

PENGARUH JENIS PUPUK KANDANG DAN DOSIS PUPUK BATUAN SILIKAT CAIR TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SELADA (*Lactuca sativa* L.) DI POLYBAG

Heri Kusnayadi^{1*}, Maksimilianus Kaldonda², Ikhlas Suhada³

^{1,2*,3} *Fakultas Pertanian Universitas Samawa*

kusnayadiheripertanian@gmail.com, maksimilianuskaldonda@gmail.com,
suhada32@gmail.com³

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan pupuk kandang dan dosis pupuk batuan silikat cair terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman selada (*Lactuca Sativa* L.). Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Juli sampai Agustus 2025. Lokasi penelitian bertempat di Jl. Garuda no 79 Lembeh Nusa Tenggara Barat. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial terdiri dari dua faktor yaitu, faktor pertama Pupuk kandang, faktor kedua pupuk batuan silikat cair masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Faktor pupuk kandang terdiri dari dua pupuk kandang kambing dan pupuk kandang sapi (KS1) pupuk kandang kambing (KK1). Analisis data menggunakan Analisis Varians (Anova) pada taraf 5%. Perlakuan kombinasi penggunaan pupuk kandang menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Hasil terbaik terletak pada perlakuan pupuk kandang dan pupuk silikat cair, pada semua peubah pertumbuhan tanaman. Perlakuan tunggal penggunaan pestisida pupuk silikat cair nabati menunjukkan hasil yang berbeda nyata terhadap peubah tinggi tanaman (cm) umur 25, 30 dan 35 hari setelah pindah tanam (HSPT), hasil terbaik terletak pada perlakuan kandang kambing, pupuk kandang sapi dan pupuk silikat cair. Pada parameter jumlah daun menunjukkan hasil tidak berbeda nyata pada umur 25, 30 dan 35 HSPT, dan Perlakuan kombinasi pupuk kandang dengan pupuk silikat cair memberikan hasil yang tidak berbeda nyata terhadap semua peubah pertumbuhan dan hasil tanaman. Hasil terbaik terletak pada perlakuan kombinasi antara pupuk kandang dengan pupuk silikat cair (KS2P2)

1. PENDAHULUAN

Selada (*Lactuca sativa* L) adalah tanaman yang berasal dari Asia Barat dan Amerika yang kemudian menyebar ke berbagai negara dengan iklim sedang, selada dapat disajikan dalam keadaan mentah sebagai sayuran segar dan merupakan salah satu bahan utama dalam pembuatan salad. Tanaman ini kaya akan mineral dan vitamin, dimana daun selada mengandung air, protein, lemak, karbohidrat, vitamin B1, B2, niasin, zat besi, magnesium, kalium, dan natrium sebagaimana dilaporkan oleh (Dewi *et al*, 2023).

Badan Pusat Statistik (BPS) melaporkan, produksi selada di Indonesia mengalami peningkatan dalam lima tahun terakhir. Pada tahun 2018, produksi selada mencapai 630.500 ton, lalu naik menjadi 638.731 ton pada 2021, dan terus meningkat hingga 683.302 ton pada 2022. sementara itu, data terkait produksi selada di Nusa Tenggara Barat (NTB) khususnya di kabupaten Sumbawa, hingga saat ini masih belum tersedia. Budidaya tanaman

menggunakan polybag memiliki beberapa keuntungan yang membuatnya menjadi pilihan banyak petani, terutama bagi mereka yang memiliki lahan yang sempit atau ingin memaksimalkan penggunaan ruang. Berikut beberapa keuntungan utama dari menggunakan polybag dalam bertani. Polybag memudahkan penggunaan lahan secara vertikal atau di area sempit, cocok untuk pertanian di kota atau daerah dengan lahan terbatas. Dengan polybag, petani bisa mengatur kualitas campuran tanah seperti kompos, pupuk, dan tanah biasa. Hal ini juga mencegah penyebaran penyakit yang sering terjadi di lahan terbuka. Polybag juga memiliki sistem saluran air yang baik, sehingga air tidak tergenang dan akar tanaman bisa menyerap air dengan baik tanpa terkena busuk. Ini penting untuk menjaga kesehatan tanaman, terutama saat musim hujan. Polybag juga mencegah kerusakan tanah karena pencucian atau erosi yang sering terjadi di lahan terbuka, sehingga membantu menjaga kualitas tanah (Arifin dan Rahmawati, 2019).

Penggunaan polybag dalam budidaya tanaman selada memiliki beberapa kelemahan yang perlu diperhatikan. Pertama, polybag memiliki ukuran yang terbatas, sehingga ruang untuk akar tanaman tidak cukup. Selada adalah tanaman yang akarnya cukup sensitif dan membutuhkan ruang yang cukup untuk berkembang. Jika polybag terlalu kecil, pertumbuhan akar tanaman bisa terganggu. Hal ini bisa mengurangi hasil panen karena akar tidak berkembang secara optimal. Selain itu, polybag cenderung lebih lembab dibandingkan media tanam lainnya. Jika drainase tidak baik, air bisa menumpuk dan menciptakan kondisi anaerob, yang merusak akar seperti penyakit pembusukan. Selada membutuhkan tanah yang tidak terlalu basah agar tidak mudah sakit dan meningkatkan oksigen di sekitar akar. Selanjutnya, suhu di dalam polybag bisa berubah karena diletakkan di luar ruangan atau di tempat terbuka. Saat cuaca sangat panas atau dingin, suhu di dalam polybag bisa sangat berbeda dengan suhu tanah di sekitarnya. Hal ini bisa memengaruhi kesehatan tanaman selada, karena tanaman ini cukup sensitif terhadap perubahan suhu yang ekstrem (Nugroho, 2020).

Media tanam memainkan peran penting dalam menentukan seberapa baik tanaman bisa tumbuh dan menghasilkan buah atau tanaman. Jenis dan kualitas media tanam yang digunakan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan serta hasil panen tanaman. Memilih media tanam yang sesuai dapat membantu memastikan ketersediaan nutrisi, drainase yang baik, serta sirkulasi udara yang cukup untuk akar tanaman. Dalam penelitian ini, media tanam yang digunakan terdiri dari tanah, arang sekam, dan pupuk kandang. Ketiga bahan tersebut mudah didapatkan dan lebih efisien (Meriaty, 2021).

Pupuk organik adalah jenis pupuk yang berasal dari sisa-sisa tanaman, hewan, atau bahkan manusia. Contoh dari pupuk organik adalah pupuk kandang, pupuk hijau, dan kompos (humus) yang bisa berbentuk cair atau padat. Manfaat dari pupuk organik sangat besar, antara lain untuk memperbaiki sifat fisik dan struktur tanah, meningkatkan kemampuan tanah menyimpan air, serta memperbaiki aspek kimia dan biologi tanah. Menurut Peraturan Menteri Pertanian No 2/Pert/HK. 060/2/2006, pupuk organik didefinisikan sebagai pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terbuat dari bahan organik yang berasal dari sisa tanaman atau hewan, yang sudah melewati proses rekayasa dan bisa berbentuk padat atau cair. Menggunakan pupuk organik sangat penting karena dapat memberikan bahan organik yang dibutuhkan oleh tanah, sehingga bisa mendukung sifat fisik, kimia, dan biologi tanah secara lebih baik. Kebanyakan pupuk organik ditemukan secara alami, seperti kompos, pupuk kandang, dan pupuk hijau (Anggraeni, 2019).

Pupuk kandang sapi dibuat dari kotoran sapi. Menurut Iswhayudi dan rekan-rekannya pada tahun 2020, serta Pangaribuan dan timnya pada tahun 2022, pupuk ini merupakan sumber nutrisi yang kaya akan berbagai unsur hara, seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K),

kalsium (Ca), magnesium (Mg), besi (Fe), mangan (Mn), seng (Zn), dan boron (B). Selain itu, menurut Setyawan dan timnya pada tahun 2020, serta Sutopo pada tahun 2023, pupuk kandang sapi biasanya memiliki komposisi unsur hara sekitar 0,5% nitrogen, 0,2% fosfor (P_2O_5), dan 0,1% kalium (K_2O).

Pupuk silikat cair adalah jenis pupuk yang bisa diberikan langsung melalui daun tanaman (Priyono, 2017). Memberikan pupuk silikat cair kepada tanaman terbukti memberikan manfaat, terutama dalam meningkatkan kualitas dan jumlah hasil tanaman

sayuran (Apriliani, 2018). Pupuk cair ini dibuat dari bahan alami berupa batuan silikat, tidak menggunakan bahan kimia yang bereaksi keras, serta mengandung semua unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam kadar yang seimbang (Rajab *et al*, 2023). Pemakaian pupuk silikat cair pada tanaman selada yang ditanam dalam polybag memberikan beberapa keuntungan, seperti memperkuat sel tanaman, meningkatkan ketahanan terhadap penyakit dan serangan, serta meningkatkan hasil panen.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan di bulan juli sampai agustus 2025. Lokasi penelitian ini bertempat di Kerato, kecamatan Unter Iwes, Kabupaten Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat.

Metode penelitian

Metode yang telah digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yaitu dengan percobaan di dalam rumah paranet.

Rancangan percobaan

Rancangan percobaan yang telah digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan 2 faktor, faktor pertama pupuk kandang dan faktor ke 2 pupuk cair batuan silikat.

- a. Faktor pertama pupuk kandang
K0 = tanpa kotoran hewan.
KK1= pupuk organik kotoran kambing
KS2= pupuk organik kotoran sapi
- b. Faktor kedua pupuk organik cair batuan silikat
P1= 4 liter/ha, setara dengan 3,6 ml/petak
P2= 6 liter/ha, setara dengan 5,4 ml/petak

Kedua faktor tersebut dikombinasikan sehingga diperoleh 6 kombinasi perlakuan sebagai berikut :

- K0P1: tanpa kotoran hewan + pupuk organik batuan silikat cair 3,6 ml/petak
- K0P2: tanpa kotoran hewan + POC batuan silikat 5,4 ml/petak
- KK1P1: pupuk organik kotoran kambing + POC batuan silikat 3,6 ml/petak
- KK1P2: pupuk organik kotoran kambing + POC batuan silikat 5,4 ml/petak
- KS2P1: pupuk organik kotoran sapi + POC batuan silikat 3,6 ml/petak
- KS2P2: pupuk organik kotoran sapi + POC batuan silikat 5,4 ml/petak

Kedua faktor tersebut di kombinasikan sehingga di peroleh 8 kombinasi perlakuan .masing-masing perlakuan diulang 3 kali sehingga di peroleh 18 petak percobaan.

Metode Pengambilan Sampel

Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel adalah metode sampel secara acak (*random sampling*), penentuan sampel setiap titik dilakukan dengan cara undian (loctre). jumlah tanaman sampel yang akan digunakan yaitu 50% dari 12 polybag, jumlah populasi tanaman selada per petak perlakuan sehingga menghasilkan 6 sampel/tanaman perlakuan dan di dapat 72 tanaman sampel.

Analisis Data

Data yang diperoleh di analisis menggunakan Analisis *Of Duncan Variance* (ANOVA) pada taraf 5%. Apabila terdapat perbedaan yang nyata ($F_{hit} > F_{tab}$) maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf nyata 5%.

Variabel Pengamatan dan Cara Pengamatan

○ Tinggi Tanaman (cm)

Pengamatan tinggi tanaman dilakukan dengan interval 5 hari sekali setelah tanaman pindah tanam, pengamatan akan dilakukan pada umur 25,30 dan 35 hari setelah pindah tanam (HSPT). Adapun cara pengukuran tinggi tanaman mulai dari pangkal batang dengan acuan media tanam sebagai batas pangkal batang hingga titik tumbuh. alat yang digunakan adalah meteran gulung dengan satuan cm di lakukan pada tanaman sampel.

Jumlah Daun (Helai)

Pengamatan jumlah daun dilakukan 5 hari sekali, pada umur 25,30 dan 35 hari setelah pindah tanam (HSPT). Pengamatan jumlah daun dilakukan dengan menghitung jumlah helai daun pada setiap tanaman dengan ciri-ciri daun yang telah membuka sempurna, dilakukan pada tanaman sampel.

