

Respons Anatomis dan Fisiologis Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) terhadap Aplikasi GA₃ dan Sludge Biogas

Hamdian Noor Harahap, Maryani, Novita Yustinadiar*

Fakultas Biology, Gadjah Mada University, Indonesia
E-mail: novita.yustinadiar@ugm.ac.id

Rekam Jejak Artikel:

Diterima : 25/10/2021
Disetujui : 22/07/2022

Abstract

Peanut production showed positive growth but had not been able to meet the community demands. The low productivity could be solved by providing plant growth regulators, such as GA₃, and fertilizer, such as biogas sludge. The purpose of this study was to determine the anatomical and physiological responses of peanuts to the application of GA₃ and biogas sludge. The research was conducted with a 4 x 2 factorial randomized block design, four levels of GA₃ dose consisting of control, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, and two levels of biogas sludge dose consisting of control and 70 mL / liter of water, with three repetitions so that there are 24 units. Data were analyzed statistically by the Anova test followed by the DMRT test with a significance level of 95% ($\alpha = 0.05$). The results showed that there were significant differences between plant anatomical responses: metaxylem diameter (p-value = 0.006), cortical thickness (p-value = 0.001) and pith diameter (p-value = 0.021), also between physiological responses: plant height (p-value = 0.000), leaf length (p-value = 0.000) and leaf width (p-value = 0.046), of peanuts applied a combination of GA₃ and biogas sludges in various concentrations. On the other hand, there was no significant difference in stem diameter (p-value = 0.117), root volume (p-value = 0.650) and number of leaflets (p-value = 0.120), that were applied a combination of GA₃ application and biogas sludges in various concentrations.

Keywords: *Arachis hypogaea* L; Biogas Sludges; Gibberellic Acid; Plant Anatomy; Plant Physiology.

Abstrak

Produksi kacang tanah menunjukkan pertumbuhan yang positif namun belum dapat memenuhi permintaan masyarakat. Rendahnya produktivitas kacang tanah dapat diatasi dengan memberikan zat pengatur tumbuh (ZPT), yaitu GA₃ (*Gibberellic Acids*), dan pupuk organik, yaitu *sludge biogas*. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui respons anatomis dan fisiologis kacang tanah terhadap aplikasi GA₃ dan *sludge biogas*. Penelitian dilakukan dengan Rancangan Acak Kelompok Pola Faktorial 4 x 2, yaitu dosis GA₃, yang terdiri dari empat taraf, yaitu kontrol, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, dan *sludge biogas* yang terdiri dari dua taraf, yaitu kontrol dan 70 mL/liter air, dengan tiga ulangan sehingga terdapat 24 unit satuan. Analisis data dilakukan secara statistik dengan ANOVA yang dilanjutkan dengan uji DMRT dengan tingkat signifikansi 95% ($\alpha = 0,05$). Hasil menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata antar respon anatomis tanaman, yaitu diameter metaxilem (p-value = 0,006), tebal korteks (p-value = 0,001) dan diameter empulur (p-value = 0,021), juga antar respon fisiologis tanaman, yaitu tinggi tanaman (p-value = 0,000), panjang daun (p-value = 0,000) dan lebar daun (p-value = 0,046) tanaman kacang tanah terhadap kombinasi aplikasi GA₃ dan *sludges biogas* dalam berbagai konsentrasi. Sebaliknya, tidak terdapat perbedaan nyata pada diameter batang (p-value = 0,117), volume akar (p-value = 0,650), jumlah anak daun (p-value = 0,120) tanaman kacang tanah yang diberikan kombinasi aplikasi GA₃ dan *sludges biogas* dalam berbagai konsentrasi.

Kata kunci: *Arachis hypogaea* L; *Sludges Biogas*; GA₃; Anatomis Tanaman; Fisiologis Tanaman.

PENDAHULUAN

Data Kementerian Pertanian RI (2015a) menunjukkan bahwa pertumbuhan rata-rata konsumsi kacang tanah per kapita per tahun mencapai 2,78%, yang berarti bahwa kacang tanah termasuk sebagai komoditas pertanian yang paling dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia, baik untuk kebutuhan pangan maupun industri pangan. Meskipun produksi kacang tanah menunjukkan

pertumbuhan yang positif dalam tiga dekade terakhir, namun ternyata belum dapat memenuhi permintaan masyarakat yang semakin meningkat, hal ini menuntut peningkatan jumlah impor kacang tanah dan menyebabkan Indonesia menjadi negara importir nomor dua dunia yang mengimpor kacang tanah dengan rata-rata sebesar 137,17 ribu ton pada tahun 2009-2013 (Kementerian Pertanian RI, 2016). Rendahnya produktivitas kacang tanah dapat diatasi

dengan upaya intensifikasi, dengan pemberian zat pengatur tumbuh (ZPT), seperti hormon giberelin atau GA₃, dan pupuk pada tanaman (Yennita, 2014).

Menurut Rifalasma *et al.* (2019), GA₃ memberikan pengaruh positif terhadap diameter batang tanaman, karena menurut Wachjar *et al.* (2002), giberelin menyebabkan penebalan pada jaringan kulit, xilem dan floem. GA₃ juga berperan dalam proses peningkatan tinggi tanaman. Yasmin (2014); Setiawan & Wahyudi (2014) dan Riko *et al.* (2019) menyebutkan bahwa konsentrasi GA₃ yang diberikan juga mampu memacu pertumbuhan tanaman melalui peningkatan tinggi tanaman, sedangkan menurut Pertiwi *et al.* (2014) hal ini terjadi karena adanya pembelahan dan pemanjangan sel yang meningkat oleh giberelin. Setiawan & Wahyudi (2014) dan Sundahri *et al.* (2016) menyebutkan, GA₃ juga memberikan pengaruh yang signifikan terhadap jumlah dan volume akar, karena menurut Maharani *et al.* (2018), giberelin dapat merangsang sintesis auksin yang akan membantu agar pertumbuhan akar semakin cepat dan optimal. Giberelin dapat memperbesar luas daun serta mempengaruhi pertumbuhan jumlah daun, karena giberelin menstimulasi enzim dinding sel *Xyloglucan Endotrans-lycosylase* (XET) untuk memutuskan ikatan-ikatan pada hemiselulosa sehingga mikrofibril selulose berpindah tempat, hal ini menyebabkan pelebaran atau perluasan dinding sel yang kemudian berdampak pada lebar dan panjang daun (Setiawan & Wahyudi, 2014; Farida & Rohaeni, 2019).

