

Perbedaan Pertumbuhan dan Hasil Kacang Faba (*Vicia faba* L.) karena Faktor Lokasi Tanam dan Populasi Tanaman

Dina Banjarnahor^{1*} dan Novita Ikawati¹

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan Bisnis, Universitas Kristen Satya Wacana, Jalan Diponegoro 66 Salatiga 50711, Jawa Tengah, Indonesia
Email: dina.banjarnahor@uksw.edu

Abstrak

Kacang faba (*Vicia faba* L.) merupakan legume dataran tinggi yang potensial untuk konservasi tanah. Perluasan penanamannya membutuhkan kajian awal tentang pertumbuhan dan hasil tanaman. Dalam penelitian ini dilakukan kajian pertumbuhan dan hasil tanaman kacang yang ditanam di dalam *high-tunnel* dan lahan terbuka dengan variasi populasi tanam (1, 2, dan 3 tanaman per pot). Ditemukan adanya pengaruh interaksi lokasi dan populasi tanam terhadap jumlah daun, berat segar tajuk, rasio tajuk akar, dan berat panen polong. Faktor lokasi dan faktor populasi secara independent berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, berat segar akar, berat kering tajuk, dan berat kering akar. Penanaman di *tunnel*, baik pada kondisi populasi jarang maupun padat, menghasilkan tanaman yang lebih tinggi, tajuk kering yang lebih berat, tapi akar yang lebih sedikit dan ringan. Sementara itu, penanaman benih tunggal per pot membuat tanaman tumbuh lebih tinggi dan akar berkembang lebih banyak baik ketika di lingkungan terkontrol (*tunnel*) maupun di lahan terbuka. Tidak ditemukan adanya perbedaan klorofil daun kacang faba antar lokasi maupun antar populasi. Dapat disimpulkan bahwa lokasi dan populasi tanam tidak mempengaruhi klorofil daun.

Kata kunci: lahan terbuka, kacang faba, populasi, tunnel.

Abstract

Faba bean (*Vicia faba* L.) is a highland legume having potential for soil conservation. Upscaling faba bean cultivation requires initial inquiry on its growth and yield. In this research, we have investigated faba bean's growth and yield in different location (high tunnel and open field) under different population density (1, 2, and 3 plants per pot). We found that interaction between location and population has significant effect on number of leaves, shoot fresh weight, shoot root ratio, and pods weight. Location and population independently have significant effect on plant height, root fresh weight, shoot dry weight, and root dry weight. Cultivation in tunnel, be it in narrow and large planting density, has resulted in higher plants, heavier shoot dry matter, yet lighter root dry matter. Meanwhile, growing single seed per pot has resulted in higher plant and heavier root dry matter. This was applicable in both tunnel and open field. We did not find different chlorophyll content among treatments, therefore we concluded that location and population did not influence leave chlorophyll.

Keywords: faba bean, open field, population, tunnel

Pendahuluan

Kacang faba (*Vicia faba* L.) merupakan legume dataran tinggi yang banyak tumbuh di Dataran Tinggi Dieng Jawa Tengah (altitude 1200-2000 m di atas permukaan laut/m dpl). Suhu optimal untuk produksi kacang faba adalah 22-23°C (Patrick dan Stoddard, 2010). Cekaman suhu tinggi akan membuat produksi biji

terganggu (Bishop, Potts, dan Jones, 2016). Namun, tanaman ini relatif tahan terhadap suhu rendah bahkan sampai dengan -15°C (Singh dkk., 2013).