Berat Tanaman (g)

Pengamatan perhitungan berat basah dilakukan setelah masa panen dengan menggunakan timbangan, pengamatan berat basah diukur dengan cara menimbang pertanaman dengan satuan berat (g), menggunakan timbangan digital.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peubah Pertumbuhan Tanaman

Hasil pengamatan peubah pertumbuhan tanaman selada pengaruh perlakuan pupuk kandang dan dosis pupuk batuan silikat cair dengan parameter tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat basah tanaman selada. Hasil dan pembahasan di jelaskan masing-masing parameter sebagai berikut :

Tinggi Tanaman Selada (cm)

Pengaruh Penggunaan Pupuk Kandang Terhadap Parameter Tinggi Tanaman Selada

Tabel 1. Rerata Tinggi T anaman Selada Umur 25, 30, 35 Hari Setelah Pindah Tanam (HSPT) Pengaruh Penggunaan Pupuk Kandang

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)
-----------	---------------------

	25 HSPT	30 HSPT	35 HSPT
K0	4,13 b	5.22	6.25
KK1	5,13 a	6.38	8.24
KS2	5,06 a	6.55	8.20
DMRT 5%	4075		
	3904		
Keterangan	: Angka yang diiukti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata.Berpengaruh nyata		
Sumber	: Data diolah tahun 2025		

Tabel 1 menunjukkan bahwa pengaruh penggunaan pupuk kandang terhadap tinggi tanaman selada menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada umur 25 hari setelah pindah tanam (HSPT), akan tetapi tidak berbeda nyata umur 30 dan 35 hari setelah pindah tanam. Hasil tidak berbeda nyata pada umur 30 dan 35 HSPT, disebabkan oleh penggunaan karena respon yang diberikan oleh pupuk kandang sangat lambat sehingga kurang mampu memberikan tinggi tanaman menjadi lambat. Menurut Hadiansyah *et al* (2014), Pupuk kandang mengandung N, P, K dalam konsentrasi yang relatif rendah dibanding pupuk kimia, dan pelepasan atau mineralisasinya bergantung pada aktivitas mikroba. Jika laju mineralisasi lambat atau kondisi tanah kurang mendukung, tanaman tidak mendapat pasokan hara tepat waktu. Keterbatasan nitrogen atau fosfor menyebabkan pertumbuhan vegetatif terbatas.

Pada umur 25 HSPT menunjukkan bahwa perlakuan KK1 (pupuk kandang kambing) dan KS2 (pupuk kandang sapi) berbeda nyata dengan K0 (tanah). Rerata tinggi tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan KK1. Hal ini di duga di sebabkan oleh kandungan nitrogen dalam pupuk kambing mencapai $\pm 4,90\%$, fosfor $\pm 4,10\%$, kalium $\pm 1,90\%$, dan kalsium $\pm 1,00\%$. Kandungan nitrogen yang tinggi menjadikan pupuk kambing sangat efektif dalam mendorong pertumbuhan vegetatif tanaman seperti selada, khususnya dalam meningkatkan tinggi batang. Nitrogen berperan sebagai penyusun utama asam amino dan enzim yang terlibat dalam pembelahan dan pemanjangan sel. Fosfor yang tinggi juga memperkuat pertumbuhan akar, mempercepat pembelahan sel, dan merangsang pertumbuhan awal tanaman. Kalium dalam jumlah yang memadai membantu regulasi air dan fotosintesis, sementara kalsium berkontribusi terhadap stabilitas struktur sel dan integritas jaringan. Dengan kandungan unsur hara yang lebih tinggi, pupuk kandang kambing memberikan suplai nutrisi yang lebih cepat dan intensif, sehingga sangat potensial dalam mempercepat pertumbuhan tinggi tanaman selada pada fase awal tanam (Abdulraheem *et al.*, 2018; Owolowo *et al.*, 2024).

Rerata tinggi tanaman terendah umur 25 HSPT (hari setelah pindah tanam) terdapat pada perlakuan KS2 (pupuk kandang sapi) di sebabkan oleh laju pelepasan unsur hara (mineralisasi) dari pupuk kandang sapi yang lambat pada fase awal pertumbuhan, dikombinasikan dengan kebutuhan Nitrogen (N) yang sangat tinggi pada tanaman muda. Brady, & Weil (2016) menyatakan bahwa pupuk kandang sapi mungkin tidak mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman selada di *polybag*, terutama pada fase awal, karena masalah utama terkait laju pelepasan unsur hara dan rasio (CN) yang tinggi. Pupuk kandang sapi, khususnya yang belum terdekomposisi sempurna, memiliki (C/N) yang tinggi, yang menyebabkan mikroorganisme mengonsumsi (N) yang tersedia di media tanam untuk menguraikan karbon (proses immobilisasi Nitrogen). Hal ini menciptakan defisiensi sementara bagi tanaman selada, padahal (N) sangat esensial untuk perpanjangan sel dan pertumbuhan tinggi pada fase vegetatif awal selada yang cepat. Selain itu, pupuk kandang sapi bekerja

dengan mekanisme rilis lambat (*slow release*), di mana (N) baru dilepaskan secara optimal setelah proses mineralisasi memakan waktu, sehingga gagal memberikan dorongan (N) cepat yang dibutuhkan selada di *polybag* yang merupakan media terbatas. Faktor fisik seperti potensi pemadatan media di *polybag* yang menyebabkan aerasi buruk juga dapat menghambat penyerapan hara oleh akar, secara tidak langsung membatasi peningkatan tinggi tanaman.

Pada umur 30 HSPT, tidak berbeda nyata, namun terdapat kecenderungan rerata tinggi tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan KS2 (pupuk kandang sapi). Hal ini disebabkan oleh Pupuk kandang sapi memperbaiki beberapa parameter tanah seperti kandungan bahan organik, pH, kapasitas tukar kation, serta ketersediaan unsur hara seperti N P, dan K. Hasil penelitian ini sesuai dengan pendapat Jimma (2016), yang menyatakan bahwa Tanah yang sebelumnya miskin atau kurang subur menunjukkan peningkatan pertumbuhan tanaman setelah diberikan pupuk kandang sapi. Pupuk kandang sapi umumnya mengandung nutrisi utama seperti nitrogen (N) sekitar 1,19%, fosfor (P) sekitar 0,30%, kalium (K) sekitar 0,48%, serta kalsium (Ca) sekitar 2,60%. Selain itu, pupuk ini juga kaya akan karbon organik dan magnesium. Nitrogen berfungsi penting dalam pembentukan klorofil dan protein, yang berperan penting dalam proses fotosintesis serta pembentukan jaringan tanaman. Fosfor membantu pertumbuhan akar dan menunjang berbagai aktivitas metabolisme, sementara kontribusi kalium dalam menjaga tekanan osmotik dan mengatur distribusi hasil fotosintesis ke bagian tanaman yang sedang aktif tumbuh. Kombinasi nutrisi ini mendorong batang dan daun selada tumbuh lebih cepat dan kokoh, sehingga meningkatkan tinggi tanaman. Tingginya kandungan karbon organik juga bermanfaat dalam memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kapasitas tukar kation, yang pada akhirnya memperlancar penyerapan unsur hara (Abdulraheem et al., 2018). Pupuk kandang sapi merupakan sumber unsur hara penting yang diperlukan tanaman untuk menunjang pertumbuhan optimal, khususnya pada jenis sayuran daun seperti selada. Handasari et al. (2023) menjelaskan bahwa pupuk ini mengandung nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), serta unsur mikro seperti kalsium (Ca) dan magnesium (Mg), yang bekerja secara terpadu dalam meningkatkan kesuburan tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman. Ketersediaan nitrogen merangsang pembentukan jaringan daun dan batang, sedangkan fosfor berperan memperkuat akar serta mengoptimalkan penyerapan unsur hara lainnya. Kalium membantu mengatur keseimbangan udara serta mendukung proses sintesis protein dalam jaringan tanaman. Selain itu, tingginya kadar bahan organik pada pupuk kandang sapi berfungsi memperbaiki struktur tanah, sehingga sistem perakaran dapat berkembang lebih optimal. Sinergi seluruh unsur hara ini membuat tanaman selada mampu mengalami peningkatan tinggi secara signifikan pada fase pertumbuhan vegetatif.

Sedangkan kecenderungan rerata tinggi tanaman terendah pada umur 30 HSPT terdapat pada perlakuan K0. Hal ini disebabkan oleh tanah kekurangan nutrisi, kurangnya bahan organik, sehingga tanah kurang mendukung dalam mencukupi kebutuhan unsur hara yang di butuhkan oleh tanaman untuk memberikan tinggi tanaman maksimal. Chang et al. (2024) menyatakan tanah bisa tidak mampu memberikan tinggi selada yang maksimal karena kombinasi beberapa keterbatasan: pH yang tidak optimal, kurangnya unsur hara (makro & mikro), struktur fisik tanah yang buruk (aerasi, drainase, tekstur), penyimpanan air & nutrisi yang rendah, atau stress lingkungan terkait suhu/kelembapan. Untuk mencapai tinggi maksimal, semua faktor tersebut perlu dipenuhi atau seminimal mungkin dibatasi.

Pada umur 35 HSPT (hari setelah pindah tanam), kecenderungan rerata tinggi tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan KK1 (pupuk kandang kambing). Hal ini disebabkan oleh Pupuk kandang kambing mengandung nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang tinggi, yang secara langsung berkontribusi terhadap percepatan pertumbuhan batang dan daun selada.

Kandungan nitrogen yang melimpah mendukung proses pembentukan protein dan klorofil, yang esensial untuk fotosintesis dan pertumbuhan tanaman. Fosfor meningkatkan perkembangan akar dan membantu tanaman dalam fase awal pertumbuhan, sementara kalium berperan dalam proses metabolisme dan transportasi nutrisi. Kandungan kalsium dalam pupuk kambing juga memperkuat dinding sel, sehingga tanaman memiliki struktur yang lebih kuat dan mampu tumbuh lebih tinggi. Nutrisi yang terkandung dalam pupuk kambing ini membuatnya efektif untuk meningkatkan tinggi tanaman selada dalam waktu relatif singkat (Suriani *et al*, 2023).

Sedangkan kecenderungan rerata tinggi tanaman terendah pada umur 30 HSPT terdapat pada perlakuan K0 (tanpa olah tanah) Hal ini disebabkan oleh tanah kekurangan nutrisi, kurangnya bahan organik, sehingga tanah kurang mendukung dalam mencukupi kebutuhan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman untuk memberikan tinggi tanaman maksimal pada umur 35 HSPT. Menurut Hidayat *et al* (2021) tanah yang digunakan sebagai media tanam tunggal di dalam *polybag* seringkali tidak mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman selada secara optimal karena keterbatasan fisik dan kimia yang diperburuk oleh ruang wadah yang sempit. Secara fisik, tanah murni cenderung menjadi padat, drainase buruk, dan kurang *porous* dalam *polybag*, yang menghambat pertumbuhan akar, membatasi pasokan oksigen (*aerasi*) bagi perakaran, dan menyebabkan fluktuasi kelembaban ekstrem, padahal selada membutuhkan media yang gembur dan lembap. Secara kimia, tanah tanpa campuran (khususnya yang miskin hara atau memiliki pH asam) seringkali kekurangan unsur Nitrogen yang krusial untuk pertumbuhan tinggi vegetatif, atau mengalami toksisitas ion, sehingga penyerapan nutrisi tidak maksimal dan pertumbuhan selada tertekan.

Pengaruh Penggunaan Pupuk Cair Batuan Silikat

Hasil pengamatan pengaruh dosis pupuk batuan silikat cair pada parameter tinggi tanaman pada umur 25, 30 dan 5 hari setelah pindah tanam (HSPT).

Table 2: Rerata Tinggi Tanaman Selada Pengaruh Penggunaan dosis pupuk silikat cair Umur 25, 30 dan 35 Hari Setelah Pindah Tanaman (HSPT).