Rendahnya produktivitas kacang tanah juga dapat diatasi dengan pemberian *sludge biogas*, yaitu pupuk organik yang diolah dari limbah sapi, untuk dapat membantu meningkatkan kesuburan tanah sekaligus mengurangi pencemaran udara yang disebabkan oleh limbah tersebut. Nitrogen (N) yang terkandung dalam *sludge biogas* berperan dalam sintesa asam amino dan protein yang selanjutnya digunakan dalam proses pembentukan organ vegetatif tanaman, seperti daun dan batang, sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik (Safuan & Bahrin, 2012). Selain N, kandungan kalium (K) dalam *sludge biogas* juga terbukti dapat meningkatkan jumlah helai daun pada tanaman, karena kalium berperan dalam hal transport hasil fotosintesa ke bagian *sink* tanaman, dimana salah satu bagian *sink* yang kompetitif pada masa pertumbuhan vegetatif adalah daun muda (tunas)

yang sedang tumbuh (Mustamu, 2012; Utomo *et al.*, 2014). K juga berpengaruh sebagai aktivator enzim, yaitu untuk merangsang jaringan meristematik dan pertumbuhan akar (Sitanggang *et al.*, 2015), dan juga berguna dalam memperkuat vigor tanaman, sehingga perakaran menjadi lebih baik (Khoirudin *et al.*, 2017). Pertumbuhan akar juga tidak terlepas dari peran unsur hara fosfor (P) yang berperan sebagai unsur yang menstimulasi tumbuh kembang perakaran tanaman sehingga tanaman dapat menjangkau ruang penyerapan unsur hara yang lebih luas (Khoirudin *et al.*, 2017).

Penelitian-penelitian seputar giberelin dan *sludge biogas*, sebagaimana telah dijabarkan, pada umumnya hanya membahas hormon giberelin dan *sludge biogas* secara terpisah. Penelitian ini menjadi berbeda dengan mengkombinasikan GA₃ dan *sludge biogas* untuk melihat pengaruhnya terhadap pertumbuhan kacang tanah, baik anatomis maupun fisiologis, sehingga diharapkan dapat menghasilkan kualitas tanaman kacang tanah yang lebih baik dibandingkan dengan pemberian secara tunggal sehingga selanjutnya dapat menjadi solusi untuk meningkatkan produktivitas kacang tanah dan memenuhi permintaan masyarakat yang semakin meningkat.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilakukan di *green house* dan Laboratorium Struktur Pertumbuhan Tumbuhan Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada. Penelitian dilakukan dengan Rancangan Acak Kelompok Pola Faktorial 4 x 2, yaitu dosis GA₃ yang terdiri dari empat taraf, yaitu kontrol, 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm; dan *sludge biogas* yang terdiri dari dua taraf, yaitu kontrol dan 70mL/liter air. Perlakuan diberikan dengan tiga ulangan, sehingga terdapat 24 unit satuan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara multivariat dengan uji ANOVA yang dilanjutkan dengan uji DMRT dengan tingkat signifikansi 95% ($\alpha = 0,05$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respon Anatomis Tanaman Kacang Tanah

Respon anatomis ditentukan berdasarkan diameter batang, diameter metaxilem, tebal korteks dan diameter empulur batang tanaman kacang tanah.

Tabel 1. Respons Anatomis Tanaman Kacang Tanah Pada Masing-Masing Aplikasi GA₃ dan *Sludge Biogas*

Perlakuan	Rata-Rata (μm)			
	Diameter Batang	Diameter Metaxilem	Tebal Korteks	Diameter Empulur
Kontrol	3557,05 ^{ab}	48,72 ^a	262,59 ^a	2344,53 ^a
GA ₃ 0 ppm + <i>Sludge Biogas</i> 50 mL/L air	3594,13 ^{ab}	59,06 ^{bc}	336,01 ^{ab}	2390,17 ^a
GA ₃ 50 ppm + <i>Sludge Biogas</i> 0 mL/L air	3520,27 ^{ab}	54,86 ^{bc}	354,09 ^{ab}	2433,40 ^a
GA ₃ 50 ppm + <i>Sludge Biogas</i> 50 mL/L air	3563,93 ^{ab}	55,17 ^{bc}	309,38 ^{ab}	2475,49 ^a
GA ₃ 100 ppm + <i>Sludge Biogas</i> 0 mL/L air	3463,78 ^a	59,91 ^{bc}	291,33 ^{ab}	2329,42 ^a
GA ₃ 100 ppm + <i>Sludge Biogas</i> 50 mL/L air	3796,23 ^b	54,16 ^{ab}	531,76 ^c	2563,46 ^{ab}
GA ₃ 150 ppm + <i>Sludge Biogas</i> 0 mL/L air	3796,68 ^b	58,25 ^{bc}	340,65 ^{ab}	2591,71 ^{ab}
GA ₃ 150 ppm + <i>Sludge Biogas</i> 50 mL/L air	3759,37 ^{ab}	60,50 ^c	371,87 ^b	2858,94 ^b
P-value	0,117 ^{ns}	0,006 ^{*)}	0,001 ^{*)}	0,021 ^{*)}

Keterangan

*) Berbeda nyata; ^{ns} berbeda tidak nyata. Signifikansi perbedaan diuji berdasarkan Uji Anova diikuti dengan uji Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%. Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata dalam Duncan.