Tanaman kacang faba dikenal oleh petani setempat tapi hanya sesekali dibudidayakan sebagai tanaman pinggir maupun secara acak di tengah kebun hortikultura. Umumnya biji kacang faba diolah menjadi makanan ringan khas Dieng dan lauk makan sehari-hari. Petani yang menanam umumnya tidak mengetahui manfaat ekologis legume ini untuk kesuburan lahannya. Sebagai legume, kacang faba dapat bersimbiosis dengan bakteri pengikat nitrogen (N) dan juga cendawan akar/mikoriza (Köpke dan Nemecek, 2010). Simbiosis tersebut menjadikan kacang babi berfungsi ekologis untuk membantu penyediaan unsur hara N dan fosfor (P) tanah. Sistem pertanaman yang diselingi legume diketahui dapat membantu peningkatan hasil panen dan perbaikan kesuburan tanah (Wang dkk., 2014) (Xue dkk., 2016) (Cong dkk., 2015). Dengan demikian, penanaman kacang faba di lahan pertanian dataran tinggi sesungguhnya sangat potensial untuk konservasi tanah (Banjarnahor, 2017).

Perluasan penanaman kacang faba di lahan pertanian dataran tinggi (*altitude* > 800 m dpl) membutuhkan kajian awal tentang pertumbuhan dan hasilnya. Pengetahuan tentang pertumbuhan dan hasil kacang faba menjadi esensial untuk mendorong petani lokal mengintegrasikannya ke dalam sistem tanam. Belum pernah ada literatur yang membahas pertumbuhan dan potensi hasil kacang faba (di Dieng maupun di lokasi lain di Indonesia, skala pot maupun lahan terbuka). Belum pernah ada juga informasi perbedaan pertumbuhan dan hasil kacang faba yang ditanam dengan kerapatan tanam yang berbeda padahal faktor ini sangat menentukan produksi. Oleh karena itu, penelitian skala pot ini dilakukan untuk mengetahui 1) pengaruh interaksi lokasi dengan populasi tanam terhadap pertumbuhan dan hasil kacang faba serta 2) perbedaan pertumbuhan dan hasil kacang faba yang ditanam pada ruangan terkontrol vs. terbuka (lokasi) dengan kerapatan tanam yang bervariasi (populasi).

Bahan dan Metode

Pot experiment dilaksanakan pada bulan April-Juli 2022 di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian dan Bisnis Universitas Kristen Satya Wacana yang terletak di Desa Wates Kecamatan Getasan Kabupaten Semarang Provinsi Jawa Tengah ($7^{\circ}22'30.3''\text{S}$ and $110^{\circ}25'32.7''\text{E}$). Terdapat dua faktor yang diujikan yaitu Lokasi Tanam (L) dan Populasi Tanam (P). Ada dua tipe L: dalam *high-tunnel* berbahan plastik UV (ruangan terkontrol) dan di lahan (ruangan terbuka). Ada tiga tingkatan P: 1 tanaman per pot, 2

tanaman per pot, dan 3 tanaman per pot. Dengan demikian terdapat 6 perlakuan (T1, T2, T3 dan L1, L2, dan L3) yang disusun secara acak dalam 8 kelompok.

Benih kacang faba yang digunakan merupakan jenis lokal yang diperoleh dari petani di Dieng. Benih ditanam di polibek berukuran 25 cm x 25 cm dengan media tanam berupa campuran tanah dan pupuk kandang dengan rasio 1:1. Pemupukan dilakukan pada usia 28 dan 56 hari setelah tanam (HST). Pupuk yang diaplikasikan di tiap pot pada setiap pemupukan adalah 0,14 g urea dan 1,39 g SP21. Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) dilakukan sesuai kebutuhan.