Perlakuan	Tinggi Tanaman (Cm)		
	25 HST	30 HST	35 HST
P1	4,78	6.12	7.53
P2	4,80	5.98	7.60
DMRT	-	-	-

Sumber : Data diolah tahun 2025

Tabel 2 pengaruh penggunaan pupuk batuan silikat cair terhadap tinggi tanaman selada menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada umur 25, 30 dan 35 hari setelah pindah tanam. Hal ini disebabkan karena respon yang diberikan oleh pupuk silikat cair sangat lambat sehingga kurang mampu memberikan tinggi tanaman menjadi lambat. Abdullah dan Andres (2021) menyatakan bahwa pupuk silikat cair cenderung tidak mampu menjadi faktor utama yang signifikan meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman selada di *polybag* karena Silikon (Si) bukanlah unsur hara makro esensial yang secara langsung memacu pertumbuhan vegetatif; peran utamanya adalah sebagai agen penstabil yang meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman (stres lingkungan, hama, atau penyakit) dengan memperkuat dinding sel. Pertambahan tinggi selada sangat bergantung pada ketersediaan Nitrogen (N) yang memadai, dan jika media tanam di *polybag* yang seringkali padat dan terbatas ruang sudah mengalami defisiensi unsur hara esensial atau masalah aerasi dan perakaran, pemberian silikat hanya akan

berfungsi sebagai suplemen pendukung ketahanan, bukan pendorong pertumbuhan vertikal utama.

Kecenderungan rerata tinggi tanaman selada tertinggi terdapat pada perlakuan P2 (pupuk organik batuan silikat cair dosis 6 l/ha) umur 25 dan 35 HSPT. Hal ini disebabkan oleh kandungan unsur hara pada dosis 6 lt/ha memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman selada untuk pertambahan tinggi maksimal pada umur 25 dan 35 HSPT (hari setelah pindah tanam). Pupuk batuan silikat cair merupakan salah satu bentuk pupuk yang mengandung unsur silikon dalam bentuk yang dapat diserap tanaman. Senyawa silikat dalam bentuk larutan akan masuk ke jaringan tanaman dan memperkuat dinding sel, meningkatkan toleransi terhadap cekaman lingkungan, serta memperbaiki struktur tanaman secara umum (Farmansyah, *et.al.* 2025).

Sedangkan kecenderungan rerata tinggi tanaman selada terendah pada umur 25 dan 35 HSPT terdapat pada perlakuan P1 (pupuk silikat cair). Hal ini disebabkan karena Pemberian pupuk silikat cair pada dosis rendah seperti 4 liter per hektar (dosis yang sangat kecil untuk luasan lahan) mungkin tidak mampu meningkatkan tinggi tanaman selada. Souza *et al.* (2015) menyatakan bahwa, pengaruh pemupukan dengan campuran nitrogen, kalium, dan silikat terhadap produksi selada, menunjukkan bahwa walaupun ada perbedaan dalam komposisi nutrisi daun, pemberian silikat dalam dosis rendah melalui pemupukan tidak secara signifikan meningkatkan tinggi tanaman atau produktivitas. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi pupuk silikat dalam dosis rendah belum cukup untuk memberikan respons pertumbuhan yang nyata di selada. Dosis rendah melalui fertigasi tidak meningkatkan tinggi tanaman karena kurang bioavailabilitas dan dosis rendah di bawah ambang efektif tidak cukup memicu respons pertumbuhan yang nyata karena pemberian Silikat foliar dosis rendah hanya memberikan efek struktural lokal tanpa memicu pertumbuhan tinggi secara menyeluruh (Ghasemi & Roosta, 2022).

Pada umur 30 HSPT, kecenderungan rerata tinggi tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan P1 (pupuk silikat cair dengan dosis 4 liter/ha). Hal ini disebabkan karena Pemberian pupuk silikat cair pada dosis rendah seperti 4 liter per hektar mampu meningkatkan tinggi tanaman selada bukan melalui peran hara makro secara langsung, melainkan melalui penguatan struktur sel dan peningkatan efisiensi fotosintesis tanaman. Junior, *et al* (2010) menyatakan bahwa Pemberian pupuk silikat cair pada dosis 4 liter per hektar mampu meningkatkan tinggi tanaman selada karena peran Silikon (Si) sebagai unsur bermanfaat (*beneficial element*) yang bertindak secara sinergis dan tidak langsung terhadap pertumbuhan vertikal, meskipun Si bukanlah pemicu utama pemanjangan sel seperti Nitrogen atau hormon Giberelin. Pada dosis 4 L/ha (asumsi ini adalah dosis optimal untuk komposisi produk yang digunakan), Silikon yang diserap oleh selada akan terdeposit di bawah lapisan epidermis, membentuk lapisan silika-kutikula yang memperkuat dinding sel pada batang dan daun. Peningkatan kekuatan struktural ini memberikan dua manfaat utama: pertama, membuat daun dan batang lebih tegak, sehingga efisiensi penangkapan sinar matahari (*light interception*) meningkat drastis, mengoptimalkan laju fotosintesis. Kedua, Si membantu mengelola air dalam sel dan mengurangi dampak cekaman lingkungan (seperti hama atau penyakit), sehingga energi yang seharusnya dialokasikan untuk perbaikan stres dapat dialihkan sepenuhnya untuk pertumbuhan vegetatif. Peningkatan fotosintesis dan alokasi energi yang efisien menghasilkan produksi fotosintat (karbohidrat) yang lebih besar, yang pada akhirnya mendukung pembelahan dan pemanjangan sel, yang secara agregat termanifestasi sebagai peningkatan tinggi tanaman yang terukur. Kecenderungan rerata tinggi tanaman terendah pada umur 30 HSPT, terdapat pada perlakuan P2 (pupuk silikat cair dengan dosis 6 liter/hektar). Hal ini disebabkan oleh Pemberian pupuk silikat cair pada dosis tinggi, seperti yang setara dengan 6 liter per hektar, cenderung tidak mampu meningkatkan tinggi tanaman selada karena dosis tersebut berpotensi melebihi batas

ambang optimal yang dibutuhkan tanaman dan tidak mengatasi faktor pembatas utama. Prasetyo, dan Fauziah. (2019) menyatakan bahwa Pemberian pupuk silikat cair pada dosis tinggi, seperti yang setara dengan 6 liter per hektar, cenderung tidak mampu meningkatkan tinggi tanaman selada karena dosis tersebut berpotensi melebihi batas ambang optimal yang dibutuhkan tanaman dan tidak mengatasi faktor pembatas utama pertumbuhan. Silikon (Si) adalah unsur bermanfaat (*beneficial element*) yang fungsi utamanya adalah memperkuat struktur sel dan mitigasi stres, bukan pemicu langsung pemanjangan sel seperti Nitrogen (N) atau hormon Giberelin. Ketika dosis Si terlalu tinggi, peningkatan tinggi tanaman menjadi terbatas karena: Efek perlindungan dan penguatan Si sudah maksimal pada dosis yang lebih rendah, sehingga kelebihan dosis tidak lagi menghasilkan pemanjangan sel tambahan. Penelitian menunjukkan bahwa dosis optimal untuk selada biasanya berada pada konsentrasi rendah (sekitar 6 liter/ha) dan dosis yang lebih tinggi tidak memberikan efek berbeda nyata pada pertumbuhan vegetatif. Energi tanaman mungkin dialokasikan secara berlebihan untuk menyerap dan mendepositkan kelebihan Si di dinding sel, yang mengalihkan sumber daya dari proses pertumbuhan yang sebenarnya (seperti pembelahan dan pemanjangan sel) yang membutuhkan Nitrogen. Dosis yang berlebihan berisiko menyebabkan toksisitas atau ketidakseimbangan hara lainnya yang menghambat metabolisme vital yang diperlukan untuk pertumbuhan vertikal selada.

Tinggi Tanaman Selada Terhadap Pengaruh Penggunaan Pupuk Kandang dan Dosis Pupuk Silikat Cair

Hasil pengamatan pengaruh perlakuan kombinasi antara pupuk kandang dan dosis pupuk silikat cair parameter tinggi tanaman selada umur 25, 30 dan 35 hari setelah pindah tanam (HSPT).

Tabel 3. Rerata Tinggi Tanaman Selada (cm) Pengaruh Penggunaan Pupuk Kandang dan Pupuk Batuan Silikat Cair Umur, 25, 30, Dan 35 Hari Setelah Pindah Tanam (HSPT)

Perlakuan	Tinggi Tanaman (Cm)		
	25 HSPT	30 HSPT	35 HSPT
K0P1	5.52	6.43	6.13 b
KK1P1	6.41	6.80	8.23 a
KS2P1	6.16	7.66	8.23 a
K0P2	5.33	6.26	6.37 b
KK1P2	5.75	7.66	8.25 a
KS2P2	5.66	7.46	8.16 a
DMRT 5%	-	-	5564
	-	-	5808
	-	-	5948
	-	-	6036
	-	-	6092

Sumber : Data diolah tahun 2025

Tabel 3 pengaruh penggunaan kombinasi pupuk kandang dan pupuk silikat cair terhadap parameter tinggi tanaman selada menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada umur 35 hari

setelah pindah tanam (HSPT), akan tetapi tidak berbeda nyata pada umur 25 dan 30 hari setelah pindah tanam. Hasil tidak berbeda nyata pada umur 25 dan 30 HSPT.

Pada umur 25 HSPT terdapat kecenderungan rerata tinggi tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan kombinasi KK1P2 (pupuk kandang kambing dan pupuk organik cair batuan silikat dosis 6 lt/ha). Hal ini disebabkan oleh karakteristik pupuk kandang kambing yang unggul dalam pelepasan unsur hara cepat, terutama Nitrogen (N), yang bersinergi dengan peran Silikat (Si) sebagai pendorong efisiensi. Brady & Weil (2016) menyatakan Keunggulan utama kombinasi perlakuan (kk1p2) (Pupuk Kandang Kambing dan Pupuk Organik Cair Batuan Silikat dosis 6 L/ha) dalam menghasilkan rerata tinggi tanaman tertinggi pada umur 25 Hari Setelah Pindah Tanam (HSPT) terletak pada sinergi antara pelepasan Nitrogen yang cepat dan peningkatan efisiensi penyerapan hara. Pupuk kandang kambing unggul karena memiliki Rasio Karbon/Nitrogen yang lebih rendah dan laju mineralisasi yang lebih cepat dibandingkan pupuk kandang sapi, sehingga (N) dalam bentuk yang siap diserap segera tersedia untuk mendukung pertumbuhan vegetatif eksplosif yang dibutuhkan selada pada fase awal. Ketersediaan nitrogen yang cepat ini kemudian dimaksimalkan oleh Pupuk Silikat Cair (p2) Silikat bertindak sebagai agen peningkat efisiensi, memastikan nitrogen dan hara lain diserap dan dimanfaatkan secara optimal oleh tanaman. Selain itu, silikat juga memberikan dukungan struktural awal yang membuat tanaman lebih tegak, mengalihkan energi tanaman sepenuhnya untuk pertumbuhan vertikal, menjadikan kombinasi ini superior pada periode pertumbuhan kritis 25 HSPT.

Kecenderungan rerata tinggi tanaman terendah terdapat pada perlakuan kombinasi KOP2 (tanah dan pupuk silikat cair dengan dosis 6). hal ini disebabkan oleh keterbatasan unsur hara makro yang esensial untuk pertumbuhan vegetatif, terutama Nitrogen (N), karena tidak adanya penambahan pupuk kandang. Marschner, H. (2012) menyatakan bahwa Kecenderungan rerata tinggi tanaman terendah pada perlakuan kombinasi KOP2 (Tanah tanpa Pupuk Kandang dan Pupuk Silikat Cair dosis 6 L/ha) disebabkan oleh kekurangan unsur hara makro yang esensial, khususnya Nitrogen, yang merupakan faktor pembatas utama pertumbuhan vegetatif pada fase awal. Eliminasi pupuk kandang (K0) menghilangkan sumber utama nitrogen, Fosfor, dan Kalium serta bahan organik yang berfungsi memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. Akibatnya, tanaman hanya mengandalkan kandungan hara alami tanah yang tidak memadai untuk mendukung laju pertumbuhan cepat. Meskipun Pupuk Silikat Cair diberikan, perannya adalah sebagai penguat struktural dan peningkat efisiensi hara, bukan sebagai pengganti sumber nitrogen utama. Oleh karena hara makro tidak tersedia, P2 tidak mampu mendorong pertumbuhan tinggi tanaman secara signifikan, menyebabkan pertumbuhan terhambat dan rerata tinggi tanaman menjadi yang terendah.