Diameter batang adalah garis lurus yang melintasi titik pusat batang dan menghubungkan dua titik pada tepi batang, dan batang tumbuhan dikotil dicirikan dengan adanya kambium, termasuk kacang tanah. Oleh karena adanya kambium, batang kacang tanah mengalami pertumbuhan sekunder, yaitu pertumbuhan ke samping yang menyebabkan diameter batang kacang tanah semakin membesar. Berdasarkan pengukuran, rata-rata diameter batang tanaman kacang tanah sebesar 3631,42 μm atau 0,3631 cm. Ukuran ini tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian Lubis *et al.* (2013) yang menunjukkan bahwa diameter batang kacang tanah yang tidak diberikan perlakuan adalah sebesar 0,38 cm. Hasil ini juga sesuai pendapat Ples *et al.* (2013), dimana rata-rata diameter batang kacang tanah adalah sebesar 2336,8 μm atau 0,23 cm.

Tabel 1 menunjukkan bahwa tanaman kontrol memiliki diameter batang tanaman yang paling kecil ketiga setelah tanaman yang diberikan GA₃ 100 ppm dan GA₃ 50 ppm. Jika dibandingkan dengan tanaman kontrol, tanaman yang diberikan perlakuan cenderung memiliki diameter batang yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa GA₃ dan *sludge biogas* sedikit banyak dapat mendukung pertumbuhan tanaman melalui perbesaran diameter batang, meskipun secara statistik, tidak ditemukan perbedaan yang signifikan antar diameter batang tanaman kacang tanah sebagai pengaruh dari setiap perlakuan (*p-value* = 0,117).

Rata-rata yang hanya berselisih kecil antar perlakuan juga terlihat dari notasi pada setiap rata-rata yang hampir sama, yaitu a, ab dan b. Masitoh *et al.* (2018) juga menemukan hasil yang sama, yaitu tidak terdapat interaksi nyata antara perlakuan dosis pupuk biogas terhadap diameter batang tanaman. Purba *et al.* (2019) dan Suyono (2017) menambahkan, penambahan konsentrasi giberelin juga berpengaruh beda tidak nyata pada diameter tanaman. Tidak adanya perbedaan antar perlakuan

diduga terjadi karena pengaruh genetik tanaman lebih dominan dibandingkan dengan pengaruh pemberian zat pengatur tumbuh seperti pupuk dan hormon tambahan.

Salah satu jaringan penyusun batang adalah metaxilem, yaitu bagian yang membentuk xilem primer pada batang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata diameter metaxilem tanaman kacang tanah sebesar 55,97 μm. Hasil ini memberikan hasil yang lebih besar daripada penelitian Inkasari *et al.* (2016), diameter xilem tanaman dikotil bervariasi antara 33,74 - 48,55 μm. Praptoyo (2001) juga menyebutkan bahwa diameter tanaman dikotil memiliki nilai rata-rata 35,68 μm.

Terdapat perbedaan yang signifikan antar pengaruh setiap perlakuan terhadap diameter metaxilem tanaman kacang tanah (*p-value* = 0,006), dan uji Duncan menunjukkan bahwa tanaman kacang kontrol memiliki rata-rata diameter metaxilem yang paling rendah, sedangkan diameter metaxilem paling besar dimiliki oleh tanaman yang diberikan kombinasi GA₃ 150 ppm dan *sludge biogas* 50 mL/L air. Perbedaan signifikan ini diduga terjadi karena hormon dan pupuk yang diberikan dapat diserap secara optimal oleh tanaman kacang tanah sehingga diameter metaxilem meningkat seiring dengan bertambahnya dosis GA₃ dan *sludge biogas* yang diberikan. Gardner *et al.* (2017) menegaskan bahwa pemberian giberelin pada tanaman akan mendukung pertumbuhan diameter batang tanaman kacang tanah dan menurut Wachjar *et al.* (2002), perbesaran diameter batang dapat terjadi karena terjadinya pembengkakan pada batang akibat pengaruh menebalnya jaringan kulit termasuk xilem dan floem. Fahn (1995) mempertegas bahwa pertumbuhan lebar batang disebabkan oleh aktivitas kambium dan menghasilkan xilem dan floem sekunder. Dengan demikian, GA₃ juga mempunyai efek pada aktivitas kambium dan diferensiasi jaringan berkas pengangkut, sebagaimana

disebutkan oleh Wareing & Phillips (1978) bahwa variasi konsentrasi GA_3 berperan dalam pembentukan xilem dan floem pada tanaman, termasuk pada metaxilemnya.

Penyerapan sludge biogas secara optimal juga mendukung perbesaran metaxilem pada tanaman kacang tanah. Sebagaimana disebutkan oleh Suzuki *et al.* (2001) dan Kongkaew *et al.* (2004), bahwa sludge biogas kaya akan unsur makro yaitu N, P dan K serta unsur mikro seperti Ca, Mg, Fe, Mn, Cu dan Zn. Harjanti *et al.* (2014) menyebutkan bahwa N merupakan unsur hara yang penting dalam mendukung pertumbuhan batang. Nitrogen yang diserap oleh tanaman akan menyusun asam amino (protein), asam nukleat, nukleotida, dan klorofil pada tanaman, sehingga dengan adanya nitrogen, tanaman akan lebih optimal dalam melakukan fotosintesis untuk menghasilkan karbohidrat dalam pertumbuhan vegetatif tanaman, yang akan dimanfaatkan untuk perbesaran diameter batang (Kementerian Pertanian RI, 2015b).