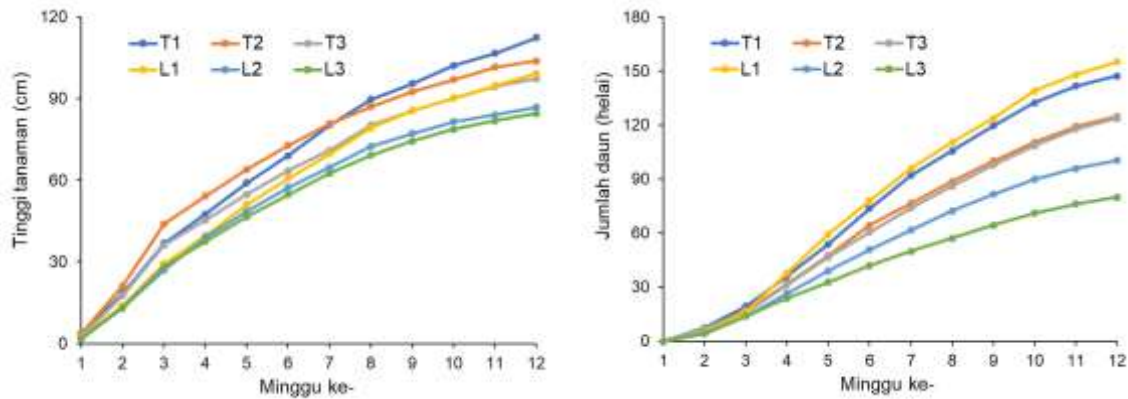
Tinggi tanaman (TT) dan jumlah daun (JD) dihitung setiap minggu. Tanaman kacang faba dipanen pada usia 100 HST. Sebelum panen, dilakukan pengukuran kandungan klorofil daun (KD) dengan menggunakan klorofilmeter SPAD. Saat panen, dilakukan penimbangan berat segar tajuk (BST), berat segar akar (BSA), dan berat panen polong (BPP). Tajuk dan akar dikeringkan di oven pada suhu 65°C selama dua hari kemudian dilakukan penimbangan berat kering tajuk (BKT) dan berat kering akar (BKS). Setelahnya, dilakukan penghitungan rasio tajuk akar (RTA).

Perubahan tinggi dan jumlah daun tanaman selama musim tanam ditampilkan sebagai rerata perlakuan. Data lainnya diolah dengan analisis sidik ragam dua arah dilanjutkan dengan *Tukey test* (software IBM SPSS Statistics 25) untuk melihat pengaruh interaksi antar faktor terhadap parameter pertumbuhan dan hasil tanaman.

Hasil dan Pembahasan

Pertambahan tinggi tanaman dan jumlah daun

Sepanjang eksperimen ditemukan kecenderungan perbedaan peningkatan tinggi dan jumlah daun tanaman kacang faba antar perlakuan. Gambar 1 menunjukkan bahwa pertambahan tinggi dan jumlah daun tanaman cenderung lambat di lahan terbuka dengan populasi tinggi (L2 dan L3). Hal ini sudah terlihat sejak minggu ke-2 dan 3. Pertambahan jumlah daun relatif cepat terjadi pada tanaman tunggal baik ketika ditanam di *tunnel* maupun lahan terbuka (T1 dan L1). Sementara itu, pertambahan tinggi cenderung cepat terjadi pada kacang faba yang ditanam dalam *tunnel* dengan populasi 1-2 tanaman per pot (T1 dan T2).



Gambar 1. Perubahan tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman kacang faba selama satu musim tanam (T1 = 1 tanaman/pot di *tunnel*, T2 = 2 tanaman/pot di *tunnel*, T3 = 3 tanaman/pot di *tunnel*, L1 = 1 tanaman/pot di lahan terbuka, L2 = 2 tanaman/pot di lahan terbuka, L3 = 3 tanaman/pot di lahan terbuka).

Pertumbuhan akhir dan hasil

Tabel 1. Hasil analisis sidik ragam pengaruh lokasi, populasi, dan interaksi lokasi x populasi terhadap tanaman kacang faba

	TT (cm)	JD (helai)	KD	BST (g/pot)	BSA (g/pot)	BKT (g/pot)	BKA (g/pot)	RTA (g/pot)	BPP (g/pot)
Lokasi (L)									
<i>Tunnel</i>	103,5 a	131,9 a	41,2 a	38,7 a	24,7 b	17,9 a	11,1 b	1,9 a	8,9 a
Lahan	90,2 b	111,8 b	40,4 a	29,6 b	31,9 a	12,7 b	14,2 a	0,9 b	4,7 b
Populasi (P)									
1	105,8 a	151,1 a	41,1 a	40,8 a	41,5 a	18,4 a	18,9 a	0,9 b	8,9 a
2	93,9 b	112,7 b	40,0 a	32,8 b	22,4 b	14,7 b	9,8 b	1,7 a	6,1 b
3	90,9 b	101,7 b	41,2 a	28,9 b	21,2 b	12,8 b	9,3 b	1,6 a	5,4 b
L	**	*	tn	**	*	**	*	**	**
P	**	**	tn	**	**	**	**	**	**
L x P	tn	*	tn	*	tn	tn	tn	**	*

