Badan Pusat Statistik (2022), jumlah penduduk Indonesia mengalami peningkatan sebesar 1,13% dibandingkan tahun sebelumnya dengan jumlah penduduk sebanyak 275,77 juta jiwa. Di tahun sebelumnya, jumlah penduduk Indonesia juga mengalami peningkatan dari 266,91 juta jiwa pada tahun 2019 kemudian meningkat menjadi 270,20 juta jiwa pada 2020, dan meningkat menjadi 272,68 juta jiwa pada tahun 2021. Dengan tren kenaikan jumlah penduduk setiap tahunnya, diperlukan adanya peningkatan produksi pangan dalam negeri untuk memenuhi kebutuhan pangan masyarakat Indonesia (Fertiwi, 2018).

Kedelai sayur atau edamame merupakan komoditas pangan penghasil protein nabati bergizi tinggi yang cukup diminati oleh masyarakat Indonesia. Kedelai sayur (*Glycine max* L. Merrill) merupakan salah satu jenis kedelai yang berasal dari Jepang. Tanaman ini dikenal sebagai komoditas polong-polongan bergizi tinggi yang termasuk kedalam kategori sayuran (green soybean vegetable). Setiap 100 g biji edamame mengandung terkandung 147 kalori; 11 gram karbohidrat; 13 gram protein; 6,8 gram lemak, 3,55 mg zat besi; serta mengandung vitamin B1, B2, B3, B6, B9, vitamin C, serta vitamin A (USDA, 2019). Edamame juga mengandung antioksidan dan isoflavon yang dapat menguatkan sistem imun tubuh dan mengurangi risiko kanker, mencegah penyakit jantung (Abbas & Akmadi, 2010).

Salah satu unsur yang berperan dalam produktivitas tanaman kedelai dan berkaitan dengan perkembangan biji dan polong adalah fosfor (P). Pemberian pupuk fosfat yang mengandung fosfor dibutuhkan untuk merangsang perkembangan akar edamame sehingga tanaman akan tahan terhadap kekeringan, menambah nilai gizi dari biji, dan meningkatkan pembentukan bintil akar (Gultom & Ramerson, 2020). Pemberian pupuk fosfat dapat meningkatkan produktivitas edamame serta memiliki pengaruh nyata terhadap hasil biji yang dihasilkan (Kurniawan *et al.*, 2014). Namun, pemupukan menggunakan pupuk fosfat anorganik serta pupuk kimia pada umumnya secara berlebihan dapat menurunkan kualitas tanah.

Penggunaan pupuk organik yang berasal dari limbah sisa bahan organik dapat menjadi opsi untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan menjaga kesuburan tanah. Salah satu jenis pupuk organik yang biasa dimanfaatkan adalah pupuk kandang ayam (Werman, 2014). Pupuk kandang ayam berasal dari limbah peternakan ayam dan terdiri atas campuran kotoran padat, air kencing, dan sisa makanan. Dibandingkan dengan pupuk kandang lainnya, pupuk kandang ayam mempunyai kandungan unsur hara N, P, K dan Ca yang relatif lebih tinggi sehingga baik untuk dimanfaatkan sebagai pupuk (Sajar, 2023). Kualitas pupuk kandang beragam tergantung pada jenis, umur serta kesehatan ternak, jenis dan kadar serta kandungan haranya (Sangatanan & Sangatanan, 1989). Pupuk kandang ayam memiliki kandungan N sebesar 3,22%, P sebesar 9,34%, K sebesar 0,218%, serta kandungan C-Organik sebesar 13,11% (Shafira *et al.*, 2022). Selain menyediakan unsur-unsur hara makro, pupuk kandang ayam juga mengandung unsur-unsur mikro dalam jumlah kecil, yaitu Mn, Co, dan Bo (Sajar, 2023).

Limbah lain yang sering dijumpai dan masih minim pemanfaatannya adalah limbah tulang ayam. Limbah ini sebagian besar berasal dari industri makanan dan rumah tangga di Indonesia. Tulang ayam memiliki karakteristik yang keras dan sulit dikonsumsi sehingga disisihkan dan berakhir sebagai limbah makanan. Pemanfaatan limbah tulang ayam masih cukup jarang ditemui karena

karakteristiknya yang keras dan sulit terurai sehingga sulit untuk dijadikan pupuk kompos secara langsung (Musdalifah *et al.*, 2016). Secara kimia, komposisi utama tulang ayam adalah kalsium karbonat dan kalsium fosfat. Kalsium dan fosfor merupakan salah satu unsur makro yang dibutuhkan tanaman dan terkandung dalam kalsium karbonat dan kalsium fosfat. Penghalusan tulang ayam menjadi bagian yang lebih kecil sampai menjadi tepung dapat menjadi salah satu cara pemanfaatan limbah tulang ayam (Retno, 2012). Komposisi kalsium dan fosfor yang cukup tinggi pada tepung tulang ayam dapat dimanfaatkan untuk menjadi bahan penambah nutrisi kalsium dan fosfor untuk tanaman, yang merupakan unsur makro yang dibutuhkan oleh tanaman. Namun kandungan N total yang rendah pada tulang ayam yaitu sebesar 4,2169% menyebabkan perlunya penambahan pupuk lain yang dapat menjadi sumber nitrogen bagi tanaman agar kebutuhan unsur-unsur utama seperti N, P, dan K tanaman terpenuhi (Fynnisa & Rodiansah, 2019). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan antara pengaplikasian campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam; pupuk NPK; dan pupuk organik komersial terhadap produksi dan produktivitas tanaman kedelai sayur (*Glycine max* L. Merrill) yang ditanam di dalam *polybag*. Dalam penelitian ini, dibandingkan pertumbuhan serta produksi dan produktivitas kedelai sayur yang menggunakan campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam dengan tanaman yang menggunakan pupuk NPK, dan dengan tanaman yang menggunakan pupuk organik komersial.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan pada Bulan Agustus sampai dengan Bulan Januari di *Screenhouse* Labtek 1A ITB Jatinangor. Penelitian yang dilakukan terdiri atas proses pembuatan pupuk tulang ayam sebagai salah satu perlakuan yang diberikan, pengujian karakteristik tanah dan edafik pada awal dan akhir penelitian, pengamatan kondisi mikroklimat, serta proses budidaya edamame (*Glycine max* L. Merrill). Lokasi penelitian terletak pada koordinat 6°55'38.58"S - 107°46'06.98"E dengan ketinggian tempat 761 mdpl.



Gambar 1. Denah Lokasi Penelitian

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) satu faktor, yaitu perbedaan jenis pupuk dengan 3 perlakuan dan 12 ulangan. Jenis pupuk (p) yang digunakan diantaranya yaitu pupuk NPK sebagai kontrol (P0), pupuk organik granular (P1), dan campuran pupuk kandang ayam dengan pupuk chicken bone meal (P2) yang berasal dari limbah tulang ayam yang dihancurkan. Dosis pupuk yang diberikan disesuaikan dengan perhitungan kebutuhan pupuk sesuai SOP pemupukan, yang tertera pada Tabel. 1.

Alat dan Bahan/Perlengkapan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yakni ajir, alat dokumentasi, alat presto, alat tulis, chopper, core sampler, ember, gayung, gelas ukur, gunting, lakban, lux meter, meteran, oven, penggaris, pH meter, pisau, sekop, soil tester, spidol, termohigrometer, termometer Weksler, dan timbangan analitik. Bahan yang diperlukan pada penelitian ini terdiri dari air, akuades, alumunium foil, benih tanaman edamame varietas Biomax 1, HCl pekat, insektisida, label, plastik, *polybag* ukuran 40 cm x 40 cm, pupuk kandang ayam, pupuk NPK, pupuk organik komersil, dan pupuk tulang ayam (chicken bone meal) yang dihaluskan.

Prosedur

Pembuatan Pupuk Bone Meal dari Tulang Ayam

Langkah pembuatan pupuk bone meal yaitu dengan membersihkan limbah tulang ayam sampai tulang bersih dari daging yang menempel, kemudian dilanjutkan dengan merebus tulang ayam selama 15 menit pada suhu 100°C untuk menghilangkan kaldu dan lemak dari ayam. Setelah tulang direbus, langkah selanjutnya yaitu melakukan perendaman tulang kedalam larutan HCl dengan konsentrasi 0,8% selama 6 jam dengan volume yang disesuaikan sampai seluruh tulang terendam larutan. Tujuan dari perendaman ini adalah untuk melunakkan tulang ayam. Setelah itu, tulang dibilas dengan air bersih dan pembilasan dilakukan sebanyak 5 kali. Selanjutnya, tulang dipresto menggunakan alat presto bertekanan 2 atm selama 2 jam. Setelah proses presto, tulang dihancurkan dan dipotong kecil-kecil, kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari sepanjang hari untuk menurunkan kadar airnya. Apabila tulang masih belum cukup kering, proses pengeringan dapat dilanjutkan dengan pengovenan selama 24 jam pada suhu 105°C. Setelah proses pengovenan selesai, tulang ayam dihancurkan menggunakan chopper hingga berbentuk serbuk dan disimpan di tempat yang kering dengan kelembapan rendah.