Korteks juga merupakan salah satu jaringan yang terdapat pada batang. Korteks adalah lapisan dalam kedua setelah epidermis yang tebal dan berfungsi sebagai penyimpan energi (Shiddieq *et al.*, 2018). Korteks terdiri atas sel-sel parenkim dimana sel-sel tersebut terpisahkan oleh ruang antarsel (Mulyani, 2006). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman kacang kontrol memiliki rata-rata tebal korteks yang paling rendah dibandingkan dengan tanaman-tanaman yang diberikan perlakuan, sedangkan korteks paling tebal dimiliki oleh tanaman yang diberikan kombinasi GA_3 100 ppm dan sludge biogas 50 mL/L air. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman kacang tanah yang diberikan zat tambahan seperti hormon dan pupuk memiliki korteks yang lebih tebal dibandingkan dengan tanaman kontrol.

Uji Duncan selanjutnya menunjukkan bahwa hanya perlakuan GA_3 100 ppm dan sludge biogas 50 mL/L air yang memiliki notasi c. Hal ini menunjukkan bahwa tebal korteks tanaman yang diberikan perlakuan tersebut memiliki selisih rata-rata yang besar dengan hasil pengukuran ketebalan korteks yang di bawahnya, sehingga menunjukkan angka yang paling berbeda dan paling besar dibandingkan dengan tebal korteks pada tanaman yang diberikan perlakuan lainnya. Perbedaan yang besar antar ketebalan korteks tersebut terbukti secara statistik sebagaimana terlihat pada Tabel 1, bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antar pengaruh setiap perlakuan terhadap ketebalan korteks tanaman kacang tanah (p -value = 0,001).

Menurut Rosawanti *et al.* (2015), penurunan dan peningkatan tebal korteks berhubungan dengan kekeringan, dimana penurunan ketebalan korteks terjadi sebagai bentuk toleransi tanaman untuk mempersingkat jarak transportasi air ke dalam stele dan xilem sehingga akar lebih efektif mengangkut air. Penebalan korteks yang terjadi merupakan

mekanisme untuk memperbanyak sel-sel dalam korteks sebagai upaya untuk menyimpan lebih banyak air. Hal ini dibuktikan oleh penelitian Hidayati *et al.* (2017) yang menunjukkan bahwa tanaman kontrol memiliki korteks yang lebih tebal dibandingkan dengan tanaman perlakuan kekeringan. Atika *et al.* (2018) membenarkan jika giberelin dapat meningkatkan kadar air relatif pada tanaman dengan menginduksi aktivitas enzim. Hal ini menyebabkan tanaman kacang tanah yang diberikan giberelin dapat bertahan dan memperbesar nilai ketebalan korteks karena dengan memproteksi diri dari dampak kekeringan.

Selain pada kadar air relatif, kekeringan juga sangat erat kaitannya dengan kadar air tanah. Peran dalam hal perubahan struktur tanah didominasi oleh bahan organik, yaitu yang terkandung pada *sludge biogas*. Hal ini dibuktikan oleh penelitian Margolang *et al.* (2015) menunjukkan bahwa pemberian bahan organik dapat menurunkan bobot isi tanah dan meningkatkan total ruang porinya. Meningkatnya ruang pori pada tanah diikuti oleh meningkatnya kadar air karena air dapat lebih mudah masuk oleh karena tersedianya lebih banyak ruang dalam tanah. Maka dari itu, pemberian sludge biogas dapat mendukung penebalan korteks karena tanaman tidak terpapar oleh kekeringan.

Sebagaimana korteks, empulur pada batang juga tersusun atas sel-sel parenkim yang berukuran besar dan juga memiliki ruang antarsel (Bria, 2018). Mulyani (2006) menambahkan bahwa empulur berisi sel getah yang berfungsi untuk menyimpan cadangan makanan serta memperkuat batang. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tanaman yang diberikan perlakuan GA_3 100 ppm memiliki rata-rata diameter empulur yang paling rendah dibandingkan dengan tanaman-tanaman yang diberikan perlakuan, sementara diameter empulur paling besar dimiliki oleh tanaman yang diberikan kombinasi GA_3 150 ppm dan sludge biogas 50 mL/L air. Tabel 1 juga menunjukkan bahwa hanya perlakuan GA_3 150 ppm dan sludge biogas 50 mL/L air yang memiliki notasi b, yang berarti perlakuan tersebut memiliki selisih rata-rata yang besar dengan nilai diameter yang di bawahnya, sehingga perlakuan tersebut memberikan nilai yang paling berbeda dan paling besar dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pembagian notasi tersebut menunjukkan bahwa diameter empulur tanaman kacang tanah akan semakin besar jika GA_3 diberikan pada konsentrasi 100 ppm jika ditambahkan dengan sludge biogas sebanyak 50 mL/L air, atau dengan memberikan 150 ppm GA_3 tanpa atau dengan *sludge biogas* 50 mL/L air. Perbedaan rata-rata yang bermakna ini terbukti secara statistik, dimana terdapat perbedaan yang signifikan antar pengaruh setiap perlakuan terhadap diameter empulur tanaman kacang tanah (p -value = 0,021). Perbedaan diameter empulur merupakan salah satu faktor yang menyebabkan perbedaan

Tabel 2. Respons Fisiologis Tanaman Kacang Tanah Pada Masing-Masing Aplikasi GA₃ dan *Sludge Biogas*