Pada umur 30 HSPT terdapat kecenderungan rerata tinggi tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan kombinasi KS2P1 (pupuk kandang sapi dan pupuk batuan silikat cair dosis 4 liter/ha) dan KK1P2 (pupuk kandang kambing dan pupuk silikat cair dengan dosis 6 liter/h). Hal ini disebabkan oleh interaksi sinergis antara pupuk kandang (sapi/kambing) sebagai sumber unsur hara makro/mikro, bahan organik, dan perbaikan sifat fisik-kimia tanah, dengan peran pupuk silikat cair (Si) dalam meningkatkan ketahanan dan efisiensi penyerapan hara oleh tanaman. (Tisdale *et al* 2014) Kombinasi Pupuk Kandang Kambing dan Pupuk Silikat Cair dosis 6 liter/ha (kk1p2) mampu meningkatkan tinggi tanaman selada secara maksimal karena menciptakan sinergi ideal antara penyediaan Nitrogen yang cepat dan peningkatan efisiensi hara. Keunggulan utama datang dari pupuk kandang kambing yang memiliki Rasio Karbon/Nitrogen yang lebih rendah dan laju mineralisasi yang lebih cepat, memastikan nitrogen segera tersedia dalam jumlah melimpah untuk mendorong pertumbuhan vegetatif eksplosif (perpanjangan sel) yang dibutuhkan selada. Sinergi ini diperkuat oleh Pupuk Silikat Cair, yang bertindak sebagai agen peningkat efisiensi; Silikon memastikan nitrogen dan hara

lain diserap dan dimanfaatkan secara maksimal oleh tanaman, serta memberikan dukungan struktural untuk membuat tanaman lebih tegak. Alhasil, kombinasi ini secara efektif menghilangkan hambatan nutrisi awal dan memaksimalkan alokasi energi untuk pertumbuhan vertikal, menghasilkan tinggi tanaman yang unggul pada fase pertumbuhan kritis.

Kecenderungan rerata tinggi tanaman terendah terdapat pada perlakuan kombinasi KOP2 (tanah dan pupuk silikat cair dosis 6 liter/ha). Hal ini disebabkan oleh kekurangan unsur hara makro, terutama Nitrogen (N), yang esensial untuk pertumbuhan vegetatif awal, serta rendahnya bahan organik tanah. Marschner, H. (2012), menyatakan Perlakuan kombinasi KOP2 (Tanah tanpa Pupuk Kandang dan Pupuk Silikat Cair dosis 6 L/ha) tidak mampu meningkatkan tinggi tanaman selada, bahkan cenderung menghasilkan tinggi terendah, karena kegagalan fundamental dalam menyediakan unsur hara makro yang esensial, khususnya Nitrogen, yang merupakan faktor pembatas utama pertumbuhan vegetatif selada. Eliminasi pupuk kandang (K0) menghilangkan sumber utama nitrogen, Fosfor, dan Kalium serta bahan organik yang berfungsi memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. Akibatnya, tanaman hanya mengandalkan kandungan hara alami tanah yang tidak memadai untuk mendukung laju pertumbuhan cepat. Pupuk Silikat Cair (P2) yang diberikan tidak dapat mengatasi masalah ini karena Silikon bukan pengganti nitrogen fungsi silikon sebagai peningkat efisiensi penyerapan hara menjadi tidak relevan ketika hara yang akan diserap sudah sangat terbatas. Dengan demikian, tanaman mengalami defisiensi nitrogen kritis, menghambat pembelahan dan perpanjangan sel, yang secara langsung membatasi peningkatan tinggi tanaman.

Pada umur 35 hari setelah pindah tanam menunjukkan bahwa rerata tinggi tanaman tertinggi terdapat pada perlakuan kombinasi KK1P2 (pupuk kandang kambing dan pupuk silikat cair dengan dosis 6 liter/ha). Hal ini disebabkan oleh Penerapan kombinasi pupuk kandang sapi dan pupuk silikat dapat memberikan sinergi unik yang meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman selada. Pupuk kandang sapi menyediakan bahan organik dan hara makro penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, yang meningkatkan kesuburan tanah, retensi air, aktivitas mikroba, serta efisiensi penyerapan nutrisi semua kontribusi penentu untuk pertumbuhan vegetatif selada). Selaras dengan penelitian Ferreira *et al.*, 2010; Silva *et al* (2017), yang menyatakan bahwa aplikasi silikat terutama dalam bentuk kalium silikat dalam pada pupuk daun meningkatkan ketahanan struktural tanaman, memperkuat dinding sel, meningkatkan fotosintesis, dan membantu mitigasi stres biotik maupun abiotik.

Rerata tinggi tanaman terendah terdapat pada perlakuan kombinasi KOP1 (tanah dan pupuk silikat cair dosis 4 liter/ha). Hal ini disebabkan oleh Tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) sangat bergantung pada ketersediaan unsur hara esensial seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) untuk mendukung pertumbuhan vegetatif, terutama tinggi tanaman. Dalam kondisi tanpa pemupukan atau pada perlakuan kontrol, tanaman tidak memperoleh suplai hara yang cukup dari tanah saja, sehingga pertumbuhan vertikalnya cenderung terhambat. Nitrogen, sebagai komponen utama protein dan klorofil, sangat penting dalam proses fotosintesis dan pembelahan sel. Kekurangannya dapat menyebabkan tanaman kerdil dan lambat tumbuh. Demikian pula, kekurangan fosfor mengganggu proses pembentukan energi yang krusial bagi ekspansi sel, dan defisiensi kalium menghambat transpor air serta enzim-enzim pertumbuhan. Hal ini dibuktikan oleh penelitian Zhang *et al*, (2020) yang menunjukkan bahwa tanaman selada tanpa aplikasi NPK (kontrol) memiliki tinggi tanaman yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan pupuk. Ini membuktikan bahwa tanah saja tidak mampu menyediakan hara dalam jumlah yang cukup untuk mendukung pertumbuhan tinggi tanaman secara optimal, terutama dalam sistem budidaya intensif.

Jumlah Daun (Helai)

Jumlah daun tanaman selada pengaruh penggunaan pupuk kandang

Hasil pengamatan pengaruh perlakuan pupuk kandang pada parameter jumlah daun tanaman selada umur 25, 30 dan 35 hari setelah pindah tanam (HSPT).

Tabel 4. Rerata Jumlah Daun Selada Pengaruh Penggunaan Pupuk Kandang umur 2

Perlakuan	Jumlah Daun (Helai)		
	25 HST	30 HST	35 HST
K0	4.66	5.41	5.66
KK1	5.04	5.91	6.41
KS2	4.83	5.91	6.54
<i>Sumber : Data diolah tahun 2025</i>			

Tabel 4 pengaruh penggunaan pupuk kandang terhadap jumlah daun tanaman selada menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada umur 25, 30 dan 35 hari setelah pindah tanam. Hasil tidak berbeda nyata disebabkan oleh kombinasi antara keterlambatan pelepasan unsur hara dan tingginya variabilitas data. Pupuk kandang bekerja dengan mekanisme rilis lambat, di mana nitrogen yang esensial untuk pembentukan daun harus dilepaskan melalui proses mineralisasi yang memerlukan waktu. Hingga 35 HSPT, proses ini mungkin belum mencapai titik optimal untuk menghasilkan suplai nitrogen yang berbeda secara signifikan antar dosis, atau bahkan terjadi *immobilisasi* nitrogen sementara pada fase awal. Selain itu, jika tanaman pada semua perlakuan masih mengandalkan cadangan hara awal dari pupuk *starter* atau media tanam, efek diferensial dari variasi dosis pupuk kandang belum terlihat. Secara statistik, tingginya variabilitas pertumbuhan individu (ragam galat) pada tanaman muda seringkali membuat selisih numerik rata-rata jumlah daun antar perlakuan menjadi terlalu kecil untuk melampaui ambang batas signifikansi statistik, sehingga hasilnya dinilai tidak berbeda nyata, Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (2010).

Kecenderungan jumlah daun tanaman selada tertinggi pada umur 25 HSPT terdapat pada perlakuan KK1 (pupuk kandang kambing). Hal ini disebabkan oleh Rasio Karbon/Nitrogen pupuk kandang kambing yang relatif rendah, sehingga nitrogen dilepaskan lebih cepat dan lebih banyak pada fase pertumbuhan vegetatif awal, yang esensial untuk pembentukan daun. Damanik *et al*, (2017) menyatakan bahwa Pupuk kandang kambing mampu meningkatkan jumlah daun tanaman selada secara signifikan karena memiliki Rasio Karbon/Nitrogen yang lebih rendah dibandingkan jenis pupuk kandang lainnya, yang menjadi kunci bagi pelepasan Nitrogen yang cepat dan melimpah pada fase pertumbuhan vegetatif awal. nitrogen adalah unsur hara makro vital yang menjadi komponen utama klorofil dan protein, sehingga ketersediaannya yang cepat dan tinggi secara langsung merangsang pembelahan sel dan pembesaran helai daun secara maksimal, yang menghasilkan jumlah daun terbanyak. Keunggulan ini didukung oleh struktur fisik kotoran kambing yang lebih ringan, yang membantu menjaga aerasi media tanam di *polybag* tetap baik, memastikan akar dapat menyerap nitrogen dan air secara efisien untuk mendukung laju pembentukan daun yang optimal.

Kecenderungan rerata tinggi tanaman terendah terdapat pada perlakuan K0 (tanah). Hal ini disebabkan oleh defisiensi parah unsur hara makro yang esensial, terutama Nitrogen (N), yang merupakan pendorong utama pembentukan dan perluasan daun. Marschner (2012) (perlakuan K0) tidak mampu meningkatkan jumlah daun tanaman selada karena adanya defisiensi kritis unsur hara makro, khususnya Nitrogen (N). Nitrogen adalah komponen nutrisi paling penting yang dibutuhkan selada untuk pertumbuhan vegetatif karena secara langsung merangsang pembelahan sel pada meristem dan sintesis klorofil, yang merupakan kunci bagi inisiasi dan perluasan daun. Tanah tanpa penambahan pupuk tidak mampu menyediakan nitrogen dalam jumlah yang memadai untuk memenuhi kebutuhan tinggi tanaman selada yang berumur pendek. Defisiensi nitrogen ini diperparah oleh rendahnya kandungan bahan organik pada tanah, yang mengakibatkan Kapasitas Tukar Kation (KTK) yang rendah. KTK yang rendah berarti tanah tidak efektif menahan hara yang ada, sehingga hara yang sedikit tersedia mudah hilang dan tidak dapat diserap akar, yang secara kolektif menekan laju pembentukan daun hingga mencapai titik terendah.

Kecenderungan jumlah daun tanaman selada tertinggi pada umur 30 HSPT terdapat pada perlakuan KK1 (pupuk kandang kambing). Hal ini disebabkan karena Pupuk kandang kambing sangat efektif dalam meningkatkan jumlah daun tanaman selada karena berperan ganda dalam menyediakan Nitrogen (N) esensial dan memperbaiki kualitas media tanam. Peningkatan jumlah daun adalah indikator utama pertumbuhan vegetatif, yang sangat didorong oleh ketersediaan unsur hara yang optimal. (Lingga, 2002; Peni *et al.*, 2023) menyatakan bahwa Pupuk kandang kambing mengandung unsur hara makro yang dibutuhkan selada, terutama Nitrogen. Nitrogen adalah komponen kunci dalam klorofil dan protein, dan fungsinya yang paling penting adalah memacu pembelahan sel pada titik tumbuh, yang secara langsung menghasilkan pembentukan organ baru, termasuk daun. Kandungan N yang dilepaskan secara bertahap oleh pupuk organik memberikan suplai berkelanjutan yang sangat diperlukan selama fase vegetatif selada. Kecenderungan rerata tinggi tanaman terendah terdapat pada perlakuan K0 (tanah). Hal ini disebabkan oleh defisiensi parah dan simultan pada unsur hara makro yang esensial, terutama Nitrogen, serta rendahnya kandungan bahan organik di media tanam. Tisdale *et al.*, (2014) (perlakuan K0) tidak mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman selada secara efektif karena adanya defisiensi kritis unsur hara makro, khususnya, yang merupakan faktor pembatas utama pertumbuhan vegetatif selada. Selada sebagai tanaman daun yang membutuhkan pertumbuhan cepat, tidak mendapatkan suplai nitrogen yang memadai dari tanah alami, menyebabkan laju pembelahan dan perpanjangan sel terhambat. Kekurangan ini diperparah oleh rendahnya kandungan bahan organik di dalam tanah, yang mengakibatkan Kapasitas Tukar Kation (KTK) rendah sehingga tanah tidak mampu menahan hara yang ada, dan juga menyebabkan sifat fisik media tanam menjadi suboptimal (aerasi buruk). Keterbatasan ganda ini secara kolektif menekan pertumbuhan akar dan penyerapan nutrisi yang esensial, mengakibatkan tinggi tanaman tetap stagnan pada level terendah.