Budidaya Kedelai Sayur (Edamame)

Budidaya kedelai sayur diawali dengan persiapan media tanam, yaitu tanah lembang sebanyak 5 kg yang dimasukkan kedalam *polybag* 40 cm x 40 cm. Lalu ditambahkan sekam setinggi 1-2 cm dari batas permukaan tanah dan dicampurkan hingga rata. Sebelum penanaman, dilakukan perlakuan benih dengan perendaman menggunakan air hangat untuk mempercepat perkecambahan dan mencegah serangan penyakit. Benih ditanam pada *polybag* dengan cara membuat 3 lubang tanam di bagian tengah *polybag*. Jarak antar lubang sekitar 8 cm dan setiap lubang tanam berisi 1 benih. Kemudian dilakukan penyulaman untuk benih yang tidak tumbuh, dan dipertahankan 1 tanaman terbaik pada setiap *polybag*nya.

Pemupukan dilakukan sebanyak 3 kali selama penanaman, yaitu pada saat tanam, pada 25 HST dan pada 40 HST. Dosis pemupukan yang diberikan sesuai dengan SOP pemupukan edamame dari Balitsa yang telah disetarakan sesuai dengan kandungan nitrogen, fosfor, dan kalium pada pupuk yang digunakan. Dosis pemupukan pada 0 HST adalah 0,62 gram NPK/*polybag* untuk perlakuan kontrol (P0); 8,38 gram pupuk organik/*polybag* untuk perlakuan pupuk organik komersial (P1); dan 5,5 gram/*polybag* pupuk tulang ayam serta 9,92 gram/*polybag* pupuk kandang ayam untuk perlakuan campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam (P2). Dosis pemupukan kedua pada 25 HST adalah 0,47 gram NPK/*polybag* untuk perlakuan kontrol (P0); 5,88 gram pupuk organik/*polybag* untuk perlakuan pupuk organik komersial (P1); dan 4,20 gram/*polybag* pupuk tulang ayam serta 7,60 gram/*polybag* pupuk kandang ayam

untuk perlakuan campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam (P2). Dosis pemupukan ketiga pada 40 HST adalah 0,47 gram NPK/*polybag* untuk perlakuan kontrol (P0); 5,88 gram pupuk organik/*polybag* untuk perlakuan pupuk organik komersial (P1); dan 4,20 gram/*polybag* pupuk tulang ayam serta 7,60 gram/*polybag* pupuk kandang ayam untuk perlakuan campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam (P2).

Tabel 1. Dosis Pemupukan Edamame

Usia Tanaman	P0	P1	P2	
	(g/ <i>polybag</i>) Pupuk NPK 15:15:15	(g/ <i>polybag</i>) Pupuk Organik Komersial	Pupuk Kandan g Ayam	(g/ <i>polybag</i>) Pupuk Tulang Ayam
0 HST	0,62	8,38	9,92	5,5
25 HST	0,47	5,88	7,6	4,2
40 HST	0,47	5,88	7,6	4,2

Penyiraman dilakukan 1-2 kali sehari disesuaikan dengan kondisi tanah di dalam *polybag* dan kondisi greenhouse. Penyiangian gulma dilakukan seminggu sekali bersamaan dengan waktu pengamatan mingguan. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan setiap minggu secara mekanis dan kimiawi. Pemanenan dilakukan pada 28 – 30 hari setelah pembungaan pertama atau saat polong telah berisi namun masih hijau. Pengamatan pertumbuhan dilakukan setiap minggunya, dengan parameter yang diamati yaitu tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun selama masa pertumbuhan vegetatif; serta usia berbunga dan jumlah bunga selama masa generatif. Sementara itu, jumlah polong, bobot polong, jumlah biji per polong, dan *Shoot-root ratio* diamati pada saat pemanenan di 98 HST. Perhitungan produksi dan produktivitas dilakukan setelah panen berdasarkan data bobot polong pada saat pemanenan

Kondisi Lingkungan

Kondisi lingkungan yang diamati terdiri dari faktor iklim mikro, faktor edafik, dan karakteristik tanah. Faktor iklim mikro yang diamati meliputi suhu udara dan kelembaban relatif yang diukur dengan termohigrometer, serta intensitas cahaya yang diukur dengan lux meter. Faktor iklim mikro diukur sebanyak 4x dalam seminggu selama proses budidaya. Faktor edafik tanah diukur pada saat awal penanaman dan setelah pemanenan. Faktor edafik tanah yang diamati meliputi suhu tanah yang diukur oleh termometer Weksler, dan pH tanah yang diukur dengan soil tester. Sementara karakteristik tanah yang diukur yaitu *bulk density* dan porositas tanah pada awal penanaman dan setelah panen. Pengujian karakteristik tanah dilakukan di Labtek IA Institut Teknologi Bandung, Jatinangor. Dilakukan penimbangan bobot basah tanah menggunakan timbangan analitik. Bobot kering tanah didapatkan dengan menimbang bobot tanah yang dikeringkan pada oven selama 48 jam dengan suhu (110±5) °C.

Pengambilan Data

Selama penelitian berlangsung, dilakukan pengambilan data penelitian berupa data iklim mikro dan edafik; data kandungan tanah, pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam; serta data pertumbuhan tanaman yang diambil mulai 1 minggu setelah tanam (MST). Pengamatan data iklim mikro dilakukan 4 kali setiap minggunya yang meliputi suhu udara dan kelembaban relatif, dan intensitas cahaya. Pengamatan data karakteristik tanah dilakukan sebelum penanaman dan setelah panen yang meliputi pengukuran *bulk density* dan

porositas tanah. Sementara untuk data pertumbuhan tanaman yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, umur berbunga, jumlah bunga, jumlah polong, bobot polong, jumlah biji per polong. Pengambilan data komoditas dilakukan sejak 1 MST, sampai dengan pemanenan pada 14 MST. Variabel pengamatan yang diukur antara lain adalah :

Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman diukur menggunakan meteran kain. Pengukuran dilakukan sekali dalam satu minggu selama masa vegetatif tanaman.

Jumlah Daun

Jumlah daun dilakukan dengan menghitung seluruh daun yang sudah tumbuh dan membuka sempurna. Pengukuran dilakukan sekali dalam satu minggu selama masa vegetatif tanaman.

Luas Daun

Luas daun diukur dengan cara menentukan sampel daun bawah, daun tengah lalu daun atas untuk mendapatkan data rata-rata luas daun dalam satu sampel tanaman. Pengukuran luas daun dilakukan sekali dalam satu minggu selama masa vegetatif tanaman.

Umur Berbunga

Pengamatan umur berbunga dilakukan setiap 3 hari sejak kemunculan bunga pertama pada pengamatan 56 HST (8 MST).

Jumlah Bunga

Jumlah bunga pada tanaman mulai dihitung dan diamati pada 56 HST.

Jumlah Polong dan Bobot Polong

Jumlah polong edamame dihitung pada saat pemanenan, sementara bobot polong ditimbang pada saat pemanenan edamame yaitu pada 98 HST (14 MST).

Jumlah Biji per Polong

Jumlah biji per polong dihitung pada saat pemanenan pada 98 HST (14 MST) dengan cara mencari rata-rata jumlah biji tiap polong yang dipanen pada setiap perlakuan.

Shoot-root ratio

Shoot-root ratio dapat diperoleh dari berat kering tanaman setelah pemanenan yang sudah di oven pada suhu 80 oC selama 24 jam. Menurut (Rusmana, 2017), *Shoot root ratio* ini dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Shoot root ratio} = \text{SDW}/\text{RDW}$$

Keterangan :

SDW = Shoot dry weight (bobot kering tajuk) (gram)

RDW = Root Dry Weight (bobot kering akar) (gram).

Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan uji Analysis of Variance (ANOVA) dengan taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$). Apabila terdapat perbedaan nyata antar perlakuan, dilakukan pengujian lanjutan dengan uji Tukey. Analisis data dilakukan menggunakan program SPSS Statistics edisi ke-26.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mikroklimat dan Edafik

Faktor lingkungan yaitu mikroklimat dan edafik dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Setiap tanaman memiliki kondisi mikroklimat dan edafik yang optimal untuk menunjang pertumbuhannya. Pada penelitian ini, didapatkan temperatur rata-rata yang sedikit melebihi kondisi temperatur optimal edamame yang berkisar pada 25 – 27°C (Sumarno & Manshur, 2016). Meskipun begitu, temperatur rata-rata yang didapatkan selama penelitian yaitu 29,78°C masih berada di dalam rentang toleransi suhu yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman yaitu dalam rentang 24 – 30°C (Ramadhani & Armaini, 2016). Pada daerah panas, pertumbuhan edamame dapat terhambat karena enzim RuBisCO (Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase oxygenase) mengikat banyak oksigen sehingga memacu fotorespirasi yang menyebabkan kehilangan karbon dan nitrogen sehingga menghambat pertumbuhan (Taufiq & Sundari).