Perlakuan	Rata-Rata				
	Tinggi Tanaman (cm)	Volume Akar (cm ³)	Jumlah Anak Daun (helai)	Panjang Daun (cm)	Lebar Daun (cm)
Kontrol	29,50 ^a	18,33 ^a	74,33 ^c	5,48 ^a	2,72 ^a
GA ₃ 0 ppm + <i>Sludge Biogas</i> 50 mL/L air	32,50 ^{ab}	19,33 ^a	19,33 ^a	5,91 ^{ab}	3,07 ^{abc}
GA ₃ 50 ppm + <i>Sludge Biogas</i> 0 mL/L air	35,50 ^b	27,00 ^a	58,67 ^{ab}	5,80 ^{ab}	2,89 ^{ab}
GA ₃ 50 ppm + <i>Sludge Biogas</i> 50 mL/L air	44,00 ^c	26,33 ^a	46,67 ^{ab}	6,57 ^{bc}	3,05 ^{abc}
GA ₃ 100 ppm + <i>Sludge Biogas</i> 0 mL/L air	45,50 ^c	25,67 ^a	54,67 ^{ab}	7,12 ^c	2,99 ^{abc}
GA ₃ 100 ppm + <i>Sludge Biogas</i> 50 mL/L air	35,17 ^b	24,00 ^a	46,67 ^{ab}	6,46 ^{bc}	2,98 ^{abc}
GA ₃ 150 ppm + <i>Sludge Biogas</i> 0 mL/L air	42,33 ^c	24,00 ^a	35,33 ^a	7,12 ^c	3,25 ^{bc}
GA ₃ 150 ppm + <i>Sludge Biogas</i> 50 mL/L air	43,33 ^c	25,67 ^a	63,00 ^{ab}	7,20 ^c	3,30 ^c
P-value	0,000 ^{*)}	0,650 ^{ns}	0,120 ^{ns}	0,000 ^{*)}	0,046 ^{*)}

Keterangan

^{*)} Berbeda nyata; ^{ns} berbeda tidak nyata. Signifikansi perbedaan diuji berdasarkan Uji Anova diikuti dengan uji Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%. Angka yang diikuti oleh huruf yang sama berarti tidak berbeda nyata dalam Duncan.

pertumbuhan antar tanaman. Diameter empulur yang lebih besar memiliki kemampuan mengalirkan air dan nutrisi ke seluruh bagian tanaman lebih besar dan menyebabkan pertumbuhan tanamannya menjadi lebih baik (Graham, *et al.*, 2013). Hal ini terlihat dari sifat fisiologi tanaman, yaitu tinggi tanaman dan ukuran daun yang cenderung lebih baik jika diberikan kombinasi giberelin dan *sludge biogas* dibandingkan dengan tanaman kontrol.

Salisbury & Ross (1995) menjelaskan bahwa giberelin dapat memacu pertumbuhan tanaman, salah satunya dengan menumbuhkan jalur panjang sel kortek dan sel empulur. Menurut Raven *et al.* (2005), kemampuan jaringan empulur memindahkan zat-zat penting ke seluruh bagian tanaman memungkinkan diameter empulur menjadi lebih besar. Jika menurut Margolang *et al.* (2015) *sludge biogas* berperan dalam meningkatkan kadar air tanah, tentu hal ini dapat meningkatkan transportasi nutrisi dari tanah ke seluruh tanaman. Hal ini yang kemudian menyebabkan diameter empulur semakin besar.

Respon Fisiologis Tanaman Kacang Tanah

Respon fisiologis tanaman kacang tanah ditentukan berdasarkan tinggi tanaman, volume akar, jumlah anak daun, serta panjang dan lebar daun tanaman.

Pérez-Harguindeguy *et al.* (2013) menyebutkan, tinggi tanaman adalah perawakan maksimum 'khas' yang dicapai oleh individu (tanaman) dewasa yang dapat menggambarkan bentuk pertumbuhan, daya saing dengan tanaman lainnya, ukuran reproduksi, kesuburan seluruh tanaman, potensi umur, dan apakah suatu spesies mampu membentuk dan mencapai ukuran reproduksi antara dua gangguan (seperti misalnya kebakaran, badai atau pembajakan). Pada penelitian ini, rata-rata tinggi tanaman kacang tanah adalah 38,48 cm, yaitu pada rentang 27 cm hingga 48 cm. Hal ini senada dengan penemuan Sastrahidayat (2019), bahwa kacang

tanah merupakan tanaman perdu dengan batang yang dapat tumbuh setinggi 20 hingga 40 cm atau lebih.

Secara statistik, terdapat perbedaan yang signifikan antar pengaruh setiap perlakuan terhadap tinggi tanaman kacang tanah ($p\text{-value} = 0,000$). Perbedaan pengaruh yang diberikan oleh masing-masing perlakuan menunjukkan optimalnya pemanfaatan hormon giberelin dan unsur hara yang diperoleh dari *sludge biogas* oleh tanaman kacang tanah terhadap peningkatan tinggi tanaman. Lebih lanjut, uji Duncan menunjukkan bahwa tanaman kacang kontrol memiliki rata-rata tinggi tanaman yang paling rendah, sedangkan tanaman yang diberikan kombinasi GA₃ 100 ppm dan *sludge biogas* 0 mL/L air, menunjukkan nilai rata-rata tinggi tanaman yang paling tinggi. Penelitian Setiawan & Wahyudi (2014) mendukung hasil penelitian ini dengan menunjukkan bahwa aplikasi hormon giberelin 100 ppm memberikan nilai terbesar pada tinggi tanaman, sedangkan hasil terendah ditunjukkan oleh pemberian giberelin 0 ppm. Meskipun memiliki nilai paling tinggi, pengaruh kombinasi GA₃ 100 ppm dan *sludge biogas* 0 mL/L air tidak berbeda nyata dengan pengaruh 3 (tiga) perlakuan lainnya, yaitu kombinasi :

1. GA₃ 50 ppm dan *sludge biogas* 50 mL/L air (rata-rata 44,00 cm);
2. GA₃ 150 ppm dan *sludge biogas* 50 mL/L air (rata-rata 43,33 cm); serta
3. GA₃ 150 ppm dan *sludge biogas* 0 mL/L air (rata-rata 42,33 cm).