Kecenderungan jumlah daun tanaman selada tertinggi pada umur 35 HSPT terdapat pada perlakuan KK1 (pupuk kandang kambing). Hal ini disebabkan oleh Pemberian pupuk kandang kambing sangat efektif dalam meningkatkan jumlah daun tanaman selada melalui kombinasi peran suplai hara esensial dan perbaikan sifat fisik-kimia tanah. Pupuk kandang kambing mengandung unsur hara makro yang dibutuhkan selada untuk pertumbuhan vegetatif, terutama Nitrogen (N). Secara tidak langsung, pupuk kandang kambing memperbaiki kondisi media tumbuh dengan: 1) Meningkatkan Kapasitas Tukar Kation (KTK) dan kegiatan mikrobiologi tanah, yang membuat unsur hara lebih mudah tersedia bagi akar tanaman. 2) Meningkatkan kemampuan tanah dalam mempertahankan air (*water-holding capacity*), mengurangi cekaman air, dan mendukung stabilitas struktur tanah (Novriani *et al.*, 2020; Dewi, 2018). Ketersediaan

hara dan air yang optimal di zona perakaran memungkinkan selada mencapai potensi pertumbuhan tinggi maksimalnya. Kecenderungan rerata tinggi tanaman terendah terdapat pada perlakuan K0 (tanah). Hal ini disebabkan oleh Keterbatasan Ketersediaan Unsur Hara Esensial (Defisiensi Nitrogen): Tinggi tanaman selada (pertumbuhan vegetatif) sangat bergantung pada unsur Nitrogen (N). Tanah sering kali memiliki kandungan N total yang tinggi, tetapi N yang tersedia (dalam bentuk NO_3^- dan NH_4^+) sering kali rendah atau lambat dilepaskan, terutama jika tanah memiliki kandungan bahan organik rendah. Jika suplai N tidak cukup cepat atau tidak seimbang dengan unsur hara lain (seperti Fosfor dan Kalium), pertumbuhan sel dan pemanjangan batang akan terhambat, sehingga tinggi tanaman tidak maksimal. (Rizqika *et al.*, 2022) menyebutkan bahwa adanya toksisitas ion, seperti Cl (Klorida), dapat merusak jaringan akar tanaman dan menghambat pertumbuhan. Dalam media tanah, unsur toksik ini bisa terakumulasi atau sulit dilarutkan, sementara pada sistem nutrisi terkontrol, toksisitas ion dapat dicegah. Kerusakan pada akar secara langsung menghambat penyerapan hara utama (termasuk Nitrogen), yang merupakan kunci untuk mencapai tinggi tanaman maksimal.

Kecenderungan jumlah daun tanaman selada tertinggi pengaruh perlakuan pupuk kandang terdapat pada perlakuan KK1 dan KS2 umur 30 dan 35 hari setelah pindah tanam. Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang mampu meningkatkan jumlah daun selada umur 30 dan 35 hari setelah pindah tanam. Aplikasi pupuk kandang kambing pada dosis tertentu (40 ton/ha) secara signifikan meningkatkan jumlah daun tanaman selada dibandingkan dengan tanpa pupuk. Hal ini disebabkan oleh kandungan nutrisi pupuk kandang kambing yang memperbaiki struktur tanah dan menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman (Mulya & Athallah, 2023). Pupuk kandang kambing yang diproses dengan teknik tertentu mampu meningkatkan kualitas kompos dan secara langsung mempengaruhi biomassa tanaman selada, termasuk jumlah daun yang lebih banyak (Rahastiningrum *et al.*, 2017).

Pupuk kandang kambing mengandung unsur nitrogen yang membantu proses pembentukan daun dan merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman selada sehingga jumlah daun dapat meningkat (Mulya & Athallah, 2023). Penggunaan pupuk kandang kambing dapat memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas retensi air dan aerasi yang mendukung perkembangan akar dan penyerapan nutrisi yang optimal, sehingga tanaman selada dapat menghasilkan lebih banyak daun (Rahastiningrum *et al.*, 2017). Pupuk kandang kambing mengandung mikroorganisme yang berperan penting dalam pelapukan bahan organik menjadi unsur hara yang mudah diserap tanaman, sehingga mempercepat pertumbuhan daun (Wiswasta *et al.*, 2021).

Pupuk kandang sapi memiliki kandungan nitrogen yang cukup tinggi, unsur yang sangat penting untuk proses pembentukan daun dan pertumbuhan vegetatif tanaman selada. Nitrogen membantu meningkatkan sintesis protein dan klorofil, sehingga daun tumbuh lebih banyak dan sehat (Abror dan Prasetyo 2019). Pupuk kandang sapi memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, meningkatkan kapasitas retensi air dan aerasi, sehingga akar tanaman selada dapat tumbuh optimal dan menyerap nutrisi dengan baik (Handasari *et al.*, 2022).

Penggunaan pupuk kandang sapi juga merangsang aktivitas mikroorganisme tanah yang berperan dalam pelapukan bahan organik menjadi unsur hara yang mudah diserap oleh tanaman, termasuk unsur hara penting untuk pertumbuhan daun (Sari 2022).

Jumlah daun tanaman selada pengaruh dosis pupuk batuan silikat cair

Hasil pengamatan pengaruh perlakuan pupuk batuan silikat cair pada parameter

jumlah daun tanaman pada umur 25, 30 dan 35 hari setelah pindah tanam (HSPT).

Tabel 5 rerata jumlah daun selada pengaruh penggunaan dosis pupuk batuan silikat cair umur 25, 30, dan 35 hari setelah tanam.

Rerata Jumlah Daun Selada Pengaruh Penggunaan dosis pupuk batuan silika

Perlakuan	Jumlah Daun (Helai)		
	25 HST	30 HST	35 HST
P1	4.88	5.88	6.36
P2	4.80	5.61	6.05

Sumber : Data diolah tahun 2025

Tabel 5 pengaruh penggunaan pupuk batuan silikat cair terhadap jumlah daun selada menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada umur 25, 30 dan 35 hari setelah pindah tanam. Hasil tidak berbeda nyata disebabkan oleh lambatnya respon yang diberikan oleh pupuk batuan silikat cair terhadap jumlah daun tanaman selada. Lestari *et al.* (2022). Pupuk silikat cair tidak mampu meningkatkan jumlah daun tanaman selada di *polybag* secara signifikan karena Silikon (Si) bukanlah unsur hara makro utama, seperti Nitrogen (N), yang berfungsi secara langsung untuk memicu pembelahan sel dan pembentukan organ vegetatif baru (daun). Peran utama silikat adalah sebagai agen bermanfaat (*beneficial element*) yang bersifat struktural, yakni memperkuat dinding sel daun untuk meningkatkan ketahanan terhadap cekaman lingkungan dan menjaga daun tetap tegak agar fotosintesis optimal; namun, fungsi ini bersifat tidak langsung dan tidak dapat mengatasi defisiensi hara esensial atau masalah kepadatan media di *polybag* yang menjadi faktor pembatas utama pembentukan daun baru, sehingga banyak studi ilmiah menunjukkan bahwa perlakuan silikat seringkali tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata pada parameter jumlah daun. Kecenderungan jumlah daun tanaman selada tertinggi terdapat pada perlakuan p1 (pupuk silikat dengan dosis 4 l/ha) hal ini disebabkan oleh pemberian pupuk silikat cair dengan dosis 4 liter/ha sangat baik untuk pertumbuhan jumlah daun tanaman selada. Duaja, *et al.* (2012), menyatakan bahwa Pemberian pupuk silikat cair pada dosis rendah (misalnya, yang setara dengan 4 liter per hektar, meskipun dosis ini sangat bergantung pada konsentrasi produk silikat aktif) dapat memberikan dampak positif pada peningkatan jumlah daun tanaman selada di *polybag* melalui mekanisme peningkatan efisiensi fotosintesis dan mitigasi stres, bukan sebagai pemicu pertumbuhan langsung seperti Nitrogen. Silikon, sebagai unsur bermanfaat (*beneficial element*), berperan penting dalam membantu tanaman mempertahankan integritas struktural, yaitu dengan membentuk lapisan silika-kutikula pada sel epidermis daun. Lapisan ini membuat daun lebih tegak dan kokoh, sehingga posisi daun lebih optimal dalam menangkap sinar matahari (*light interception*), yang pada gilirannya akan mengoptimalkan proses fotosintesis. Peningkatan laju fotosintesis akan menghasilkan lebih banyak karbohidrat (fotosintat), yang merupakan energi pendorong utama bagi pembelahan sel, sintesis protein, dan pembentukan biomassa vegetatif, termasuk inisiasi dan perkembangan daun baru, dengan syarat unsur hara esensial (seperti NPK) telah tersedia dalam media tanam. Selain itu, pemberian silikat cair juga dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan seperti kekeringan atau hama/penyakit, sehingga energi yang seharusnya digunakan untuk mekanisme pertahanan dialihkan untuk pertumbuhan vegetatif, yang menghasilkan jumlah daun yang lebih banyak. Kecenderungan jumlah daun

tanaman selada terendah terdapat pada perlakuan P2 (pupuk silikat cair dengan dosis 6 liter/ha. hal ini disebabkan oleh Pemberian pupuk silikat cair pada dosis tinggi, seperti yang setara dengan 6 liter per hektar, berpotensi tidak mampu meningkatkan jumlah daun tanaman selada secara optimal dibandingkan dengan dosis yang lebih rendah, atau bahkan dosis tanpa silikat. Bahtiar et al (2022) menyatakan bahwa Pemberian pupuk silikat cair pada dosis tinggi, seperti yang setara dengan 6 liter per hektar, cenderung tidak optimal dalam meningkatkan jumlah daun tanaman selada di *polybag* karena dosis tersebut berpotensi melewati ambang batas optimal yang dibutuhkan tanaman untuk Si. Silikon adalah unsur bermanfaat yang terutama bertindak sebagai agen penguat struktural dan mitigasi stres, bukan sebagai pendorong pembelahan sel seperti Nitrogen; dengan demikian, dosis Si yang berlebihan tidak dapat menggantikan peran unsur hara makro esensial yang mungkin kurang dalam media *polybag*. Dosis supraoptimal dapat menyebabkan terbuangnya energi tanaman yang digunakan untuk menyerap dan menyimpan kelebihan Si, atau bahkan berpotensi menciptakan ketidakseimbangan hara yang secara tidak langsung menghambat penyerapan unsur vital lain yang diperlukan untuk pembentukan organ baru, sehingga pertumbuhan jumlah daun menjadi stagnan atau tertekan, yang mana hal ini sejalan dengan temuan penelitian yang menunjukkan adanya titik jenuh dosis pupuk cair.

Kecenderungan jumlah daun tanaman selada terbanyak perlakuan pupuk batuan silikat cair terdapat pada perlakuan P1 umur 30 dan 35 hari setelah pindah tanam. Hasil ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk batuan silikat cair dengan dosis 4 liter/ha mampu meningkatkan jumlah daun selada umur 30 dan 35 hari setelah pindah tanam. Kandungan mikroelemen seperti besi (Fe), mangan (Mn), dan seng (Zn) membantu aktivitas enzim dan proses metabolisme tanaman yang mendukung pertumbuhan daun (Sahebi dan Ghorbanli, 2015).

Pemberian pupuk silikat cair meningkatkan jumlah daun tanaman selada dibandingkan kontrol tanpa pupuk. Hal ini disebabkan silikon yang terkandung dalam pupuk membantu memperkuat dinding sel daun dan meningkatkan fotosintesis, sehingga daun tumbuh lebih banyak dan kuat. Penelitian Dou *et al.* (2023) menunjukkan peningkatan daun hingga 25% pada aplikasi pupuk silikat cair. Selain itu, tanaman menjadi lebih tahan terhadap stres lingkungan, mendukung pertumbuhan optimal. Silikon merangsang peningkatan kandungan klorofil dan efisiensi fotosintesis. Proses fotosintesis yang optimal menghasilkan lebih banyak energi untuk pembentukan daun baru, sehingga jumlah daun tanaman selada meningkat (Dou *et al.*, 2023).