Kelembaban udara relatif rata-rata yang didapatkan selama pengamatan adalah sebesar 70,32%. Nilai kelembaban yang didapatkan ini sedikit rendah untuk pertumbuhan vegetatif (optimal pada 75-9 persen), namun tergolong optimal untuk proses pemasakan polong hingga panen (Sumarno & Manshur, 2016). Rata-rata intensitas cahaya yang didapatkan selama penelitian adalah 31.525 lux, lebih rendah dibandingkan dengan intensitas cahaya yang optimal bagi tanaman edamame (*Glycine max* L. Merrill) menurut Pantilu *et al.* (2012) yaitu 36.840 lux. Tanaman edamame memerlukan penyinaran penuh, dan berkurangnya intensitas sinar matahari dapat menyebabkan tanaman tumbuh lebih tinggi, ruas antar buku lebih panjang, jumlah daun lebih sedikit, jumlah polong makin sedikit, dan ukuran biji semakin kecil (Susanto & Sundari 2010).

Tabel 2. Kondisi Mikroklimat Selama Penelitian

Mikroklimat	Min	Maks.	Rata-rata	Kondisi Optimal
Temperatur (°C)	18	44,3	29,78	25 – 27*
Kelembaban Relatif Udara (%)	10	98	70,34	75 – 90 (vegetatif); 60-75% (pemasakan polong)*
Intensitas Cahaya (Lux)	1.874	45.200	31.525	36.840**

Sumber : *) Sumarno & Manshur (2016)

**) Pantilu *et al.* (2012)

Suhu tanah diukur pada awal penanaman dan setelah pemanenan. Suhu awal tanah pada awal penanaman yaitu sebesar 30,67°C, sedikit lebih rendah dari kondisi optimal suhu tanah edamame pada rentang 20-30°C (Dinas Pertanian Buleleng, 2016). Namun suhu tanah menurun hingga berada pada rentang optimal pada akhir pengamatan, yaitu 28,43°C pada perlakuan kontrol (P0); 27,67°C pada perlakuan penggunaan pupuk organik komersial (P1) serta perlakuan penggunaan campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam (P2). Kelembaban tanah pada awal penanaman didapatkan sebesar 55%, sementara kelembaban tanah setelah pemanenan sebesar 45% pada perlakuan kontrol (P0); dan 50% pada perlakuan penggunaan pupuk organik komersial (P1)

serta perlakuan penggunaan campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam (P2). Kelembaban tanah pada awal penanaman dan pada akhir pengamatan berada di dalam rentang optimal kelembaban tanah berkisar pada 40-60% (Sumarno & Manshur, 2016). pH tanah yang didapatkan pada awal penanaman dan akhir pengamatan berada di dalam kondisi optimal pH untuk pertumbuhan tanaman edamame. Edamame memiliki preferensi tanah yang sedikit asam dengan rentang pH optimalnya berkisar antara 5,8 – 7, dengan toleransi pH terendah sebesar 4,5 (Sumarno & Manshur, 2016).

Bulk density tanah pada awal penanaman maupun pada akhir pengamatan masih berada di dalam rentang kondisi optimal yaitu < 1,29 (Rismaneswati, 2006). Kedelai edamame (*Glycine max* L. Merrill) dapat tumbuh pada tanah bertekstur ringan hingga berat. Peningkatan *bulk density* tanah akibat pemadatan tanah dapat menurunkan hasil panen kedelai yang dihasilkan. Menurut Rismaneswati (2006), kedelai menghasilkan hasil panen yang rendah pada tanah yang memiliki *bulk density* diatas 1,29. Porositas tanah pada awal pengamatan maupun pada akhir pengamatan semua perlakuan berada di dalam rentang kondisi optimal yaitu 40 – 60% (Firmanto, 2011).

Tabel 3. Faktor Edafik pada Awal dan Akhir Penelitian

Faktor Edafik	Awal	Akhir			Kondisi Optimal
		P0	P1	P2	
Suhu Tanah (°C)	30,69	28,43	27,67	27,67	20 – 30*
Kelembaban Tanah (%)	55	45	50	50	40 – 60**
pH Tanah	6,3	5,70	6,45	6,60	5,8 – 7**
<i>Bulk density</i> Tanah (g/cm ³)	1,17	1,15	1,11	1,13	< 1,29***
Porositas Tanah (%)	55	56	58	57	40-60****

Sumber : *) Dinas Pertanian Buleleng (2016)

**) Sumarno & Manshur, 2016)

***) Rismaneswati (2006)

****) Firmanto (2011)

Berdasarkan pengujian tanah yang dilakukan di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah Universitas Padjajaran (2023), kandungan C-Organik pada tanah tergolong tinggi dan persentase N-Total yang dimiliki tergolong sedang. Kandungan P₂O₅ total tergolong tinggi, namun P₂O₅ tersedianya tergolong rendah. Sementara kandungan kalium pada tanah tergolong sangat tinggi, dengan kapasitas tukar kation yang tergolong rendah. Selama budidaya tanaman, penambahan nutrisi pada tanah dilakukan dengan pemupukan sesuai dengan SOP Pemupukan Edamame oleh Balitsa.

Tabel 4. Hasil Uji Analisis Tanah

No.	Parameter	Unit	Hasil	Kriteria
1.	pH : H ₂ O	-	6,23	<i>Slightly Acidic</i>
2.	pH : KCl 1 N	-	5,16	-
3.	Organic – C	(%)	3,68	<i>High</i>
4.	Total – N	(%)	0,26	<i>Medium</i>
5.	C/N	-	14,39	<i>Medium</i>
6.	P ₂ O ₅ HCl 25%	(mg/100g)	52,88	<i>High</i>
7.	P ₂ O ₅ (Bray)	(ppm P)	0,00	<i>Poor</i>
8.	K ₂ O HCl 25%	(mg/100g)	76,26	<i>Very high</i>
9.	Basic Cations:			
	K-dd	(cmol.kg ⁻¹)	1,33	<i>Very high</i>
	Na-dd	(cmol.kg ⁻¹)	0,40	<i>Medium</i>
	Ca-dd	(cmol.kg ⁻¹)	6,15	<i>Medium</i>
	Mg-dd	(cmol.kg ⁻¹)	4,47	<i>High</i>
10.	Cation exchange capacity (CEC)	(cmol.kg ⁻¹)	29,48	<i>Low</i>
11.	Base Saturation	(%)	41,90	<i>High</i>
12.	Al-dd	(cmol.kg ⁻¹)	0,65	-
13.	H-dd	(cmol.kg ⁻¹)	0,00	-
14.	Al-saturation	(%)	5,02	<i>Low</i>
15.	Texture			
	Sand	(%)	20	
	Silt	(%)	56	
	Clay	(%)	24	
	Fine Sand	(%)	12	<i>Silty Loam</i>
16.	Other nutrients			
	Zn	ppm	73,72	-
	Cu	ppm	65,34	-
	Mn	ppm	1932,2	-

(Sumber: Laboratorium Departemen Ilmu Tanah, Universitas Padjajaran, 2023)

Unsur hara makro dan mikro dibutuhkan untuk tanaman dalam menunjang pertumbuhannya. Unsur makronutrien seperti N, P, dan K, dibutuhkan dalam jumlah banyak dibandingkan unsur lainnya. Analisis kandungan nutrisi pupuk campuran limbah tulang ayam dan pupuk kandang ayam dilakukan dengan mengirimkan sampel ke Laboratorium Kimia Agro, Lembang, Bandung. Berdasarkan hasil pengujian yang ada, pupuk organik dari limbah tulang ayam cenderung memiliki pH yang agak masam, namun masih berada di dalam batas standar mutu untuk pH pupuk organik (Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia, 2019). Kadar C-Organik dan rasio C/N dari pupuk organik tulang ayam berada di dalam rentang standar mutu pupuk organik, sementara persentase kadar air pupuk tulang ayam berada dibawah standar dengan nilai 5,98%. Persentase N-Total dari pupuk tulang ayam berada di rentang standar dan persentase P₂O₅ bernilai tinggi, meskipun persentase K₂O dari pupuk ini cukup rendah dengan nilai 0,02. Kadar logam berat dari pupuk tulang ayam ini juga berada dibawah standar maksimum kandungan logam berat.

Pupuk kandang ayam memiliki pH yang sedikit basa dengan nilai 8,56,

namun masih berada di rentang standar mutu pH pupuk organik. Persentase C-Organik dan rasio C/N dari pupuk ini juga sesuai dengan standar mutu yaitu kurang lebih dari 15% untuk persentase C-Organik, dan kurang dari 25% untuk rasio C/N. Kadar air pupuk kandang ayam bernilai 12,73 dan berada pada rentang standar. Persentase N-Total pupuk kandang ayam berada di bawah standar mutu, begitu pula dengan persentase K₂O yang dimiliki. Kadar P₂O₅ pupuk kandang ayam berada pada rentang standar. Sementara itu, kadar logam berat dari pupuk ini yang masih dibawah nilai maksimum sesuai dengan Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia (2019).

Pada pupuk organik komersial, kandungan nutrisi dilihat dari label kemasan produk yang digunakan. Nilai pH pupuk organik komersial cukup netral (7,3) dan berada di rentang standar mutu. Persentase C-Organik berada di rentang standar, begitu pula dengan rasio C/N pupuk. Persentase N-Total dan K₂O sesuai dengan standar, namun persentase P₂O₅ pupuk masih berada dibawah standar.