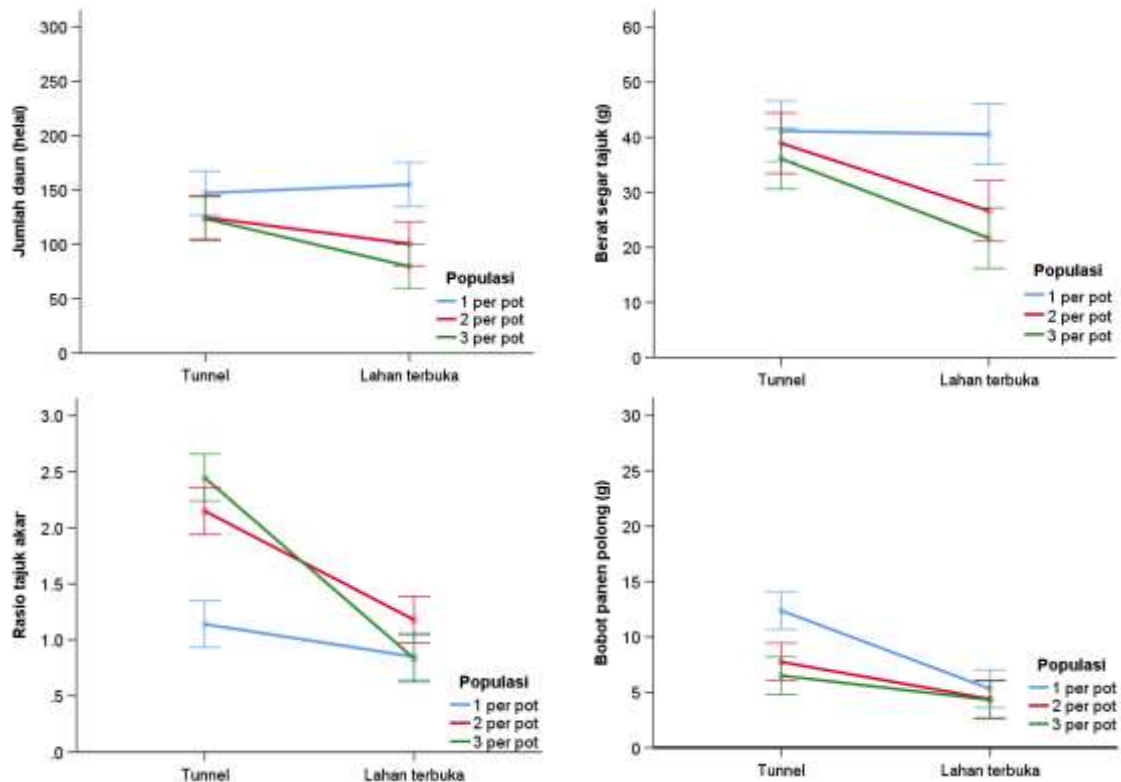
*Keterangan: ** berarti terdapat pengaruh sangat nyata, * berarti terdapat pengaruh nyata, dan tn berarti tidak terdapat pengaruh nyata. Rerata dalam satu kolom yang diikuti oleh notasi huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan nyata berdasarkan Tukey test ($\alpha = 0,05$).*

Berdasarkan analisis ragam, ditemukan adanya pengaruh nyata interaksi L dan P terhadap jumlah daun (JD), berat segar tajuk (BST), rasio tajuk akar (RTA), dan berat panen polong (BPP) (Tabel 1). Hal ini menandakan bahwa pengaruh lokasi terhadap jumlah daun, berat segar tajuk, rasio tajuk akar, dan berat panen polong sangat tergantung pada tinggi rendahnya populasi tanaman dalam satu polibek.