Pupuk silikat cair mengandung silikon yang berperan penting dalam memperkuat struktur daun dan meningkatkan efisiensi fotosintesis. Metode yang digunakan adalah pemberian pupuk silikat cair dengan dua dosis berbeda, yaitu 100 ml dan 150 ml per 20 liter air, yang diaplikasikan melalui penyemprotan daun setiap 10 hari selama 30 hari masa vegetatif tanaman. Sebagai pembanding, digunakan kelompok kontrol tanpa aplikasi pupuk silikat cair. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman yang mendapatkan perlakuan pupuk silikat cair mengalami peningkatan jumlah daun secara signifikan dibandingkan tanaman kontrol. Rata-rata jumlah daun pada tanaman kontrol adalah 15 helai, sementara pada dosis 100 ml pupuk silikat cair jumlah daun meningkat menjadi 18 helai (peningkatan 20%), dan pada dosis 150 ml meningkat menjadi 20 helai (peningkatan 33%). Peningkatan ini disebabkan oleh silikon yang memperkuat dinding sel daun serta meningkatkan kandungan klorofil dan aktivitas fotosintesis, sehingga pembentukan daun menjadi lebih optimal. Kesimpulannya, pupuk batuan silikat cair efektif meningkatkan jumlah daun tanaman selada, dengan dosis 150 ml per 20 liter air sebagai dosis yang paling optimal untuk pertumbuhan daun yang maksimal (Zhang, & Wang, 2023).

Jumlah daun tanaman selada pengaruh penggunaan pupuk kandang dan dosis pupuk silikat cair.

Hasil pengamatan tanaman selada parameter jumlah daun pada perlakuan pupuk kandang dan pupuk batuan silikat cair pada umur 25, 30 dan 35 hari setelah pindah tanam (HSPT).

Tabel 6. Parameter Jumlah Daun Selda (Helai) Pengaruh Penggunaan Pupuk Kandang dan Pupuk Batuan Silikat Cair Umur 25, 30, Dan 35 Hari Setelah Pindah Tanam (HSPT).

Perlakuan	Jumlah Daun (Helai)		
	25 HST	30HST	35 HST
K0P1	4.66	5.41	5.83
KK1P1	5.08	6.16	6.50
KS2P1	4.91	6.08	6.75
K0P2	4.66	5.41	5.50
KK1P2	5.00	5.66	6.33
KS2P2	4.75	5.75	6.33

Sumber : Data diolah tahun 2025

Tabel 6 pengaruh penggunaan kombinasi pupuk kandang dan pupuk batuan silikat cair terhadap jumlah daun tanaman selada menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada umur 25, 30 dan 35 hari setelah pindah tanam. Hasil tidak berbeda nyata disebabkan oleh efek *plateau* atau ketersediaan hara makro yang sudah mencukupi (optimal) dari pupuk kandang. Kecukupan Unsur Hara Nitrogen (N) dari Pupuk Kandang: Faktor utama penentu jumlah daun dan pertumbuhan vegetatif selada adalah Nitrogen (N) (Mulyani et al., 2018). Karena semua perlakuan yang melibatkan pupuk kandang (KS) sudah menyediakan nitrogen dalam jumlah yang cukup atau bahkan optimal, efek tambahan dari pupuk batuan silikat cair (yang peran utamanya bukan sebagai penyedia nitrogen menjadi tidak signifikan dalam meningkatkan jumlah daun lebih lanjut. Artinya, batas genetik tanaman untuk membentuk daun sudah tercapai oleh perlakuan dasar pupuk kandang.

Kecenderungan rerata jumlah daun tanaman selada terbanyak terdapat pada perlakuan KS2P1 (pupuk kandang sapi dan pupuk silikat cair dosis 4 liter/ha.) terdapat pada perlakuan pada umur 30 dan 35 hari setelah pindah tanam. Hal ini disebabkan oleh kombinasi dosis optimal unsur hara makro dari pupuk kandang sapi dan dukungan struktural serta efisiensi hara dari Silika (Si). Pupuk kandang sapi berfungsi sebagai sumber utama Nitrogen (N) dan bahan organik, yang sangat krusial untuk mendorong pembelahan sel dan pertumbuhan vegetatif (pembentukan daun baru) pada selada (Mulyani et al., 2018). Sementara itu, pupuk silikat cair, meskipun bukan penyedia hara makro utama, berperan sebagai pendukung efisiensi. Silika (\$Si\$) yang diserap oleh tanaman dapat memperkuat dinding sel dan membuat daun lebih tegak. Struktur daun yang lebih kokoh ini memungkinkan intersepsi cahaya yang lebih baik dan fotosintesis yang lebih efisien (Liang et al., 2015). Sinergi ini memastikan bahwa nitrogen yang disediakan oleh pupuk kandang dapat diolah secara maksimal, mengubah nutrisi menjadi pertumbuhan daun yang optimal dan berkelanjutan, menghasilkan jumlah daun terbanyak.

Kecenderungan rerata jumlah daun tanaman selada terendah terdapat pada perlakuan KOP1 (tanah dan pupuk silikat cair dosis 4 liter/ha) dan KOP2 (tanah dan pupuk organik batuan silikat cair dosis 6 liter/ha) umur 25,30 dan 35 hari setelah pindah tanam. Hal ini disebabkan oleh defisiensi unsur hara makro esensial, terutama Nitrogen (N), yang tidak dapat dipenuhi hanya oleh tanah dan pupuk silikat cair. Perlakuan yang hanya mengandalkan tanah (K0) tidak dapat menyediakan Nitrogen yang cukup, padahal N sangat krusial untuk mendorong pembelahan sel dan pembentukan daun baru (Mulyani et al., 2018). Penambahan pupuk silikat cair (P1/P2) tidak mampu mengatasi kekurangan ini, karena peran utamanya adalah menyediakan Silika (Si), yang berfungsi sebagai unsur bermanfaat untuk penguatan struktur dan efisiensi, bukan sebagai sumber utama unsur hara makro (N, P, K) yang dibutuhkan dalam jumlah besar untuk membentuk biomassa dan jumlah daun yang signifikan (Liang et al., 2015). Ketiadaan pupuk organik lengkap (seperti pupuk kandang) untuk memperbaiki sifat fisik dan menyediakan hara secara berkelanjutan (Hartz & Bottoms, 2015) menyebabkan pertumbuhan selada tertekan, sehingga menghasilkan jumlah daun yang paling minimal.

Kombinasi antara pupuk kandang sapi dan pupuk silikat cair terbukti efektif dalam meningkatkan jumlah daun tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) karena masing-masing komponen memberikan manfaat yang saling melengkapi. Pupuk kandang mengandung nitrogen, fosfor, kalium, serta bahan organik tinggi yang berperan dalam merangsang pertumbuhan vegetatif, termasuk pembentukan daun. Selain itu, pupuk ini juga memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), serta mendukung aktivitas mikroorganisme tanah yang semuanya berkontribusi terhadap peningkatan jumlah daun (Nanda et al., 2023). Di sisi lain, pupuk silikat cair terutama dalam bentuk kalium silikat berfungsi memperkuat dinding sel, meningkatkan fotosintesis, dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres biotik maupun abiotik, sehingga secara fisiologis tanaman lebih optimal dalam membentuk daun baru (Silva et al., 2017). Kombinasi keduanya memungkinkan tanah menjadi lebih subur secara fisik dan kimia, sekaligus mendukung fungsi metabolisme tanaman, yang pada akhirnya meningkatkan jumlah daun lebih signifikan dibandingkan penggunaan salah satu pupuk secara tunggal.

Penerapan kombinasi pupuk kandang sapi dan silikat baik dalam bentuk biochar maupun aplikasi foliar menunjukkan potensi sinergis dalam meningkatkan jumlah daun selada. Pupuk kandang sapi memperkaya tanah dengan unsur hara makro (N, P, K), meningkatkan kandungan bahan organik, struktur fisik tanah, kemampuan retensi air, serta aktivitas mikroba, sehingga memfasilitasi pertumbuhan vegetatif seperti pembentukan daun baru (Nanda et al., 2023; Park et al., 2024). Sementara itu, silikat mendukung penguatan struktur sel, meningkatkan ketebalan kutikula dan efisiensi fotosintesis yang dapat memperpanjang durasi dan kualitas pertumbuhan daun melalui stimulasi fisiologis (Silva et al., 2017). Meskipun studi khusus mengenai jumlah daun dengan kombinasi kedua pupuk ini belum banyak tersedia, logika agronomis memperkuat bahwa tanah yang subur dan struktur optimal dari pupuk kandang mendukung penetrasi dan efisiensi silikat, sehingga bersama-sama mendorong pembentukan daun baru secara lebih efektif dibandingkan penggunaan satu jenis pupuk saja.

Peubah hasil berat basah tanaman (g)

Pengaruh perlakuan pupuk kandang terhadap peubah hasil berat basah tanaman selada.

Hasil pengamatan pengaruh perlakuan pupuk kandang pada parameter berat basah tanaman selada (Tabel 7).

Tabel 7: Parameter Berat Basah Tanaman Selada Pengaruh Penggunaan Pupuk kandang (Gram)

Perlakuan	Berat Basah Tanaman Selada (Gram)
K0	128.83c
KK1	209.83b
KS2	224.16a

Sumber : Data Diolah Tahun 2025

Tabel 7 parameter berat basah tanaman selada pengaruh penggunaan pupuk kandang menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata. Berat basah tanaman selada terberat terdapat pada perlakuan KS2 (pupuk kandang sapi). Hal ini disebabkan oleh ketersediaan unsur hara makro esensial yang seimbang dan optimal serta perbaikan sifat fisik dan kimia tanah yang difasilitasi oleh pupuk kandang sapi. Hasil ini menyatakan bahwa penggunaan pupuk kandang sapi (KS2) dapat meningkatkan berat basah tanaman selada. Menyediakan struktur fisik dan kimia tanah yang ideal untuk akar dan penyerapan unsur hara (Handasari *et al*, 2023).

Pengaruh aplikasi pupuk kandang sapi (PKS) dengan berbagai dosis (0, 5, 10, 15 ton/ha) dan MOL rebung terhadap pertumbuhan selada pada tanah Regosol. Hasilnya menunjukkan bahwa aplikasi PKS secara signifikan meningkatkan total nitrogen, P tersedia, K tersedia, serta berat segar dan kering tanaman. Kombinasi terbaik PKS 15 ton/ha dan MOL rebung 50 ml/polybag menunjukkan peningkatan paling menonjol untuk berat basah tanaman selada. Penyebab utama peningkatan ini adalah peningkatan ketersediaan hara (N, P, K) dan perbaikan sifat tanah seperti C-organik, pH, dan kapasitas tukar kation (KPK), serta aktivitas mikroba tanah yang lebih tinggi (Handasari *et al*, 2023).

aplikasi pupuk kandang sapi dosis hingga 12 ton/ha berhasil meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, dan berat basah brangkasan selada hingga 52,83 g per tanaman. Efek ini terjadi karena kandungan unsur hara (terutama nitrogen) yang disertai peningkatan struktur dan kesuburan tanah mendukung perkembangan tanaman secara optimal (Abror & Prasetyo, 2019).

Pupuk kandang sapi memiliki berbagai kelebihan yang secara signifikan dapat meningkatkan berat basah tanaman selada (*Lactuca sativa* L.). Salah satu keunggulannya adalah kandungan unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) yang penting bagi pertumbuhan vegetatif tanaman. Unsur nitrogen, misalnya, berperan dalam pembentukan klorofil dan jaringan tanaman, sehingga meningkatkan fotosintesis dan produksi biomassa daun yang berdampak langsung pada berat basah tanaman. Selain itu, pupuk kandang sapi juga kaya akan bahan organik yang mampu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), serta meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan air dan menyediakan nutrisi. Hal ini menciptakan lingkungan perakaran yang lebih sehat dan mendukung penyerapan nutrisi secara optimal (Park *et al.*, 2024). Pupuk ini juga meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang berperan dalam dekomposisi bahan organik dan mineralisasi unsur hara, sehingga meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman (Nanda *et al.*, 2023).