Apabila dibandingkan, pupuk tulang ayam memiliki pH yang agak masam, kandungan C-Organik, N-Total, K₂O yang dibawah standar, dan kadar P₂O₅ yang tinggi. Pupuk kandang ayam memiliki pH yang agak basa, kandungan C-Organik yang cukup, kandungan P₂O₅ yang cukup, tetapi memiliki persentase N-Total yang dibawah standar. Sementara pupuk organik komersial memiliki pH yang cukup netral, kandungan C-Organik dan rasio C/N yang sesuai standar, serta nilai N-Total dan K₂O yang cukup, namun memiliki kandungan P₂O₅ dengan nilai dibawah standar.

Kelebihan dari pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam dibandingkan pupuk organik yaitu memiliki kandungan fosfor dalam bentuk fosfat yang cukup tinggi. Unsur fosfor berperan penting dalam pertumbuhan dan pembentukan biji pada tanaman. Fosfor berperan dalam proses fosforilasi, fotosintesis, respirasi, sintesis, dan dekomposisi karbohidrat, protein, dan lemak, dan dalam proses pembentukan biji (Taufiq & Sundari, 2011). Sementara kelebihan dari pupuk organik adalah memiliki kadar kalium (K₂O) yang lebih tinggi. Kekurangan kalium pada tanaman dapat menurunkan fotosintesis dan mengurangi penyaluran karbohidrat sehingga hasil tanaman menjadi rendah (Sari *et al.*, 2022).

Tabel 5. Hasil Uji Analisis Kandungan Nutrisi Pupuk Tulang Ayam

No	Parameter	Unit	Hasil	Standar mutu*
1	pH	-	4,80	4 – 9
2	C-Organik	(%)	13,69	Minimum 15
3	C/N	-	7,10	≤ 25
4	Kadar air	(%)	5,98*	8 – 20
5	N-Total	(%)	1,93	
6	P ₂ O ₅	(%)	9,96	Minimum 2
7	K ₂ O	(%)	0,02	
8	Ca	(%)	11,31	-
9	Mg	(%)	0,13	-
10	Fe	ppm	384,46	Maksimum 15000
11	Cu	ppm	26,84	-
12	Zn	ppm	124,27	Maksimum 5000

Logam Berat

13	Pb	ppm	20,91	Maksimum 50
14	Cd	ppm	0	Maksimum 2

Sumber : *) Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No 261/KPTS/SR.310/M/4/2019

Tabel 6. Hasil Uji Analisis Kandungan Nutrisi Pupuk Kandang Ayam

No	Parameter	Unit	Hasil	Standar mutu
1	pH	-	8,56	4 – 9
2	C-Organik	(%)	17,77	Minimum 15
3	C/N	-	9,16	≤ 25
4	Kadar air	(%)	15,73	8 – 20
5	N-Total	(%)	1,94	
6	P ₂ O ₅	(%)	5,19	Minimum 2
7	K ₂ O	(%)	0,058	
8	Ca	(%)	2,91	-
9	Mg	(%)	0,17	-
10	Fe	ppm	8485,74	Maksimum 15000
11	Cu	ppm	269,22	
12	Zn	ppm	613,26	Maksimum 5000

Logam Berat

13	Pb	ppm	23,08	Maksimum 50
14	Cd	ppm	0	Maksimum 2

Sumber : *) Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No 261/KPTS/SR.310/M/4/2019

Tabel 7. Kandungan Nutrisi Pupuk Organik Komersial pada Label Kemasan

No	Parameter	Unit	Hasil	Standar mutu*
1	pH	-	7,3	4 – 9
2	C-Organik	(%)	37,1	Minimum 15
3	C/N	-	7,3	≤ 25
4	Kadar air	(%)	-	8 – 20
5	N-Total	(%)	5,8	
6	P ₂ O ₅	(%)	1,2	Minimum 2
7	K ₂ O	(%)	2,6	
8	Ca	(%)	16,8	-
9	Mg	(%)	10,5	-
10	Fe	ppm	3,7	Maksimum 15000

Sumber : *) Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia No 261/KPTS/SR.310/M/4/2019

Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman merupakan parameter pertumbuhan tanaman dan besarnya diukur seminggu sekali. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan pada 1 MST sampai dengan 8 MST, sampai kemunculan bunga pada tanaman. Kedelai edamame (*Glycine max* L. Merril) termasuk tanaman dengan tipe pertumbuhan determinate yang pertumbuhan vegetatifnya berhenti setelah tahap berbunga (Balitkabi, 2008). Tinggi tanaman dianalisis menggunakan ANOVA dan dilanjutkan dengan uji lanjut dengan metode Tukey untuk melihat signifikansi antar perlakuan. Hasil uji lanjut dengan metode Tukey menunjukkan bahwa perbedaan yang nyata baru ditemukan pada pengamatan 6 MST dan 7 MST pada perlakuan pemberian campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam dengan perlakuan pemberian pupuk organik.

Tanaman kedelai sayur atau edamame pada umumnya memiliki tinggi yang berkisar antara 30-50 cm (Samsu, 2001). Tinggi tanaman edamame (*Glycine max* L. Merril) pada penelitian ini mencapai 89 – 96 cm karena adanya keterlambatan pembungaan sehingga masa vegetatif tanaman lebih panjang dan mengakibatkan pertambahan tinggi yang melebihi umumnya. Selain itu, intensitas cahaya yang kurang optimal (dibawah 36.840 lux) selama proses budidaya menyebabkan tanaman ini memiliki tinggi melebihi kedelai pada umumnya. Menurut Elfarisna (2000), kurangnya intensitas cahaya yang diterima tanaman menyebabkan tanaman kedelai tumbuh lebih tinggi, percabangan dan jumlah buku lebih sedikit (Elfarisna, 2000). Tinggi tanaman juga dipengaruhi salah satunya oleh unsur hara yaitu nitrogen yang berperan dalam merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman, termasuk dalam pertumbuhan batang. Selain dipengaruhi oleh kandungan nitrogen yang ada pada tanah, keberadaan bintil akar juga dapat meningkatkan penyerapan nitrogen pada tanaman (Pangesti, 2021).

Tabel 8. Data Tinggi Tanaman pada Setiap Perlakuan

Tinggi Tanaman (cm)				
Perlakuan	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST
P0	20,75 ± 3,87 ^a	24,58 ± 5,18 ^a	31,29 ± 6,41 ^a	47,67 ± 9,54 ^a
P1	17,83 ± 4,65 ^a	23,41 ± 5,28 ^a	32,12 ± 6,64 ^a	47,68 ± 12,22 ^a
P2	20,33 ± 2,70 ^a	24,42 ± 4,29 ^a	32,46 ± 5,09 ^a	48,84 ± 8,14 ^a
Perlakuan	5 MST	6 MST	7 MST	8 MST
P0	56,58 ± 7,86 ^a	69,00 ± 5,51 ^{ab}	78,75 ± 4,92 ^{ab}	93,92 ± 6,38 ^a
P1	55,50 ± 12,80 ^a	63,83 ± 8,17 ^a	74,75 ± 6,25 ^a	89,75 ± 7,58 ^a
P2	58,63 ± 6,44 ^a	71,25 ± 7,20 ^b	81,75 ± 5,89 ^b	96,75 ± 9,54 ^a

*Keterangan: angka rerata yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan Uji Tukey 95%

Jumlah Daun

Jumlah daun tanaman dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan unsur hara. Fatimah (2008) menyatakan bahwa peningkatan jumlah daun sangat dipengaruhi oleh unsur nitrogen, fosfor dan kalium. Ketersediaan unsur nitrogen, khususnya dapat mempengaruhi jumlah daun pada tanaman. Konsentrasi

nitrogen tinggi umumnya menghasilkan jumlah daun yang lebih besar. Nitrogen dalam jumlah yang cukup di dalam tanah dapat meningkatkan sintesis protein untuk pembelahan dan pembesaran sel yang menyebabkan bertumbuhannya jumlah dan peningkatan ukuran sel. Jumlah daun tanaman dianalisis menggunakan ANOVA dan dilanjutkan dengan uji lanjut dengan metode Tukey untuk melihat signifikansi antar perlakuan. Hasil uji lanjut dengan metode Tukey menunjukkan perbedaan nyata pada pengamatan 6 MST dan 8 MST antara perlakuan pemberian campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam dengan perlakuan pemberian pupuk organik. Sementara itu, perbedaan jumlah daun perlakuan campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam memiliki perbedaan yang tidak nyata dengan perlakuan pemberian pupuk NPK. Perbedaan yang baru terlihat pada pengamatan 6 MST ini dapat disebabkan karena pupuk-pupuk yang digunakan cenderung slow release sehingga hasil dari penggunaannya lebih lambat terlihat (Simanungkalit *et al.*, 2013). Keberadaan bintil akar yang dapat meningkatkan penyerapan nitrogen pada tanaman juga dapat mempengaruhi jumlah daun pada tanaman (Pangesti, 2021).