Secara umum, hal ini menunjukkan bahwa GA₃ memberikan kontribusi lebih dominan terhadap peningkatan tinggi tanaman kacang tanah dibandingkan dengan *sludge biogas*, sebab tanpa *sludge biogas*, GA₃ masih mampu meningkatkan tinggi tanaman secara optimal pada dosis 100 ppm dan 150 ppm. Hal ini dibenarkan oleh Setiawan &

Wahyudi (2014), bahwa peningkatan tinggi tanaman disebabkan oleh pemberian giberelin yang dapat merangsang pertumbuhan batang tanaman, seperti tinggi tanaman. Gardner *et al.* (2017) menyebutkan bahwa pertumbuhan tinggi batang terjadi dalam meristem interkalar dari ruas, dimana ruas tersebut dapat memanjang akibat meningkatnya jumlah dan luas sel. Prawiranata *et al.* (1981) mengemukakan bahwa GA₃ merupakan hormon berperan dalam meningkatkan pembesaran dan perbanyakan sel pada tanaman, sehingga tanaman dapat mencapai tinggi yang maksimal. Penelitian Sundahri *et al.* (2016) menunjukkan hal yang senada, bahwa giberelin berperan dalam mendukung perpanjangan sel tanaman yang tentunya mendukung peningkatan tinggi tanaman.

Penambahan *sludge biogas* juga sedikit banyaknya dapat mendukung peningkatan tinggi tanaman kacang tanah, sebagaimana terlihat pada Tabel 2, bahwa GA₃ dengan dosis 150 ppm memberikan pengaruh satu cm lebih tinggi jika dikombinasikan dengan *sludge biogas*. Penambahan bahan organik, seperti *sludge biogas*, pada tanaman dapat mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman melalui peningkatan kualitas tanah, yaitu dengan meningkatkan kandungan nutrisi dalam tanah, meningkatkan stabilitas agregat tanah, meningkatkan kemampuan tanah memegang air, menjaga kelembaban dan suhu tanah, meningkatkan nilai KTK (Kapasitas Tukar Kation), serta dapat meningkatkan kandungan C-organik dalam tanah (Zahro, 2018).

Akar merupakan bagian tanaman yang biasanya terdapat dalam tanah dengan arah tumbuh menuju pusat bumi atau air (hidrotrop) serta meninggalkan udara dan cahaya. Salah satu respons akar yang ditinjau untuk mengetahui pengaruh zat-zat tambahan pada tanaman, seperti pupuk atau hormon, adalah volume akar. Pada penelitian ini, rata-rata volume akar tanaman kacang tanah adalah sebesar 23,79 cm³ dengan nilai volume akar terendah sebesar 14 cm³ dan tertinggi adalah 35 cm³. Volume akar yang paling kecil dimiliki oleh tanaman kontrol, sementara volume akar yang paling besar dimiliki oleh tanaman kacang tanah yang diberikan aplikasi GA₃ 50 ppm. Hasil yang sama ditunjukkan oleh penelitian Atika *et al.* (2018) dan Sundahri *et al.* (2016), dimana tanaman kontrol memiliki volume akar paling kecil dibandingkan tanaman yang diberikan hormon giberelin. Menurut Sundahri *et al.* (2016), giberelin berfungsi dalam mendukung pertumbuhan seluruh organ tanaman, termasuk akar. Meskipun Salisbury & Ross (1995) menyatakan bahwa hormon giberelin eksogen hanya memberikan efek yang kecil terhadap pertumbuhan akar, akan tetapi, secara tidak langsung, hormon giberelin dapat meningkatkan pembelahan sel dan apeks pada tajuk yang memacu pertumbuhan batang dan daun muda. Pertumbuhan daun-daun baru akan memacu proses fotosintesis dan pada akhirnya

mendorong pertumbuhan organ-organ tanaman, termasuk akar.

Sebagaimana halnya giberelin, *sludge biogas* juga tidak memberikan pengaruh secara nyata terhadap perkembangan volume akar. Sebenarnya, *sludge biogas* memiliki beberapa kandungan yang dapat mendukung pertumbuhan akar, sebagaimana disebutkan oleh Salisbury dan Ross (1995), bahwa kandungan fosfor dan kalsium dalam pupuk organik, termasuk *sludge biogas*, berperan dalam memacu pembelahan jaringan meristem dan merangsang pertumbuhan akar. Akan tetapi, jika dibandingkan dengan giberelin, aplikasi *sludge biogas* memiliki peranan yang tidak lebih besar terhadap perkembangan akar tanaman kacang tanah.

Uji anova yang dilakukan menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan dalam mempengaruhi volume akar tanaman kacang tanah (*p-value* = 0,650). Hasil yang sama diperoleh oleh Sitanggang *et al.* (2015), yang menunjukkan ragam kombinasi antara giberelin dengan pupuk organik tidak berpengaruh secara signifikan terhadap volume akar tanaman. Hal ini diduga terjadi karena penyiraman yang dilakukan secara rutin dan merata, sehingga tanaman kacang tanah tidak mengalami kekurangan air dan volume akar tidak mengalami peningkatan atau penyusutan secara bermakna. Sebagaimana disebutkan oleh Mangansigea *et al.* (2018), bahwa peningkatan volume akar dapat terjadi apabila tanaman kekurangan air, karena volume akar yang meningkat merupakan respons morfologis yang penting dalam proses adaptasi tanaman terhadap kekurangan air.

Selain karena penerimaan asupan air yang merata, volume akar kacang tanah yang tidak berbeda antar perlakuan dapat terjadi karena nutrisi yang diserap akar lebih banyak dimanfaatkan untuk mengoptimalkan pertumbuhan batang, daun dan pertumbuhan generatif tanaman. Hal ini dibenarkan oleh pernyataan Salisbury & Ross (1995) mengenai pengaruh giberelin terhadap volume akar, bahwa akar tanaman sebenarnya mensintesis giberelin, sehingga giberelin eksogen hanya memberikan kontribusi kecil terhadap pertumbuhan akar.