Sebaliknya, pengaruh kepadatan populasi terhadap parameter tersebut juga bergantung pada lokasi tanam yang dipilih.

Besarnya pengaruh tiap faktor terhadap faktor lainnya disajikan pada Gambar 2. Penanaman 1 batang/pot di lahan terbuka memicu tanaman menghasilkan jumlah daun dan biomassa segar tajuk yang paling tinggi. Akan tetapi, ketika populasi dinaikkan menjadi 2-3 batang/pot, kondisi ruangan terkontrollah yang memicu lebih banyak daun dan tajuk segar. Di sisi lain, populasi 3 batang/pot di dalam *tunnel* memicu pembentukan tajuk yang lebih masif daripada akar. Hal ini ditunjukkan oleh rasio tajuk akar yang tinggi (mencapai 2,5). Ketika populasi yang sama diletakkan di lahan terbuka, rasio tajuk akarnya menjadi lebih rendah dibandingkan populasi 2 batang/pot. Pada akhirnya, pembentukan polong sebagai hasil panen tanaman juga dipengaruhi oleh interaksi lokasi dan populasi. Populasi tunggal cenderung menghasilkan panen polong yang lebih banyak dibandingkan populasi lain saat ditaruh di dalam *tunnel*. Akan tetapi, penurunan hasilnya sangat tajam ketika dipindah ke lahan terbuka, bahkan bisa lebih rendah daripada hasil tanaman populasi 2-3 batang/pot.

Faktor lokasi secara independen berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman (TT), berat segar akar (BSA), berat kering tajuk (BKT), dan berat kering akar (BKA) (Tabel 1). Penanaman di *tunnel*, baik pada kondisi populasi jarang maupun padat, menghasilkan tanaman yang lebih tinggi, tajuk kering yang lebih berat, tapi akar yang lebih sedikit dan ringan. Ini menandakan bahwa penanaman di dalam ruangan tertutup plastik seperti *high tunnel* justru memicu terhambatnya perkembangan akar meskipun tanaman semakin tinggi. Hasil ini selaras dengan Amalfitano dkk. (2018) yang menemukan bahwa biomassa dan perpanjangan akar kacang faba lebih tinggi di lahan terbuka. Selain itu, polong segar dan panen benih juga lebih tinggi di musim lahan terbuka.



Gambar 2. Pengaruh nyata interaksi lokasi dan populasi tanam terhadap 4 parameter pertumbuhan dan hasil tanaman kacang faba.

High tunnel merupakan bangunan rangka besar dengan plastik khusus sebagai penutup, tanpa listrik dan sistem ventilasi, dan digunakan saat kondisi cuaca mendukung serta untuk memperpanjang musim tanam (Wallace dkk., 2012). Pada beberapa komoditas (tomat, selada, jagung), penggunaan *high tunnel* meningkatkan hasil panen total maupun hasil panen yang dapat dijual (*marketable yield*) dibandingkan lahan terbuka (Ottaiano dkk., 2021; Frey dkk., 2020; Zhao dan Carey, 2009). Ditemukan juga peningkatan ukuran buah dan berkurangnya daun rontok pada tomat di *high tunnel* (Rogers dan Wszelaki, 2012). Pada musim yang tinggi serangan penyakit, terjadi pengurangan serangan pada tanaman sehingga hasil panen meningkat. Pada musim rendah serangan penyakit, hasil panen di dalam *tunnel* meningkat karena perpanjangan musim tanam (Frey dkk., 2020).