Tabel 9. Data Jumlah Daun Tanaman pada Setiap Perlakuan

Jumlah Daun (helai)				
Perlakuan	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST
P0	6,42±1,73 ^a	8,42±1,56 ^a	11,00±2,13 ^a	19,50±4,25 ^a
P1	5,67±2,18 ^a	8,50±1,73 ^a	11,75±2,30 ^a	19,33±4,19 ^a
P2	5,92±1,44 ^a	8,75±1,28 ^a	12,33±2,02 ^a	18,67±3,83 ^a
Perlakuan	5 MST	6 MST	7 MST	8 MST
P0	19,08±3,28 ^a	21,33±3,39 ^a	29,00±7,37 ^a	36,92±8,02 ^{ab}
P1	18,50±3,42 ^a	22,25±4,69 ^{ab}	29,41±8,32 ^a	34,5±11,09 ^a
P2	21,33±4,2 ^a	26,17±5,67 ^b	32,75±11,37 ^a	45,00±6,66 ^b

*Keterangan: angka rerata yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan Uji Tukey 95%

Luas Daun

Luas daun merupakan gambaran tentang rasio permukaan daun terhadap luas tanah yang ditempati oleh tanaman untuk tumbuh (Pangesti, 2021). Luas daun menjadi parameter untuk mengetahui laju fotosintesis pertumbuhan per satuan tanaman. Semakin besar luas daun, maka semakin besar pula kemampuan fotosintesis tanaman, serta semakin besar pula laju asimilasi bersih tanaman (Gardner *et al.*, 1991). Pembentukan daun pada tanaman dipengaruhi oleh faktor genetik dan faktor lingkungan. Ketersediaan unsur hara didalam tanah, khususnya nitrogen dapat mempengaruhi pembentukan luas daun pada tanaman (Chaturvedi *et al.*, 2005). Luas daun edamame (*Glycine max* L. Merrill) dianalisis menggunakan ANOVA dan dilanjutkan dengan uji lanjut dengan metode Tukey. Hasil uji lanjut dengan metode Tukey menunjukkan perbedaan nyata antara

perlakuan kontrol NPK (P0) pada 3 MST dan 4 MST pada perlakuan aplikasi pupuk organik komersial (P1) dan campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam (P2). Sementara pada pengamatan 6 MST dan 7 MST, perlakuan kontrol dengan NPK (P0) menunjukkan perbedaan yang nyata dengan perlakuan aplikasi pupuk organik komersial (P1), namun tidak menunjukkan perbedaan nyata terhadap perlakuan campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam (P2).

Menurut Pramono *et al.* (2023), hal ini dapat terjadi karena pupuk NPK yang digunakan cenderung melepaskan nutrisi lebih cepat sementara pupuk organik melepaskan nutrisi secara perlahan. Ketersediaan nutrisi pada perlakuan NPK (P0) yang lebih tinggi pada periode yang lebih awal inilah yang menyebabkan perbedaan luas daun yang signifikan pada tanaman. Unsur N yang tersedia dalam jumlah banyak akan menghasilkan tanaman dengan luas daun yang lebih besar (Rafi, 2019).

Tabel 10. Data Luas Daun Tanaman pada Setiap Perlakuan

Luas Daun (cm ²)				
Perlakuan	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST
P0	20,88±9,46 ^a	27,11±7,93 ^a	38,55 ±9,21 ^b	52,35±6,54 ^b
P1	19,07±11,09 ^a	24,63±8,14 ^a	30,48 ±9,93 ^a	42,04±10,89 ^a
P2	20,18±6,66 ^a	25,82±5,79 ^a	33,83 ±7,32 ^a	42,93±10,81 ^a
Perlakuan	5 MST	6 MST	7 MST	8 MST
P0	75,96±13,50 ^b	92,74±14,68 ^b	105,10 ±19,08 ^b	118,03±19,81 ^a
P1	62,36±16,09 ^a	79,08±8,53 ^a	89,98 ±8,84 ^a	106,08±14,61 ^a
P2	68,66±13,59 ^{ab}	87,09±12,18 ^{ab}	100,45 ±17,27 ^{ab}	116,35±16,61 ^a

*Keterangan: angka rerata yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan Uji Tukey 95%

Umur Berbunga Jumlah Bunga

Edamame (*Glycine max* L. Merrill) tergolong kedalam tanaman berhari pendek yang cepat berbunga dengan penyinaran 10-12 jam (Taufiq & Sundari, 2011), dan tidak mampu berbunga bila penyinaran melebihi 16 jam (Arifin, 2008). Di Indonesia yang memiliki panjang hari yang lebih singkat, umumnya edamame dapat berbunga pada umur 25–40 hari. Sementara itu, di wilayah subtropis dengan panjang hari 14–16 jam, kedelai berbunga pada usia 50–70 hari. Umur berbunga edamame (*Glycine max* L. Merrill) dianalisis menggunakan ANOVA dan dilanjutkan dengan uji lanjut dengan metode Tukey untuk melihat tingkat perbedaan antar perlakuan.

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, terdapat perbedaan yang tidak nyata antara umur berbunga pada ketiga perlakuan. Perlakuan pemberian pupuk organik menghasilkan rata-rata umur berbunga tercepat yaitu 58,67 hari, sementara perlakuan pemberian campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam menghasilkan rata-rata umur berbunga terlambat yaitu 61,25. Keterlambatan pembungaan yang terjadi pada semua perlakuan tanaman edamame diduga disebabkan karena paparan sinar lampu *Screenhouse* yang

lebih dari 12 jam sehari yang terjadi selama penelitian di *Screenhouse* Labtek 1A.

Berdasarkan penelitian Cober *et al.*, (2001) terkait dengan hubungan fotoperiode dan temperatur terhadap kemasakan awal kedelai, tanaman yang diberikan penyinaran 10-12 jam per hari dengan temperatur 28°C mengalami pembungaan pada umur 28 hari, sementara tanaman yang diberikan penyinaran selama 20 jam per hari baru mengalami pembungaan pada hari ke-50. Berdasarkan hasil penelitian dan literatur yang ada, lama fotoperiode mempengaruhi waktu pembentukan bunga. Apabila waktu penyinaran tanaman berada di atas 10-12 jam, maka waktu pembungaan akan menjadi lebih lambat dibandingkan umur berbunga tanaman pada umumnya. Menurut Mayers *et al.* (2006), fotoperiode dapat menunda waktu pembungaan sekitar 24 hari dan menunda kematangan tanaman.

Rata-rata jumlah bunga edamame dalam penelitian berbeda nyata antara perlakuan aplikasi pupuk campuran tulang ayam dan pupuk kandang ayam (P2) dengan aplikasi pupuk organik (P1). Namun, rata-rata jumlah bunga menunjukkan perbedaan yang tidak nyata antara perlakuan pengaplikasian pupuk campuran tulang ayam dan pupuk kandang ayam (P2) dengan perlakuan pengaplikasian pupuk NPK (P0) meskipun campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam (P2) menghasilkan jumlah bunga yang lebih banyak yaitu sebanyak 40,5. Jumlah bunga yang lebih banyak dapat disebabkan oleh kandungan fosfor yang tinggi pada pupuk tulang ayam jika dibandingkan dengan kedua pupuk lainnya. Unsur fosfor berperan dalam pembentukan bunga dan buah, bahan pembentuk inti sel dan dinding sel, mendorong pertumbuhan akar muda dan pemasakan biji, untuk enzim-enzim pernapasan, pembentukan klorofil, penting dalam cadangan dan transfer energi, komponen asam nukleat, dan berperan dalam pengangkutan energi hasil metabolisme dalam tanaman (Maziyah *et al.*, 2023).

Tabel 11. Data Rata-rata Umur Berbunga dan Rata-rata Jumlah Bunga Setiap Perlakuan

Perlakuan	Umur Berbunga (hari)	Jumlah Bunga
P0	61,41 ± 3,73 ^a	32,00 ± 9,69 ^{ab}
P1	58,67 ± 6,99 ^a	30,17 ± 6,34 ^a
P2	61,25 ± 3,82 ^a	40,5 ± 9,46 ^b

*Keterangan: angka rerata yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan Uji Tukey 95%

Jumlah Polong, Bobot Polong per Tanaman, dan Jumlah Biji per Polong

Jumlah polong, bobot polong per tanaman dan jumlah biji per polong dihitung pada saat pemanenan di usia 98 HST. Hasil analisis jumlah polong menghasilkan perbedaan yang nyata antara perlakuan pemberian campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam (P2) dengan kedua perlakuan lainnya. Perlakuan pemberian campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam (P2) menghasilkan rata-rata jumlah polong terbanyak yaitu 38,67. Jumlah ini lebih banyak dibandingkan jumlah polong pada umumnya untuk varietas Biomax 1 yang berkisar antara 20-28 polong/tanaman (Tjap Bukitmas, 2021). Hal ini dapat terjadi karena jumlah bunga pada perlakuan P2 lebih banyak dibandingkan perlakuan lainnya, serta ketersediaan fosfor yang lebih banyak yang terkandung dalam pupuk tulang ayam. Unsur fosfor sangat diperlukan dalam pembentukan buah (polong) dan biji (Taufiq & Sundari) Pada fase generatif tanaman, unsur fosfor berperan dalam pembentukan buah dan mendorong pemasakan biji tanaman (Maziyah *et al.*, 2023).

Berdasarkan deskripsi Edamame varietas Biomax 1 yang diproduksi oleh Tjap Bukitmas, bobot polong tanaman edamame berkisar antara 58-82 gram per tanaman (Tjap Bukitmas, 2021). Apabila dibandingkan dengan hasil panen dalam penelitian, hasil panen ketiga perlakuan berada dibawah kisaran bobot varietas tersebut. Hal ini dapat terjadi karena suhu udara yang berada diatas rentang suhu optimum (15–22° C) pada fase pemasakan polong (Taufiq & Sundari), serta dampak dari paparan sinar yang lebih dari 12 jam karena lampu *Screenhouse*. Menurut Arifin (2008), lama penyinaran yang lebih dari 12 jam dapat menyebabkan keterlambatan pembungaan, penurunan jumlah dan penurunan bobot polong hasil panen. Selain itu, penyinaran yang kurang optimum serta adanya serangan hama kutu putih juga dapat mengurangi hasil panen edamame.