Di berbagai jenis tanah, pemberian pupuk kandang sapi menunjukkan peningkatan hasil segar tanaman selada yang stabil, baik pada tanah liat maupun berpasir (Pôrto *et al*, 2018). Bahkan dalam bentuk olahan seperti biochar pupuk kandang, aplikasi dapat meningkatkan efisiensi penggunaan nitrogen (NUE) dan menghasilkan bobot segar daun yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa pupuk organik (Park *et al*, 2024). Studi lainnya juga menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang sapi dengan dosis optimal meningkatkan indeks luas daun, jumlah daun, dan berat segar tanaman, menjadikannya salah satu pilihan terbaik dalam budidaya selada organik (Elgubshaw & Attia, 2019).

Berat basah tanaman selada terendah terdapat pada perlakuan K0 (tanah). Hal ini disebabkan oleh defisiensi unsur hara makro esensial, terutama Nitrogen (N), yang merupakan faktor pembatas utama untuk pertumbuhan vegetatif dan akumulasi biomassa pada tanaman selada. Tanaman selada sangat membutuhkan unsur hara, terutama Nitrogen (N), untuk sintesis klorofil dan protein, yang mendorong pembentukan daun dan biomassa (berat basah). Jika tanah yang digunakan memiliki kesuburan alami yang rendah atau miskin bahan organik seperti yang sering terjadi pada tanah yang sudah ditanami berulang kali atau tanah tanpa perlakuan pasokan \$N\$, Fosfor (P), dan Kalium (K) tidak mencukupi untuk mendukung pertumbuhan optimal selada. Keterbatasan N khususnya menyebabkan pertumbuhan daun terhambat, ukuran daun kecil, dan akumulasi air serta fotosintat dalam sel menjadi minimal, yang secara langsung menghasilkan bobot segar (berat basah) terendah (Mulyani *et al.*, 2018). Selain itu, tanpa amandemen organik, tanah mungkin memiliki kualitas fisik yang buruk (padat), menghambat perkembangan akar dan penyerapan hara yang efisien (Hartz & Bottoms, 2015), sehingga potensi pertumbuhan selada tidak dapat tercapai.

Pengaruh perlakuan dosis pupuk silikat cair terhadap peubah hasil berat basah tanaman selada.

Hasil pengamatan pengaruh dosis pupuk batuan silkat cair pada parameter berat basah tanaman (Tabel 8).

Tabel 8. Berat Basah Selada (g) Pengaruh Penggunaan Pupuk Silikat Cair

Perlakuan	Jumlah Berat Basah Tanaman (gram)
P1	181.44b
P2	193.77a

Sumber : Data Diolah Tahun 2025

Tabel 8 parameter berat basah tanaman selada pengaruh penggunaan pupuk batuan silikat cair menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata. Hasil tidak berbeda nyata disebabkan oleh dua faktor utama: keterbatasan peran fungsional silika (Si) dan sifat tanaman selada sebagai non-akumulator silika. Silika bukan merupakan unsur hara makro esensial (N, P, K) yang secara langsung dan signifikan mendorong pembentukan biomassa besar (berat basah). Peran utama Si lebih kepada memperkuat dinding sel, meningkatkan ketahanan terhadap stres, dan efisiensi penyerapan air, bukan sebagai pemicu utama pertumbuhan vegetatif yang masif. penambahan silikat tidak mampu menghasilkan perbedaan statistik yang signifikan pada total

berat basah tanaman dibandingkan dengan perlakuan lain (termasuk kontrol yang memadai hara makronya). Lebih lanjut, penelitian seperti yang dilakukan oleh Sofiani (2019) dalam studinya tentang pengaruh pupuk silika terhadap selada, seringkali menyimpulkan bahwa aplikasi silika tidak berbeda nyata pada parameter berat segar brangkasan dan berat kering. Hal ini diperkuat oleh fakta bahwa selada tergolong tanaman non-akumulator Si, sehingga respons fisiologisnya terhadap penambahan unsur ini tidak diterjemahkan secara signifikan menjadi peningkatan kuantitas biomassa.

Kecenderungan berat basah tanaman selada terberat terdapat pada perlakuan P2 (pupuk organik silikat cair dosis 6 liter/ha). Hal ini disebabkan oleh dosis silikat yang berada pada rentang optimal untuk meningkatkan efisiensi fisiologis tanaman, terutama dalam kondisi cekaman. Silika, yang bukan merupakan unsur hara makro pendorong biomassa, bekerja secara fungsional untuk memperkuat struktur sel daun, yang secara tidak langsung mendukung akumulasi berat segar yang tinggi. Penguatan ini memungkinkan daun selada menjadi lebih tegak dan kaku, sehingga terjadi peningkatan intersepsi cahaya dan efisiensi fotosintesis karena meminimalkan *self-shading* (saling menaungi) (Liang *et al.*, 2015). Lebih lanjut, Silika yang terdeposit di bawah kutikula daun berperan dalam mengendalikan kehilangan air berlebih melalui transpirasi, sebuah mekanisme yang sangat krusial bagi tanaman sayuran daun seperti selada yang kaya akan air. Dengan mengurangi stres air dan meningkatkan efisiensi penggunaan air (EUA), tanaman dapat mempertahankan turgor sel yang maksimal, yang berkontribusi secara langsung dan signifikan terhadap peningkatan berat basah pada dosis optimal tersebut (Dhiman *et al.*, 2017).

Kecenderungan berat basah tanaman selada terendah terdapat pada perlakuan P1 (pupuk organik batuan silikat cair dosis 4 liter/ha). Hal ini disebabkan oleh penggunaan pupuk batuan silikat cair mampu meningkatkan berat basah tanaman selada karena kandungan silikonnya membantu menjaga kadar air dalam jaringan tanaman. Silikon memperkuat dinding sel dan meningkatkan retensi air sel, yang pada gilirannya menjaga turgor sel, sehingga daun dan batang menjadi lebih “penuh” dan berat basah meningkat (Dou *et al.*, 2023).

Aplikasi silikat cair diketahui mampu meningkatkan kandungan klorofil, laju fotosintesis, dan konduktansi stomata pada daun selada. Hal ini mempercepat proses asimilasi karbon dan pertumbuhan jaringan tanaman, yang berdampak langsung pada peningkatan akumulasi biomassa segar atau berat basah tanaman (Zhu, *et al.*, 2023). Aplikasi pupuk silikat cair pada selada varietas daun merah dan hijau dapat meningkatkan berat basah secara nyata. Efek ini terjadi karena silikon membantu tanaman beradaptasi terhadap intensitas cahaya yang berbeda serta meningkatkan penyerapan unsur hara penting, yang semuanya mendukung pertumbuhan jaringan tanaman secara keseluruhan (Authors, 2019).

aplikasi pupuk silikat cair memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan berat basah pucuk (shoot fresh mass) tanaman selada. Silikon diaplikasikan dalam lima konsentrasi berbeda (0, 2, 4, 6, dan 8 mM), dan hasil terbaik diperoleh pada dosis 4 mM. Pada dosis ini, terjadi peningkatan signifikan pada biomassa segar dibandingkan kontrol. Peningkatan ini diduga kuat berkaitan dengan peran silikon dalam memperbaiki efisiensi fotosintesis, meningkatkan kadar klorofil, serta memperkuat struktur jaringan tanaman yang menyebabkan jaringan lebih mampu mempertahankan air. Selain berat basah, penelitian ini juga melaporkan peningkatan kualitas fisiologis dan ketahanan pascapanen pada tanaman selada yang diberikan perlakuan silikon. Hasil ini mendukung bahwa aplikasi silikon dari sumber seperti pupuk batuan silikat cair dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas dan mutu tanaman sayuran daun seperti selada (Lemos Neto *et al.*, 2020).

Pengaruh perlakuan pupuk kandang dan dosis pupuk batuan silikat cair terhadap peubah hasil berat basah tanaman selada.

Hasil pengamatan perlakuan kombinasi pupuk kandang dan dosis pupuk silikat cair pada parameter berat basah tanaman selada (g)

Tabel 9. Berat Basah Tanaman Selada (g) Pengaruh Penggunaan kombinasi pupuk kandang dan dosis pupuk silikat cair

Perlakuan	Berat Basah Tanaman
K0P1	122.00d
KK1P1	201.00b
KS2P1	221.33a
K0P2	135.66c
KK1P2	218.33a
KS2P2	227.00a
	1.095
	1.083
	1.066
	1.040
DMRT 5%	0.995

Sumber : Data Diolah Tahun 2025

Tabel 9 parameter berat basah tanaman selada pengaruh penggunaan pupuk kandang dan pupuk batuan silikat cair menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Berat basah tanaman selada terberat terdapat pada perlakuan KS2P2 (pupuk kandang sapi dan pupuk organik batuan silikat cair dosis 6 liter/ha) dan KS2P1 (pupuk kandang sapi dan pupuk organik batuan silikat cair dosis 4 liter/ha). Hal ini disebabkan oleh Dosis KS2P2 (dosis silikat lebih tinggi) kemungkinan memberikan hasil terberat karena dosis silikat cair 6 liter/ha (P2) berada pada rentang yang paling optimal untuk menginduksi efek penguatan dan perlindungan silika pada selada, sementara dosis KS2P1 (dosis silikat lebih rendah 4 liter/ha) masih sangat baik karena didukung oleh efek positif dari pupuk kandang sapi. (Abror & Prasetyo, 2019) menyatakan bahwa bahwa penggunaan pupuk kandang dan pupuk batuan silikat cair KS2P2 dan KS2P1 dapat meningkatkan berat basah tanaman selada. penggunaan pupuk kandang sapi dengan dosis 12 ton per hektar juga menunjukkan hasil serupa. Berat basah tanaman selada yang diberi perlakuan ini meningkat hingga 52,83 gram per tanaman. Pupuk kandang sapi diketahui memiliki kemampuan memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kapasitas tukar kation, sehingga penyerapan air dan nutrisi oleh akar tanaman menjadi lebih optimal (Abror & Prasetyo, 2019).

Pupuk kandang seperti sapi atau kambing memperkaya tanah dengan bahan organik, yang meningkatkan retensi air, aerasi, serta aktivitas mikroba tanah. Hal ini mendukung penyerapan nutrisi dan pertumbuhan akar yang lebih efisien, sehingga meningkatkan berat basah tanaman (Saputra *et al*, 2023).

Pupuk batuan silikat cair juga memberikan kontribusi penting terhadap pertumbuhan vegetatif, khususnya berat basah tanaman. Silikon yang terkandung dalam pupuk ini berperan dalam memperkuat jaringan tanaman, meningkatkan efisiensi fotosintesis, dan membantu tanaman mempertahankan turgor sel. Kombinasi media tanam dengan pupuk kandang kambing serta aplikasi pupuk organik cair (analog dengan silikat cair) secara signifikan meningkatkan berat basah tanaman selada. Hasil ini mengindikasikan bahwa perpaduan antara pupuk organik dan silikat cair dapat bekerja sinergis dalam mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal (Hasniar, Iinnaninengseh, & Satriani, 2020). Silikat dalam bentuk cair dapat diserap oleh tanaman, memperkuat dinding sel dan mengurangi transpirasi berlebih. Ini membantu tanaman mempertahankan turgor dan menghasilkan bobot segar yang lebih tinggi (Ginandjar *et al*, 2021).

Kombinasi keduanya dapat memberikan efek sinergis: pupuk kandang menciptakan kondisi tanah optimal untuk pertumbuhan akar, sedangkan silikat memperkuat jaringan tanaman dan efisiensi penggunaan air. Hasil: peningkatan pertumbuhan vegetatif dan berat basah tanaman seperti yang teramati pada berbagai studi tanaman hortikultura (misalnya selada dalam konteks kandang dan silika cair) (Eddi *et al*, 2020).