Di sisi lain, ada kalanya penanaman dalam *tunnel* tidak memberikan hasil yang lebih baik (Rogers dan Wszelaki, 2012), bahkan pada kondisi tertentu hasilnya bisa lebih rendah karena faktor biotik termasuk hama dan penyakit (Wallace dkk., 2012). Salah satu pemicunya adalah suhu. Suhu di dalam *high tunnel* meningkat dibandingkan lahan terbuka (Ottaiano dkk., 2021; Zhao dan Carey, 2009). Lebih

banyak panas terperangkap di dalamnya pada siang hari meskipun pintu dibuka dan dinding plastik digulung untuk ventilasi. Hal ini sangat mungkin memicu cekaman suhu. Suhu tinggi dan cekaman panas saat pembentukan bunga bisa berujung pada penghambatan penyerbukan dan pembentukan buah (Rogers dan Wszelaki, 2012). Perubahan suhu juga dapat mengubah morfologi akar dan penyerapan hara oleh selada (Zhao dan Carey, 2009). Pembentukan akar yang lebih sedikit pada tanaman kacang faba di dalam tunnel kemungkinan besar juga dipicu oleh cekaman suhu di dalam lingkungan tunnel yang tertutup, meskipun faktor lokasi bukanlah satu-satunya yang mempengaruhi produksi polong (panen) dalam eksperimen ini.

Faktor populasi tanam secara independen juga berpengaruh nyata terhadap empat parameter di atas. Penanaman benih tunggal per pot membuat tanaman tumbuh lebih tinggi dan akar berkembang lebih banyak. Pola ini ditemukan baik ketika tanaman dibudidayakan di lingkungan terkontrol (*tunnel*) maupun di lahan terbuka. Penanaman dua benih dalam 1 pot sudah langsung menurunkan tinggi tanaman dan massa akar secara signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa pertumbuhan kacang faba sangat rentan terhadap kompetisi intraspesifik sehingga perlu diselidiki populasi tanam yang optimal mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Tidak seperti kacang lain yang pada umumnya dapat ditanam sebanyak dua benih per lubang tanam (misalnya kedelai, buncis, dll.), benih kacang faba sebaiknya ditanam tunggal dalam satu lubang tanam.

Hasil ini selaras dengan penelitian Gezahegn dkk. (2016) yang menemukan bahwa jarak tanam yang sangat lebar (12x50 cm) membantu tanaman lebih cepat dewasa, memicu pertambahan tinggi tanaman, dan meningkatkan biomassa kering dan panen kacang faba dibandingkan jarak yang lebih sempit. Dalam kondisi kepadatan tanam rendah, hasil panen biji dibatasi oleh jumlah tanaman. Sebaliknya, saat kepadatan tanaman tinggi, hasil panen menurun karena jumlah polong rontok bertambah dan batang rentan hampa (Gezahegn, 2019).

Akan tetapi, hasil ini tidak sejalan dengan penelitian lain dimana Dahmardeh dkk. (2010) menemukan bahwa kerapatan tanam menentukan bobot polong per tanaman (hasil panen), tapi tidak mempengaruhi tinggi tanaman. Selain itu, Thalji (2010) juga menemukan bahwa populasi 6 tanaman kacang faba/pot justru menghasilkan berat kering tajuk, berat kering total, dan tinggi tanaman, dan laju pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan populasi yang lebih sedikit.

Secara umum, pengaruh populasi/kerapatan tanam terhadap pertumbuhan dan hasil kacang faba memang masih sangat bervariasi. Edossa Kubure dan v Raghavaiah

(2016) menyimpulkan bahwa populasi 44 batang/m² (jarak tanam 30x7,5 cm) menghasilkan panen dan komponen panen yang lebih baik. Cavusoglu & Azdemir (2019) menyimpulkan bahwa ketika ditanam di dalam *high tunnel*, jarak 30x5 cm menghasilkan polong kacang faba yang baik. Salah satu yang sangat mungkin menentukan perbedaan hasil ini adalah varietas kacang faba. Oleh karena itu, kepadatan tanam optimal untuk kacang faba lokal Dieng yang sedang diujicobakan di penelitian ini masih perlu dikaji lebih lanjut ke depannya.