Kutu putih (*Mealybug*) merupakan serangga yang dapat menyerang berbagai inang tanaman (polifag). Salah satu tanaman inang dari kutu putih adalah tanaman yang termasuk dalam kategori kacang-kacangan seperti kedelai (Sakhtivel *et al.*, 2012). *Mealybug* memakan getah tanaman dengan cara menghisap daun dan batang tanaman. Serangan *Mealybug* menyebar secara vertikal, dan hama ini biasanya akan menyebarkan telur-telurnya dibawah tungkai daun atau tersembunyi di lipatan daun. Serangan kutu putih (*Mealybug*) dapat menyebabkan kerugian produksi hingga 58%, dan apabila tidak ditangani dengan baik mungkin untuk menyebabkan kerugian total hingga 100%, tergantung dari tingkat keparahan serangan (Ivakkdalam, 2010).

Perlakuan terbaik pada parameter bobot polong didapatkan pada perlakuan kontrol (P0) yaitu sebesar 40,9 gram, meskipun nilainya tidak berbeda jauh dengan perlakuan campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam (P2) yang memiliki bobot polong sebesar 39,03 gram. Perlakuan pemberian pupuk NPK (P0) menunjukkan perbedaan nyata terhadap bobot polong jika dibandingkan dengan perlakuan pemberian pupuk organik komersial (P1), dan menunjukkan perbedaan yang tidak nyata jika dibandingkan dengan perlakuan pemberian campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam (P2). Bobot polong yang lebih tinggi pada perlakuan NPK dapat terjadi karena nutrisi yang lebih seimbang pada tanaman yang diaplikasikan pupuk NPK, terutama dalam kandungan kalium yang dimiliki.

Menurut Yudi (2017) pengaruh suplai kalium terhadap edamame dapat meningkatkan hasil biji dan meningkatkan kualitas biji. Unsur kalium merupakan unsur esensial yang diperlukan tanaman dalam jumlah yang cukup banyak pada saat pembentukan biji berlangsung, terutama pada tanaman legume atau kacang-kacangan. Penambahan pupuk kalium yang tepat dapat menghasilkan polong yang besar dan bernas, karena cadangan makanan yang ditimbun semakin banyak. Unsur kalium berperan langsung dalam proses fisiologis tanaman dan memiliki peranan dalam aktivasi enzim, merangsang asimilasi dan transport asimilat serta mengatur keseimbangan anion dan kation dalam pengontrolan stomata. Kekurangan kandungan kalium dapat menurunkan fotosintesis dan mengurangi penyaluran karbohidrat sehingga hasil tanaman menjadi rendah (Sufardi, 2012).

Tabel 12 Data Rata-rata Jumlah Polong, Bobot Polong per Tanaman, dan Jumlah Biji per Polong

Perlakuan	Jumlah Polong (buah)	Bobot Polong (gr/tanaman)	Jumlah Biji per Polong
P0	26,17 ± 7,79 ^a	40,9 ± 5,31 ^b	1,94 ± 0,28 ^a
P1	25,50 ± 7,24 ^a	31,71 ± 8,62 ^a	1,97 ± 0,43 ^a
P2	38,67 ± 10,20 ^b	39,03 ± 6,39 ^b	1,89 ± 0,29 ^a

*Keterangan: angka rerata yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan Uji Tukey 95%

Produksi dan Produktivitas

Edamame dipanen pada saat berusia 98 HST dan bobot polongnya ditimbang untuk menghitung produksi dan produktivitasnya. Produksi kedelai edamame pada saat pemanenan mencapai 31,71 gram sampai dengan 40,9 gram polong per tanaman. Perlakuan penggunaan pupuk NPK menghasilkan bobot terbesar yaitu 40,9 gram, disusul dengan perlakuan penggunaan campuran pupuk kandang ayam dan pupuk tulang ayam dengan bobot 39,03, sedangkan perlakuan dengan pupuk organik komersial menghasilkan bobot terendah yaitu 31,71 gram. Perbedaan nyata produksi edamame didapatkan antara perlakuan dengan NPK dan perlakuan campuran pupuk tulang ayam-pupuk kandang ayam dengan perlakuan pupuk organik komersial.

Produktivitas edamame dihitung dengan cara mengestimasi hasil panen yang didapatkan apabila dilakukan penanaman pada lahan 1 hektare menggunakan jarak tanam yang sama menggunakan *polybag*. Secara nilai, perlakuan yang menghasilkan produksi dan produktivitas tertinggi adalah perlakuan kontrol dengan NPK (P0) dengan produksi sebesar 490,8 gram dan produktivitas sebesar 1,47 ton/ha. Namun tidak terdapat perbedaan yang nyata antara perlakuan penggunaan pupuk NPK (P0) dengan penggunaan pupuk campuran tulang ayam dan pupuk kandang ayam (P2) dengan nilai produksi yang didapatkan sebesar 468,38 gram dan 1,40 ton/ha yang dibuktikan dari kesamaan notasi pada kedua perlakuan menurut **Tabel 13**.. Perbedaan nyata ditemukan pada produksi dan produktivitas perlakuan penggunaan pupuk campuran tulang ayam dan pupuk kandang ayam (P2) dengan perlakuan penggunaan pupuk organik komersial (P1) yang bernilai 380,57 gram dan 1,14 ton/ha, serta antara perlakuan kontrol (P0) dengan perlakuan pupuk organik (P1).

Produksi dan produktivitas edamame sangat bergantung pada bobot polong per tanaman pada setiap perlakuan itu sendiri. Produksi dan produktivitas perlakuan NPK yang tinggi dapat terjadi karena nutrisi yang lebih seimbang pada tanaman yang diaplikasikan pupuk NPK, terutama dalam kandungan kalium yang dimiliki. Pengaruh suplai kalium terhadap edamame dapat meningkatkan hasil biji dan meningkatkan kualitas biji. Unsur kalium merupakan unsur esensial yang diperlukan tanaman dalam jumlah yang cukup banyak pada saat pembentukan biji berlangsung, terutama pada tanaman legume atau kacang-kacangan (Yudi, 2017).

Apabila dibandingkan dengan produktivitas edamame pada umumnya yang dapat mencapai 3,5 ton/ha, produktivitas edamame pada ketiga perlakuan dalam penelitian ini cukup rendah. Rendahnya produktivitas ini disebabkan oleh bobot polong per tanaman yang rendah dampak dari paparan cahaya yang lebih dari 12 jam (Arifin, 2008). Edamame tergolong kedalam kategori *short-day plant* atau tumbuhan hari pendek yang membutuhkan panjang malam tertentu untuk

memulai proses pembungaan dan menapai kematangan fisiologis. Edamame memerlukan 10-12 jam durasi gelap per harinya untuk memicu proses pembungaan. Durasi gelap yang kurang dari 10 jam per hari dapat menyebabkan edamame mengalami keterlambatan pembungaan, penurunan kualitas biji yang dihasilkan, serta penurunan produktivitas (Triani, 2007).

Fenomena bergantungnya tanaman terhadap durasi gelap harian untuk merangsang pembungaan disebut sensitivitas fotoperiodik. Sensitivitas fotoperiodik adalah mekanisme di mana bahan kimia tertentu dalam tanaman diubah dari keadaan tidak aktif menjadi aktif untuk merangsang pembungaan atau kematangan. Cahaya yang menyebar lampu jalan, ataupun sumber cahaya lainnya di sekitar tanaman dapat membuat tanaman tetap berada dalam keadaan vegetatif lebih lama dengan membuat mekanisme pembungaan/reproduksi tidak aktif (Brown Jasa, 1997). Keberadaan lampu jalan di sekitar tanaman dapat menyebabkan terganggunya siklus fotoperiodik tanaman dan memperlambat kematangan kedelai serta mengurangi hasil panen (Zong-Ming, 2007). Durasi waktu terang yang lebih lama dibandingkan kebutuhan harian dapat mengakibatkan penurunan bobot polong dan biji, serta keterlambatan kematangan (Palmer *et al.*, 2017).

Selain karena fotoperiodisme, penurunan produktivitas kedelai juga dapat disebabkan oleh serangan hama, seperti yang terjadi pada saat penelitian yaitu serangan hama kutu putih (*Mealybug*) (Ivakdalam, 2010). *Mealybug* adalah serangga kecil yang berbentuk oval dan memiliki tubuh yang lembut, sering kali ditutupi oleh lapisan lilin putih yang menyerupai serbuk. Kutu putih atau *Mealybug* memiliki warna yang bervariasi, seperti warna putih, abu-abu muda, kuning, merah muda, atau oranye, sesuai dengan jenisnya. Serangga ini memiliki bagian mulut yang panjang dan tipis. *Mealybug* dapat ditemukan di berbagai jenis tanaman, terutama di bagian bawah daun, batang, dan area tersembunyi lainnya. *Mealybug* menghisap getah tanaman dan dapat menyebabkan kerusakan serius pada tanaman (Manners & Duff, 2015).