Jumlah anak daun kacang tanah merupakan parameter lainnya yang dapat memberikan informasi mengenai respon fisiologis kacang tanah. Yuliana (2013) dan Trustinah (2015) menyebutkan bahwa daun kacang tanah terdiri atas 3 (tiga) hingga 4 (empat) helai anakan daun yang muncul pada setiap cabang tanaman, Trustinah (2015) menambahkan bahwa setiap tanaman memiliki 5 (lima) hingga 20 cabang. Kedua pernyataan tersebut menunjukkan bahwa terdapat 15 hingga 80 helai anak daun dalam satu tanaman. Penelitian ini memberikan hasil yang sesuai dengan pernyataan tersebut, dimana rata-rata jumlah helai anak daun yang dimiliki oleh tanaman kacang tanah adalah sebanyak 53 helai, jumlah paling sedikit adalah sebanyak 28 helai sedangkan jumlah paling banyak adalah sebanyak 84 helai.

Hasil menunjukkan jumlah helai anak daun paling banyak dimiliki oleh tanaman kontrol, sementara jumlah anak daun paling sedikit dimiliki oleh tanaman kacang tanah yang diberikan *sludge biogas* 50 mL/L air tanpa hormon giberelin. Hal ini diduga terjadi karena dosis *sludge biogas* dan konsentrasi giberelin yang terlalu berlebihan terhadap tanaman. Annisa *et al.* (2017) menjelaskan bahwa pemberian *sludge biogas* yang berlebih yang dipadukan dengan giberelin konsentrasi tinggi dapat menghambat pertumbuhan tanaman, salah satunya pertumbuhan daun. Hambatan tersebut terjadi oleh karena adanya nitrogen sebagai salah satu unsur yang terkandung dalam *sludge biogas*, dimana tanaman kacang tanah memang membutuhkan nitrogen untuk pertumbuhan daun, namun apabila mendapatkan asupan yang berlebih maka akan menyebabkan cekaman pada tanaman tersebut. Hal ini dibenarkan oleh Annisa *et al.* (2017) yang menyebutkan bahwa jika terlalu banyak menyerap nitrogen, tanaman akan menjadi sukulen karena menyimpan terlalu banyak air, sehingga daun mudah membusuk atau gugur. Senoaji & Praptana (2013) menambahkan bahwa pengaruh negatif pemberian N berlebihan adalah melemahnya jaringan tanaman, sehingga tanaman lebih peka terhadap hama dan penyakit.

Uji Anova menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan dalam mempengaruhi jumlah anak daun tanaman kacang tanah ($p\text{-value} = 0,120$). Hasil penelitian Zahro (2018) dan Sitanggang *et al.* (2015) juga menunjukkan hal yang sama, dimana perlakuan kombinasi GA₃ dan pupuk organik tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dalam mempengaruhi jumlah daun tanaman. Fitter & Hay (1991) mengatakan bahwa secara fisiologis, cahaya mempunyai pengaruh terhadap pertumbuhan daun, yaitu melalui fotosintesis. Maka dari itu, tidak adanya perbedaan antar pengaruh perlakuan diduga terjadi karena adanya dominasi peran dari pencahayaan matahari dalam memacu pertumbuhan daun, sehingga kontribusi masing-masing perlakuan tidak begitu bermakna. Mulyanto *et al.* (2018) menyebutkan bahwa, pada dasarnya, banyaknya jumlah daun dipengaruhi oleh seberapa besar intensitas cahaya matahari yang diserap oleh tumbuhan. Jumlah daun akan mempengaruhi jumlah asimilat yang dihasilkan dan pada akhirnya berpengaruh pula pada pembentukan daun lainnya (Indria, 2005).

Maharani *et al.* (2018) menyebutkan bahwa luas daun juga merupakan parameter utama dalam menilai produktivitas tanaman karena laju fotosintesis pertumbuhan per satuan tanaman ditentukan oleh luas daun, didasarkan pada fungsinya sebagai penerima cahaya dan tempat terjadinya fotosintesis. Ukuran daun tercermin dari panjang dan lebar daun, dimana daun kacang tanah memiliki ukuran yang bervariasi, yaitu panjang 2,4

cm hingga 8,6 cm dan lebar 0,8 cm hingga 4,1 cm (Trustinah, 2015). Penelitian ini menunjukkan hasil yang senada, bahwa rata-rata panjang daun tanaman kacang tanah sebesar 6,46 cm, yaitu pada kisaran 5,04 cm hingga 7,93 cm, dan rata-rata lebar daunnya adalah 3,03 cm pada kisaran 2,53 cm hingga 3,47 cm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara statistik, terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan dalam mempengaruhi panjang ($p\text{-value} = 0,000$) dan lebar ($p\text{-value} = 0,046$) daun tanaman kacang tanah. Penelitian Annisa *et al.* (2017) dan Kurniastuti & Hariningrum (2020) menunjukkan hasil yang sama, dimana pemberian giberelin dan dan interaksinya dengan pupuk organik berpengaruh nyata terhadap luas daun tanaman. Lebih lanjut, uji Duncan menunjukkan tanaman kontrol memiliki rata-rata panjang dan lebar daun yang paling kecil dibandingkan dengan tanaman-tanaman yang diberikan perlakuan, sedangkan perlakuan yang memberikan pengaruh paling besar pada panjang dan lebar daun tanaman kacang tanah adalah kombinasi GA₃ 150 ppm dan *sludge biogas* 50 mL/L air. Hasil yang sama diperoleh oleh Kurniastuti & Hariningrum (2020) yang menunjukkan bahwa tanaman kontrol memiliki luas daun yang paling kecil di antara perlakuan lainnya, sementara tanaman yang diberikan kombinasi giberelin dengan konsentrasi tertinggi (300 ppm) dan pupuk organik dengan dosis tertinggi (90 ml) memiliki luas daun paling besar.