Satu-satunya parameter yang tidak dipengaruhi oleh interaksi lokasi x populasi maupun oleh faktor tunggal lokasi dan populasi adalah kandungan klorofil pada daun. Nilai SPAD yang >40 mengindikasikan bahwa daun kacang faba yang diujicobakan memiliki kandungan klorofil yang tinggi dan memadai untuk melakukan fotosintesis. Akan tetapi, klorofil yang tinggi ini tidak diikuti dengan hasil polong yang cukup tinggi. Dengan demikian ada faktor lain yang perlu diinvestigasi lebih lanjut untuk menaikkan produksi tanaman kacang faba.

Kesimpulan dan Saran

Terdapat pengaruh nyata interaksi lokasi dan populasi tanam terhadap jumlah daun, berat segar tajuk, rasio tajuk akar, dan berat panen polong kacang faba. Besarnya pengaruh lokasi tergantung jumlah populasi tanaman dalam satu polibek. Sebaliknya, pengaruh kepadatan populasi juga bergantung pada lokasi tanam yang dipilih. Secara independen, faktor lokasi dan faktor populasi berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, berat segar akar, berat kering tajuk, dan berat kering akar. Penanaman di *tunnel*, baik pada kondisi populasi jarang maupun padat, menghasilkan tanaman yang lebih tinggi, tajuk kering yang lebih berat, tapi akar yang lebih sedikit dan ringan. Penanaman benih tunggal per pot membuat tanaman tumbuh lebih tinggi dan akar berkembang lebih banyak. Pola ini ditemukan baik ketika tanaman dibudidayakan di lingkungan terkontrol (*tunnel*) maupun di lahan terbuka. Tidak ditemukan adanya perbedaan klorofil daun kacang faba antar lokasi maupun antar populasi. Lokasi dan populasi tanam tidak mempengaruhi klorofil daun.

Ucapan terima kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada Universitas Kristen Satya Wacana yang telah memberikan dana penelitian internal untuk melaksanakan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Allito, B. B., Ewusi-Mensah, N., Logah, V., & Hunegnaw, D. K. (2021). Legume-rhizobium specificity effect on nodulation, biomass production and partitioning of faba bean (*Vicia faba* L.). *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83235-8>
- Amalfitano, C., Agrelli, Di., Borrelli, C., Cuciniello, A., Morano, G., & Caruso, G. (2018). Production system effects on growth, pod yield and seed quality of organic faba bean in southern Italy. *Folia Horticulturae*, 30(2). <https://doi.org/10.2478/fhort-2018-0033>
- Banjarnahor, D. R. V. (2017). Faba Bean: a Promising Crop for Realizing a Healthier Potato Cropping System in the Dieng Highlands. *Journal of Biota*, 1(2). <https://doi.org/10.24002/biota.v1i2.997>
- Bishop, J., Potts, S. G., & Jones, H. E. (2016). Susceptibility of Faba Bean (*Vicia faba* L.) to Heat Stress During Floral Development and Anthesis. *Journal of Agronomy and Crop Science*. <https://doi.org/10.1111/jac.12172>
- Cavusoglu, A., & Azdemir, F. (2019). Growth and Yield Responses of *Vicia faba* L. Grown at Different Planting Densities under Greenhouse Condition for Vegetable Purpose. *Biological Forum-An International Journal*, 11(2).
- Cong, W. F., Hoffland, E., Li, L., Six, J., Sun, J. H., Bao, X. G., ... Van Der Werf, W. (2015). Intercropping enhances soil carbon and nitrogen. *Global Change Biology*. <https://doi.org/10.1111/gcb.12738>
- Dahmardeh, M., Ramroodi, M., & Valizadeh, J. (2010). Effect of plant density and cultivars on growth, yield and yield components of faba bean (*Vicia faba* L.). *African Journal of Biotechnology*, 9(50).
- Edossa Kubure, T., & v Raghavaiah, C. (2016). Production Potential of Faba Bean (*Vicia faba* L.) Genotypes in Relation to Plant Densities and Phosphorus Nutrition on Vertisols of Central Highlands of West Showa Zone, Ethiopia, East Africa. *Advances in Crop Science and Technology*, 04(02). <https://doi.org/10.4172/2329-8863.1000214>
- Ericsson, T. (1995). Growth and shoot: root ratio of seedlings in relation to nutrient availability. *Plant and Soil*, 168–169(1). <https://doi.org/10.1007/BF00029330>
- Frey, C. J., Zhao, X., Brecht, J. K., Huff, D. M., & Black, Z. E. (2020). High tunnel and grafting effects on organic tomato plant growth and yield in the subtropics. *HortTechnology*, 30(4). <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04610-20>
- Gezahegn, A. M., Tesfaye, K., Sharma, J. J., & Belel, M. D. (2016). Determination of optimum plant density for faba bean (*Vicia faba* L.) on vertisols at Haramaya, Eastern Ethiopia. *Cogent Food and Agriculture*, 2(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1224485>
- Gezahegn, Almaz. (2019). Review on Effect of Plant Density and Planting Arrangement on Faba Bean Production. 15. 261-268. 10.5829/idosi.wjas.2019.261.268.
- Köpke, U., & Nemecek, T. (2010). Ecological services of faba bean. *Field Crops Research*. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.10.012>
- Ordóñez, R. A., Archontoulis, S. v., Martinez-Feria, R., Hatfield, J. L., Wright, E. E., & Castellano, M. J. (2020). Root to shoot and carbon to nitrogen ratios of maize and soybean crops in the US Midwest. *European Journal of Agronomy*, 120. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126130>
- Ottaiano, L., di Mola, I., Cirillo, C., Cozzolino, E., & Mori, M. (2021). Yield performance and physiological response of a maize early hybrid grown in tunnel and open air under different water regimes. *Sustainability (Switzerland)*, 13(20). <https://doi.org/10.3390/su132011251>
- Patrick, J. W., & Stoddard, F. L. (2010). Physiology of flowering and grain filling in faba bean. *Field Crops Research*. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.06.005>