Mealybug cenderung hidup dalam kelompok penyebarannya sangat cepat apabila tidak dikelola dengan baik. Pengendalian *Mealybug* melibatkan pemantauan rutin, penggunaan pestisida, dan penerapan metode pengendalian biologis untuk menjaga kesehatan tanaman dan mencegah kerusakan lanjut akibat serangan hama. *Mealybug* menghisap getah dari berbagai bagian tanaman, termasuk daun, batang, dan akar, yang dapat mengakibatkan pertumbuhan tanaman yang terhambat, daun menguning, dan bahkan rontoknya daun dan polong (buah). *Mealybug* juga menghasilkan madu yang menarik perhatian semut, dan menjadi media yang sempurna untuk pertumbuhan jamur. Hal ini memperburuk keadaan karena jamur yang tumbuh yang dapat menutupi daun dan mengurangi fotosintesis pada tanaman (Manners & Duff, 2015).

Tabel 13. Data Rata-rata Produksi (g/tanaman) dan Produktivitas Tanaman (ton/ha)

Perlakuan	Produksi (g/tanaman)	Produktivitas (ton/ha)
P0	40,9 ± 5,31 ^b	1,47 ^b
P1	31,71 ± 8,62 ^a	1,14 ^a
P2	39,03 ± 6,39 ^b	1,40 ^b

*Keterangan: angka rerata yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan Uji Tukey 95%

Shoot-root ratio

Shoot-root ratio atau nilai rasio tajuk akar ditentukan dengan cara membandingkan nilai bobot kering tajuk dengan bobot kering akar. Rasio tajuk akar menunjukkan seberapa besar hasil fotosintesis yang terakumulasi pada bagian-bagian organ tanaman. Nilai *Shoot-root ratio* yang tinggi menunjukkan distribusi hasil fotosintesis ke arah tajuk lebih cepat dibandingkan ke arah akar dan menghasilkan proporsi akar yang lebih rendah (Rusmana, 2017). Berdasarkan analisis data shoot-root pada ketiga perlakuan, nilai shoot-root tertinggi didapat pada perlakuan P0 dengan aplikasi pupuk NPK, dan terdapat perbedaan yang tidak nyata antara ketiga perlakuan.

Shoot-root ratio yang didapatkan dari percobaan perbedaan pemberian pupuk berkisar antara 2,01 – 2,29. Nilai *Shoot-root ratio* terbesar didapatkan pada perlakuan pemberian pupuk NPK yaitu sebesar 2,29, sementara nilai *Shoot-root ratio* terkecil didapatkan pada perlakuan pemberian pupuk organik komersial, yaitu sebesar 2,01. Menurut literatur, rasio tajuk-akar tanaman edamame berkisar antara 1,1 – 3,45 pada perlakuan perbedaan kondisi nitrogen tanaman edamame di dalam pot (Xia *et al.*, 2017). Perbedaan rasio tajuk-akar (*Shoot-root ratio*) dipengaruhi oleh beberapa faktor pertumbuhan tanaman, seperti tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun. Pertumbuhan dan perkembangan sel-sel dan jaringan tanaman yang mempengaruhi bobot tajuk dan akar tanaman dipengaruhi oleh ketersediaan air dan unsur hara di dalam sel-sel tersebut (Manuhut *et al.*, 2018).

Pembelahan sel akan meningkatkan jumlah sel, salah satunya yaitu sel-sel yang berperan dalam proses fotosintesis di daun, dan sel-sel yang berperan dalam penyerapan air dan berperan dalam produksi karbohidrat di tanaman (Kartika *et al.*, 2016). Semakin tinggi rasio bobot tajuk-akar tanaman, semakin baik pula pertumbuhan tanaman. Sementara itu, dalam hal potensi panen, proporsi tajuk tanaman berpengaruh terhadap jumlah fotosintat yang dialokasikan untuk pembentukan biji. Semakin banyak jumlah daun dan semakin besar luas daun, fotosintat yang dihasilkan dari reaksi fotosintesis akan semakin banyak. Fotosintat hasil reaksi fotosintesis akan digunakan dalam proses pertumbuhan tanaman, terutama dalam proses pembentukan biji (Sari *et al.*, 2019). Proporsi alokasi hasil fotosintat menjadi salah satu penyebab perbedaan nyata pada parameter jumlah polong dan bobot biji tanaman kacang-kacangan. Jumlah polong dan bobot biji tanaman kacang-kacangan merupakan dua karakter yang menjadi indikator utama dalam melihat potensi tanaman kacang-kacangan di lingkungan yang normal dan abnormal (Sadras *et al.*, 2019).

Penelitian mengenai tanaman kacang-kacangan menunjukkan bahwa proporsi tajuk tanaman yang lebih tinggi dapat meningkatkan efisiensi fotosintesis. Efisiensi fotosintesis inilah yang nantinya akan berkontribusi dalam peningkatan produksi biji. Dalam studi yang dilakukan oleh Sari *et al.* (2019), tanaman dengan jumlah daun yang lebih banyak cenderung memiliki kapasitas fotosintesis yang lebih tinggi sehingga dapat menghasilkan lebih banyak cadangan makanan untuk pembentukan biji. Dalam literatur lain, Mahon dan Hobbs (1983) juga menyatakan terkait akan pentingnya proporsi alokasi hasil fotosintat dalam menentukan hasil akhir tanaman, dengan hasil penelitian yaitu tanaman yang mendapatkan nutrisi yang cukup menunjukkan peningkatan signifikan dalam jumlah polong dan bobot biji.

Tabel 14. Data *Shoot-root ratio* Setiap Perlakuan

Perlakuan	<i>Shoot root ratio</i>
P0	2,29 ± 1,22 ^a
P1	2,01 ± 0,94 ^a
P2	2,20 ± 0,71 ^a

*Keterangan: angka rerata yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama, menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan Uji Tukey 95%

Kadar Kalium

Kedelai sayur (edamame) merupakan salah satu komoditas pangan dengan kandungan kalium yang tinggi. Kalium merupakan salah satu mineral esensial yang berperan penting dalam berbagai fungsi tubuh. Di dalam tubuh manusia, kalium berperan dalam menetralkan keasaman urin dan meningkatkan pengeluaran natrium melalui urine. Bahan pangan yang kaya akan kalium dapat meningkatkan kesehatan jantung dan ginjal. Karena itu, kalium merupakan salah satu mineral yang vital bagi manusia.

Berdasarkan data dari Food Data Central (2019), dalam 100 gram biji edamame terkandung 422 mg kalium, sementara menurut Bruulsema *et al.*, (2012), edamame mengandung kalium sampai dengan 539 mg per 100 gram bijinya. Sementara itu, kadar kalium pada penelitian, kadar kalium pada ketiga perlakuan berada di rentang antara 515 – 554 gram, dengan kadar tertinggi pada perlakuan penggunaan pupuk NPK (P0) dan kadar terendah pada perlakuan penggunaan pupuk campuran tulang ayam dan pupuk kandang ayam (P2). Hal ini disebabkan oleh kandungan nutrisi yang terkandung dalam masing-masing pupuk.

Tabel 15. Kadar Kalium pada Biji Kedelai Sayur (Edamame)

Perlakuan	Kadar Kalium (mg/kg)	Kadar Kalium (mg/100g)
P0	5.453,93	545,39
P1	5.534,56	553,46
P2	5.154,89	515,49

Apabila dikalkulasi, kandungan kalium pada perlakuan penggunaan pupuk NPK (P0), pupuk organik komersial (P1), dan campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam (P2) berturut-turut yaitu 0,291 *g/polybag*; 0,369 *g/polybag*; dan 0,164 *g/polybag*. Hal ini sesuai dengan kadar kalium pada biji edamame dimana kadar kalium tertinggi didapatkan pada perlakuan penggunaan pupuk organik komersial (P1), disusul perlakuan penggunaan pupuk NPK (P0) dan hasil terendah didapatkan dari perlakuan penggunaan campuran pupuk kandang ayam dan pupuk kandang ayam (P2). Hal ini terjadi karena perbedaan dosis pupuk yang diberikan dan kandungan nutrisi yang dimiliki setiap perlakuan.

Tabel 16. Kadar Kalium pada Perlakuan P0, P1, dan P2 sesuai Perhitungan Dosis Pemupukan

Perlakuan	Kadar Kalium (g/tanaman)
P0	0,291
P1	0,369
P2	0,164

Kebutuhan kalium harian remaja (usia 14-18 tahun) dan orang dewasa (>18 tahun) mencapai 4.700 mg per harinya (Anavi & Imas, 2013), dengan minimal asupan kalium harian sebesar 2000 mg/hari (Sari, 2019). Kalium merupakan mineral yang tidak dapat diproduksi oleh tubuh sehingga kebutuhan kalium hanya dapat dicukupi dari makanan yang dikonsumsi. Tubuh manusia menggunakan kalium untuk berbagai fungsi, seperti pengaturan aksi potensial listrik membran sel, metabolisme sel, dan sintesis glikogen dan protein. Perubahan homeostasis kalium dapat menyebabkan disfungsi jantung berat sehingga memerlukan pemantauan intensif (Nathania, 2019).