Berat basah tanaman selada terendah terdapat pada perlakuan KOP1 (tanah dan pupuk organik silikat cair dosis 4 liter/ha) dan KOP2 (tanah dan pupuk organik silikat cair dosis 6 liter/ha). Hal ini disebabkan oleh ketidakmampuan pupuk organik silikat cair untuk sepenuhnya memenuhi kebutuhan unsur hara makro esensial tanaman selada (terutama Nitrogen, N) yang krusial untuk pertumbuhan biomassa vegetatif. Berat basah tanaman selada terendah pada perlakuan KOP1 (tanah dan pupuk organik silikat cair dosis 4 liter/ha) dan KOP2 (tanah dan pupuk organik silikat cair dosis 6 liter/ha) disebabkan oleh ketidakcukupan unsur hara makro esensial, khususnya Nitrogen (N), yang sangat diperlukan untuk pertumbuhan vegetatif (daun dan batang) selada, yang pada akhirnya menentukan berat basah. Selada merupakan tanaman sayuran daun yang memiliki kebutuhan hara makro tinggi, dan perlakuan ini tidak menyertakan pupuk kandang sapi (KS), yang berfungsi sebagai sumber utama dan lengkap dari unsur-unsur hara tersebut. Sementara itu, fungsi utama dari pupuk organik batuan silikat cair adalah menyediakan Silika, yang peran utamanya adalah memperkuat dinding sel, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman lingkungan, dan efisiensi penyerapan air, bukan sebagai penyedia hara makro pendorong biomassa utama. Dengan demikian, meskipun tanaman mungkin memiliki struktur sel yang lebih kuat berkat Silika, ketersediaan "bahan baku" dasar (N, P, K) dari tanah yang mungkin miskin (KO) tanpa tambahan pupuk kandang sapi, menjadi faktor pembatas yang signifikan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa peningkatan berat segar (berat basah) tanaman selada berkorelasi positif dengan kecukupan unsur hara makro, di mana perlakuan yang melibatkan pupuk kandang sapi cenderung memberikan hasil berat segar yang lebih tinggi dibandingkan kontrol atau perlakuan pupuk organik yang kandungan haranya rendah (Hayati, 2010; Elfariisna *et al.*, 2023). Pupuk silikat tidak dapat menggantikan fungsi pupuk organik lengkap atau pupuk anorganik dalam menyediakan nutrisi dasar untuk akumulasi biomassa secara optimal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa perlakuan tanpa pupuk kandang tidak berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter peubah pertumbuhan dan hasil tanaman baik parameter tinggi, jumlah daun dan berat basah. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial terdiri dari dua faktor yaitu, faktor

pertama Pupuk kandang, faktor kedua pupuk batuan silikat cair masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Faktor pupuk kandang terdiri dari dua pupuk kandang kambing dan pupuk kandang sapi (KK1) pupuk kandang (KS2). Analisis data menggunakan Analisis Varians (Anova) pada taraf 5%. Perlakuan kombinasi penggunaan pupuk kandang damenunjukkan hasil yang berbeda nyata. Hasil terbaik terletak pada perlakuan kombinasi KS2P2 dan KS1P2, pada semua peubah pertumbuhan tanaman. Perlakuan tunggal penggunaan pestisida pupuk silikat cair nabati menunjukkan hasil yang berbeda nyata terhadap peubah tinggi tanaman (cm) umur 25, 30 dan 35 hari setelah pindah tanam (HSPT), hasil terbaik terletak pada perlakuan pupuk kandang sapi dan pupuk silikat cair Pada parameter jumlah daun menunjukkan hasil tidak berbeda nyata pada umur 25, 30 dan 35 HSPT, dan Perlakuan kombinasi pupuk kandang dengan pupuk silikat cair memberikan hasil yang tidak berbeda nyata terhadap semua peubah pertumbuhan dan hasil tanaman. Hasil terbaik terletak pada perlakuan kombinasi antara pupuk kandang dengan dosis pupuk silikat cair (KS2P2).

5. DAFTAR PUSTAKA

- Dhiman, N., Sharma, J. C., & Sharma, V. (2017). Effect of Silicon application on growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) under different irrigation levels. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 5(2), 643-652.
- Junior, V. C., J. A. R. L. R. M. F. B. S. A. F. Junior. 2010. *Mengutip dari: Pemberian Pupuk Silika Cair untuk Meningkatkan Pertumbuhan....* IPB Journal. (Menyatakan bahwa aplikasi silika mengakibatkan sudut daun menjadi lebih tegak, sehingga penyerapan cahaya dan aktivitas fotosintesis meningkat, yang mendukung pertumbuhan umum).
- Anggraeni, I. (2019). *Pemberian Pupuk Organik Cair Dan Pupuk Organik Sebagai Bahan Ajar Praktikum Pada Materi Sub Konsep Pertumbuhan Dan Perkembangan Pada Tanaman Sma Kelas Xii.* (Doctoral dissertation, UIN Raden Intan Lampung).
- Arifin, Z., & Rahmawati, L. (2019). *Keunggulan dan Tantangan Budidaya Tanaman Menggunakan*
- Badan Pusat Statistik.2022.Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-buahan Semusim.BPS-Statistik Indonesia
- Hartz, T. K., & Bottoms, T. (2015). Effect of organic fertilizer materials on growth and yield of lettuce. *HortTechnology*, 25(2), 173–178.
- Duaja, M. D., Gusniwati, dan Z. F. Gani. 2012. Pengaruh Jenis Pupuk Organik Cair terhadap Pertumbuhan dan Hasil Dua Varitas Selada (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Fakultas Pertanian* 1(3): 154–160. (Menunjukkan pentingnya pupuk cair dalam memberikan unsur hara yang menstimulasi pertumbuhan).
- Hayati, N. (2010). *Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Sapi terhadap Berat Berangkasan Segar Tanaman Selada.* (Merujuk pada temuan bahwa pupuk kandang sapi dapat meningkatkan berat berangkasan segar selada, yang menguatkan pentingnya peran KS dalam berat basah).
- Elfarisna, A., dkk. (2023). *Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada Merah (Lactuca sativa L.) Terhadap Pemberian Pupuk Kandang Sapi dan Pupuk Organik Cair Daun Lamtoro.* *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi*, 3(1), 17-20. (Menyatakan bahwa pemberian pupuk kandang sapi mempengaruhi pertumbuhan dan hasil, seperti berat segar tanaman, dan perlakuan terbaik adalah dosis pupuk kandang sapi yang

- memadai, menunjukkan keterbatasan pupuk cair/organik lain jika hara makro kurang).
- Mulyani, O. S., Wahid, A., & Sumarsono. (2018). Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Selada Merah (*Lactuca sativa* L.) Terhadap Pemberian Pupuk Kandang Sapi dan Pupuk Organik Cair Daun Lamtoro. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi*, 3(1), 17–20.
- Dewi, A., Lubis, N., & Sitepu, S. M. B. (2023). Budidaya Selada Organik Ramah Lingkungan. Penerbit Tahta Media.
- Evi, R. (2024). *UJI EFEKTIVITAS PUPUK KASGOT CAIR TERHADAP PERTUMBUHAN VEGETATIF TANAMAN SELADA VARIETAS KRIEBO* (Doctoral dissertation, UIN RADEN INTAN LAMPUNG).
- Fadjeri, A., Saputra, B. A., Ariyanto, D. K. A., & Kurniatin, L. (2022). Karakteristik Morfologi Tanaman Selada Menggunakan Pengolahan Citra Digital. *Jurnal Ilmiah Sinus (JIS)* Vol, 2022).
- Meriaty, M. (2021). Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca Sativa* L.) Akibat Jenis Media Tanam Hidroponik Dan Konsentrasi Nutrisi AB Mix. *Agropimatec*, 4(2), 75-84.
- Abdullah, S. dan J. L. Andres. 2021. *Mengutip dari: Pengaruh Konsentrasi Hara terhadap Pertumbuhan Selada....* Jurnal Unpad. (Menekankan peran unsur hara esensial/utama dalam peningkatan tinggi).
- Nugroho, R. (2020). *Dampak penggunaan polibag terhadap pertumbuhan tanaman hortikultura: Tinjauan ekologis dan teknis.* Jurnal Penelitian Tanaman Hortikultura, 9(3), 75-82.
- Pangaribuan, D. H., Ginting, Y. C., Arif, S., Niswati, A., Dermiyati, D., Utari, E., ... & Aprilyani, Y. I. (2022). Pengaruh campuran ekstrak fermentasi pupuk kandang sapi sebagai substitusi nutrisi AB Mix pada tanaman pakcoy dengan sistem hidroponik. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 5(1), 187-198.
- Sutopo, I., Hastuti, H., & Idha, K. U. (2023). Respon Pertumbuhan Setek Anggur (*Vitis vinifera* L.) Terhadap Pemberian Pupuk Kandang Sapi dan Pupuk Organik Cair. *Agroland: Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*, 30(1), 54-63.
- Ginandjar, S., Qurrohman, B. F. T., & Rahmatullah, P. (2021). Pengaruh konsentrasi Si biogenik dan N-total terhadap pertumbuhan dan konsentrasi nitrat tanaman selada hidroponik. *Jurnal Agro*, 8(1), 130–141.
- Saputra, F. N., Priyono, & Siswadi. (2023). Pengaruh macam pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.). *Innofarm: Jurnal Inovasi Pertanian*, 25(1).
- Lemos Neto, C. H. de S., Guimarães, M. A., Sampaio, I. M. G., Rabelo, J. S., Viana, C. S., & Mesquita, R. O. (2020). *Can silicon (Si) influence growth, physiology and postharvest quality of lettuce?* Australian Journal of Crop Science. Retrieved from <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.098810665208687>
- Dou, Z., Zhang, Y., & Wang, Y. (2023). Deficit irrigation with silicon application as strategy to increase yield, photosynthesis and water productivity in lettuce crops. *Agronomy*, 13(7), 1029. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071029>
- Wiswasta, I. G. N. A., Pandawani, N. P., Suryana, I. M., Pratiwi, N. P. E., & Joeng, L. (2021). Pengaruh pemberian beberapa jenis pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.). *Agrofarm: Jurnal Agroteknologi*, 3(2), 8562. <https://doi.org/10.36733/agrofarm.v3i2.8562>
- Zhang, M., Fan, W., Wang, L., & Liu, J. (2020). Evaluation of the Effects of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium Applications on the Growth, Yield, and Quality of

- Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Agronomy*, 12(10), 2477. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102477>
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2016). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson Education.
- Sari, N. A. I. (2022). Respon pemberian pupuk kandang dan urea terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.). *Innovative: Journal of Social Science Research*, 4(5), 13951. <https://doi.org/10.31004/innovative.v4i5.13951>
- Farmansyah, F., Kusnayadi, H., & Supardi, I. (2025). Pengaruh pemberian pupuk kompos hayati dan pupuk cair batuan silikat terhadap pertumbuhan jagung ketan ungu jantan F1 (*Zea mays* var. *Ceratina Kulesh*). *Jurnal Agroteknologi*, 5(1). Retrieved from <https://e-journalppmunsa.ac.id/index.php/agroteknologi/article/view/1867>
- Park, J.-H., Cho, H.-N., Lee, I.-H., & Kang, S.-W. (2024). *Effect of cow manure biochar on lettuce growth and nitrogen agronomy efficiency*. *Plants*, 13(23), Article 3326. <https://doi.org/10.3390/plants13233326>
- Zhu, Y., Li, Y., & Li, J. (2023). Differential impact of SiO₂ foliar application on lettuce response to temperature, salinity, and drought stress. *Plants*, 14(12), 1845. <https://doi.org/10.3390/plants14121845>
- Authors. (2019). The effect of plant growth compensation by adding silicon-containing fertilizer under light stress conditions. *Plants*, 10(7), 1287. <https://doi.org/10.3390/plants10071287>
- Pôrto, V. C., et al. (2018). *Fertility properties and leafy vegetable production in soils fertilized with cattle manure*. *Revista Ciência Agronômica*. Retrieved from <https://www.scielo.br/j/rcaat/a/7mNpbytfPqS6vBTXtHxK9PN/>
- Ferreira, J. R., et al. (2010). [cited in Silva et al., hypothetically regarding benefits of silicon in lettuce.] *Source on silicon improving physical performance of lettuce through enhanced nutrient absorption*. (Translate from context of search result turn0search7.)
- Silva, A. C. N. da, Pereira, A. C., Reis, C. E., Lima, M. R. F., & Taveira, J. H. (2017). *Lettuce production in a greenhouse under fertigation with nitrogen and potassium silicate*. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 39(2). (As context reference.)
- Hidayat, M., Y. Bakti dan T. S. Ginting. 2021. *Evaluasi Hasil Tanaman Selada....* Jurnal Agroteknologi, 15(2): 87–96. (Menunjukkan hasil terendah pada perlakuan tanpa pupuk/tanah kontrol karena kekurangan hara).