- Rogers, M. A., & Wszelaki, A. L. (2012). Influence of high tunnel production and planting date on yield, growth, and early blight development on organically grown heirloom and hybrid tomato. *HortTechnology*, 22(4). <https://doi.org/10.21273/horttech.22.4.452>
- Singh, A. K., Bharati, R. C., Manibhushan, N. C., & Pedpati, A. (2013). *African Journal of Agricultural Research An assessment of faba bean (Vicia faba L.) current status and future prospect.* 8(50), 6634–6641. <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.7335>
- Thalji, T. (2010). Effect of plant density on seed yield and agronomic characters of faba bean (*Vicia faba L.*) under greenhouse conditions. *Bioscience Research*, 7(1).
- Wallace, R. W., Wszelaki, A. L., Miles, C. A., Cowan, J. S., Martin, J., Roozen, J., Gundersen, B., & Inglis, D. A. (2012). Lettuce yield and quality when grown in high tunnel and open-field production systems under three diverse climates. *HortTechnology*, 22(5). <https://doi.org/10.21273/horttech.22.5.659>
- Wang, Z. G., Jin, X., Bao, X. G., Li, X. F., Zhao, J. H., Sun, J. H., ... Li, L. (2014). Intercropping enhances productivity and maintains the most soil fertility properties relative to sole cropping. *PLoS ONE*, 9(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113984>
- Xue, Y., Xia, H., Christie, P., Zhang, Z., Li, L., & Tang, C. (2016). Crop acquisition of phosphorus, iron and zinc from soil in cereal/legume intercropping systems: a critical review. *Annals of Botany*. <https://doi.org/10.1093/aob/mcv182>
- Zhao, X., & Carey, E. (2009). Summer production of lettuce, and microclimate in high tunnel and open field plots in kansas. *HortTechnology*, 19(1). <https://doi.org/10.21273/hortsci.19.1.113>