Konsumsi makanan yang kaya kalium sangat disarankan bagi kesehatan karena kalium dapat merangsang respons fisiologis adaptif yang meningkatkan aliran darah ke ginjal dan jantung, serta berkontribusi pada peningkatan kesehatan metabolik secara keseluruhan (Bardhi *et al.*, 2023). Konsumsi makanan dengan kadar kalium yang tinggi juga dapat meningkatkan kepadatan tulang (*bone mineral density*) dan massa tulang (*bone mass*). Konsumsi harian edamame sebanyak 360-390 gram dapat mencukupi kebutuhan kalium harian minimum untuk orang dewasa, berdasarkan konversi perhitungan kadar kalium yang didapatkan dari perlakuan P0, P1, dan P2 dalam penelitian ini.

KESIMPULAN

Aplikasi campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam dalam produksi edamame (*Glycine max* L. Merrill) memiliki perbedaan nyata terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun pada usia 6 MST dan 8 MST, jumlah polong, jumlah bunga, bobot polong per tanaman, produksi, serta produktivitas tanaman. Produksi edamame dengan perlakuan campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam adalah sebesar 39,03 gram per tanaman, sementara produktivitas tanaman yang didapatkan sebesar 1,40 ton/ha. Hasil penelitian yang didapatkan membuktikan peningkatan produktivitas dan produksi pada perlakuan penggunaan campuran pupuk tulang ayam dan pupuk kandang ayam apabila dibandingkan dengan penggunaan pupuk organik komersial, meskipun besarnya masih lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan pupuk NPK sebagai kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Anavi, S. & Imas, P. (2013). *Nutrition and Health: The Importance of Potassium*. International Potash Institute. Basel.
- Ariffin. (2008). Respons tanaman kedelai terhadap lama penyinaran. *Agrivita*, 30(1), 61–66.
- Bardhi, O., Clegg, D. J., & Palmer, B. F. (2023). The role of dietary potassium in the cardiovascular protective effects of plant-based diets. *Elsevier*. 43(2)
- Dinas Pertanian Buleleng. (2016). *Kedelai Edamame (Glycine max L. Merr) dengan Mengupayakan Lahan Kering*. Distan Buleleng.
- Elfarisna. (2000). *Adaptasi kedelai terhadap naungan: Studi Morfologi dan Anatomi*. Tesis, Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Fynnisa, Z., & Rodiansah, A. (2019). Karakterisasi morfologi limbah tulang ayam. *Prosiding Seminar Nasional Multidisiplin Universitas Asahan*. 3, 708-713.
- Gultom, R. R., & Ramerson, J. S. (2020). Pengaruh pemberian pupuk fosfat dan pupuk organik terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai (*Glycine max* L. Merrill). *Jurnal Darma Agung*, 28(2), 253–268.
- Ivkdalam. L. M. (2010). Survei Serangan Hama Baru *Paracoccus marginatus* (Hemiptera Pseudococcidae) Pada Pertanaman Pepaya Di Kabupaten Bogor. *Jurnal Ilmiah Agribisnis dan Perikanan*, 3(2), 60–65.

- Kasai, M. (2008). Effect of growing soybean plants under continuous light on leaf photosynthetic rate and other characteristics concerning biomass production. *Journal of Agron*, 7(2), 156–162.
- Mudiani. (2016). Respon pemberian pupuk kandang ayam dan pupuk kalium terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang kedelai (*Glycine max* L. Merrill). *J. Agrosamudra*, 3(2), 46-54.
- Musdalifah, S., Syamsidar, H. S., & Suriani, S. (2016). Dekolagenasi limbah tulang paha ayam broiler (*Gallus domesticus*) oleh natrium hidroksida (NaOH) untuk penentuan kadar kalsium (Ca) dan fosfat (PO₄). *Al Kimia*, 4(2), 73-85.
- Nathania, M. (2019). Hipokalemia – diagnosis dan tatalaksana. *Jurnal CDK*. 46 (2), 103-108.
- Novita, S. (2019). *Hubungan Asupan Zat Gizi Mikro Natrium dan Kalium dengan Tekanan Darah pada Lansia di Kabupaten Probolinggo*. Universitas Brawijaya Repository.
- Pangesti, D. (2021). *Budidaya Edamame (Glycine max L. Merrill) Tumpang Sari dengan Jagung Manis varietas Exsotic Pertiwi Umur 2 dan 4 Minggu Setelah Tanam*. Tesis. Politeknik Negeri Lampung, Lampung.
- Pantilu, L. I., Mantiri, F. R., & Pandiangan, D. (2012). Respons Morfologi dan Anatomi Kecambah Kacang Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) Terhadap Intensitas Cahaya yang Berbeda. *Jurnal Bioslogos*, 2(2), 79-87.
- Pramono, D., Natawijaya., & Suhardjadinata. (2023). Pengaruh jenis pupuk organik dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai edamame (*Glycine max* L. Merrill). *Media Pertanian*, 8(2), 59-71.
- Purnomo, E., Sutrisno, E. & Sumiyati, S. (2017). Pengaruh Variasi C/N Rasio Terhadap Produksi Kompos dan Kandungan Kalium (K), Pospat (P) dari Batang Pisang dengan Kombinasi Kotoran Sapi dalam Sistem Vermicomposting. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(2), 1-15.
- Rafi, K. (2019). *Uji Efektivitas Kompos Kulit Pisang Sebagai Sumber Kalium pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai Edamame (Glycine max L. Merrill)*. Skripsi. UMY Repository.
- Ramadhani, F. S., & Armaini. (2016). Pemberian pupuk kandang dan volume air terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai edamame (*Glycine max* (L.) Merrill). *JOM Faperta*, 3(1), 1–13.
- Rismaneswati. (2006). Pengaruh terracottem, kompos, dan mulsa jerami terhadap sifat fisik tanah, pertumbuhan dan hasil kedelai pada tanah Alfisol. *J. Agrivigor*, 6(1), 49–56.
- Rusmana. (2017). Rasio Tajuk Akar Tanaman Melon (*Cucumis melo* L.) pada Media Tanam dan Ketersediaan Air yang Berbeda. *Jurnal Agroekoteknologi*, 9(2), 137–142.
- Sakthivel, P., Karuppuchamy P., Kalyanasundaram M., Srinivasan T. (2012). Host plants of invasive papaya *Mealybug*, *Paracoccus marginatus* (Williams and Granara de Willink) in Tamil Nadu. *Madras Agric. J.*, 99, 615–618.
- Sajar, S. (2023). Evaluasi pengaruh pupuk kandang ayam dan kompos gulma ki pahit (*Tithonia devesifolia*) terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai (*Glycine max* L.). *SCENARIO 2023*, 1(1), 376-390.
- Sangatanan, P. D., & Sangatanan, R. L. (1989). *Organic Farming*. Cagayen de Oro.
- Sari, G. L. M., Pertami, R. R. D., & Eliyatiningasih. (2022). Aplikasi pupuk kalium terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman cabai merah besar (*Capsicum anuum* L.). *Agropross*, 221- 233.
- Shafira, O. H., Hendarto, K., Ginting, Y. C., & Ramadiana, S. (2022). Pengaruh dosis pupuk kandang ayam dan aplikasi pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman melon (*Cucumis melo* L.). *Jurnal Inovasi Pembangunan*, 10(1), 39-50.
- Simanungkalit, P., Ginting, J., Simanungkalit, T. (2013). Respon Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Melon (*Cucumis melo* L.) terhadap Pemberian Pupuk NPK dan Pemangkasan Buah. *Jurnal Agroteknologi*, 1(2), 238- 248.
- Sumarno, & A. G. Manshuri. (2016). *Persyaratan tumbuh dan wilayah produksi kedelai*

- di Indonesia*. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi Malang.
- Susanto, G. W. A., & Sundari, T. (2010). Pengujian 15 genotipe kedelai pada kondisi intensitas cahaya 50% dan penilaian karakter tanaman berdasarkan fenotipnya. *J. Biologi Indonesia*, 6(3), 459–471.
- Taufiq, A., & Sundari, T. (2011). *Respon Tanaman Kedelai Terhadap Lingkungan Tumbuh*. *Buletin Palawija No. 23, 13–26 (2012)*. Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Malang.
- Taufiq, A., & Sundari, T. (2016). Respon tanaman kedelai terhadap lingkungan tumbuh. *Buletin Palawija*, 23, 13-26.
- Tjap Bukitmas. (2022). *Benih Edamame Varietas Biomax 1*. Bukitmas Agritech International.
- Werman (2014). Pengaruh Pemberian Pupuk Organik dan Populasi Tanaman yang Berbeda terhadap Pertumbuhan dan Hasil Mentimun (*Cucumis sativus L.*) pada Media Gambut. Skripsi, Universitas Islam Negeri Sultan Sarif Kasim Riau, Riau.
- Xia, X., Ma, X., Dong, S., & Xu, Y. (2017). Effect of nitrogen concentrations on nodulation and nitrogenase activity in dual root systems of soybean plants. *Soil Science and Plant Nutrition*, 63(5), 1-13.
- Yildirim, O. (2004). *Preparation and Characterization of Chitosan/Calcium Phosphate Based Composite Biomaterials*. Izmir Institute of Technology Turkey.