Selain perlakuan GA₃ 150 ppm dan *sludge biogas* 50 mL/L air, 2 (dua) perlakuan lainnya juga memiliki pengaruh yang besar terhadap peningkatan panjang daun, dan ketiganya memiliki selisih rata-rata yang kecil antar perlakuan. Kedua perlakuan tersebut adalah kombinasi GA₃ 100 ppm dan *sludge biogas* 0 mL/L air (rata-rata 7,12 cm) dan kombinasi GA₃ 150 ppm dan *sludge biogas* 0 mL/L air (rata-rata 7,12 cm). Berbeda dengan lebar daun, hasil menunjukkan bahwa hanya perlakuan kombinasi GA₃ 150 ppm dan *sludge biogas* 50 mL/L air yang memberikan pengaruh paling besar dengan selisih rata-rata yang besar dengan perlakuan lainnya. Secara umum, hasil ini menunjukkan bahwa GA₃ memberikan kontribusi lebih dominan terhadap peningkatan tinggi tanaman kacang tanah dibandingkan dengan *sludge biogas*, sebab tanpa *sludge biogas*, GA₃ masih mampu meningkatkan tinggi tanaman secara optimal pada dosis 100 ppm dan 150 ppm. Hal ini dibenarkan oleh Permana & Aini (2019), bahwa pemberian hormon giberelin dalam berbagai konsentrasi memberikan hasil terbaik dalam mempengaruhi luas daun tanaman, sebaliknya, tidak ditemukan pengaruh yang signifikan oleh pupuk organik dalam berbagai dosis, pada masing-masing konsentrasi giberelin, terhadap luas daun.

Maharani *et al.* (2018) berpendapat bahwa meningkatnya luas daun disebabkan karena peran

GA₃ yang dapat meningkatkan perkembangan dan pertumbuhan sel sehingga sel pada daun menjadi bertambah dan luas daun pada tanaman kacang tanah juga menjadi meningkat. Permana & Aini (2019) menambahkan bahwa giberelin dapat memacu pembentangan sel melalui stimulasi enzim dinding sel yang kemudian akan memutuskan ikatan-ikatan hemiselulosa yang pembentuk dinding sel sehingga menyebabkan mikrofibril selulose berpindah tempat. Hal ini menyebabkan pelebaran atau perluasan dinding sel dan berdampak pada peningkatan luas daun tanaman.

Penambahan *sludge biogas* juga mendukung peningkatan tinggi tanaman kacang tanah, sebagaimana terlihat pada hasil yang menunjukkan bahwa tanaman kacang yang diberikan GA₃ dengan dosis 150 ppm dengan kombinasi *sludge biogas* memiliki rata-rata daun 0,08 cm lebih panjang daripada tanaman yang tidak dikombinasikan dengan *sludge biogas*. Sebagaimana disebutkan oleh Rizki *et al.* (2014); Suzuki *et al.* (2001); Kongkaew *et al.* (2004), bahwa *sludge biogas* mengandung unsur N, P, K dan Ca yang cukup tinggi. Unsur nitrogen dalam *sludge biogas* berperan penting dalam peningkatan luas daun tanaman, sebagaimana disebutkan oleh Taufiq & Kristiono (2015), bahwa kekurangan nitrogen dapat menyebabkan daun kacang tanah mengecil. Lingga (1994) mengemukakan hal senada, bahwa pemberian nitrogen dalam jumlah yang cukup akan mempercepat pertumbuhan batang dan daun. Prawiranata *et al.* (1981) dan Gardner *et al.* (2017) menambahkan bahwa unsur nitrogen dapat meningkatkan laju fotosintesis tanaman sehingga dapat menghasilkan pertumbuhan vegetatif yang lebih cepat, seperti panjang dan lebar daun.

SIMPULAN

Berdasarkan penjabaran hasil penelitian, maka beberapa simpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah (1) terdapat perbedaan yang signifikan pada respon karakter anatomis tanaman, yaitu diameter metaxilem, tebal korteks dan diameter empulur, antara tanaman kontrol dan tanaman yang diberikan aplikasi GA₃ dan *sludges biogas* dalam berbagai konsentrasi. Kombinasi GA₃ 150 ppm + *sludge biogas* 50 mL/L air berpengaruh paling besar dalam meningkatkan diameter metaxilem dan diameter empulur, dan kombinasi GA₃ 100 ppm + *sludge biogas* 50 mL/L air berpengaruh paling besar dalam meningkatkan tebal korteks. (2) Terdapat perbedaan yang signifikan pada respons karakter fisiologis tanaman, yaitu tinggi tanaman, panjang dan lebar daun, antara tanaman kontrol dan tanaman yang diberikan aplikasi GA₃ dan *sludges biogas* dalam berbagai konsentrasi. Kombinasi GA₃ 150 ppm + *sludge biogas* 50 mL/L air berpengaruh paling besar dalam meningkatkan panjang serta lebar daun, dan kombinasi GA₃ 100 ppm tanpa *sludge biogas*

berpengaruh paling besar dalam meningkatkan tinggi tanaman.

DAFTAR REFERENSI

- Annisa, D.N., Darmawati, A. & Sumarsono, 2017. *Pertumbuhan dan Produksi Bayam Merah (Amaranthus tricolor L.) dengan Pemberian Pupuk Kandang dan Giberelin*, Semarang: Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro.
- Atika, R., Bayu, E.S. & Kardhinata, E.H., 2018. Respons Pertumbuhan dan Produksi Beberapa Varietas Kacang Hijau (*Vigna radiata L.*) dengan Pemberian Giberelin di Lahan Salin. *Jurnal Pertanian Tropik*, 5(3), pp. 384-390.
- Bria, E.J., 2018. Analisis Struktur Anatomi Batang Anyelir (*Dianthus caryophyllus L.*) dan Kontribusinya Terhadap Sistematik Ordo Caryophyllales. *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 1(01), pp. 8-9.
- Fahn, A., 1995. *Anatomi Tumbuhan*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada Press.
- Farida & Rohaeni, N., 2019. Pengaruh Konsentrasi Hormon Giberelin Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Okra (*Abelmoschus esculentus L.*). *Ziraa'ah*, 44(1), pp. 1-8.
- Fitter, A. & Hay, R.K.M., 1991. *Fisiologi Lingkungan Tanaman*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Gardner, F.P., Pearce, R.B. & Mitchell, R.L., 2017. *Physiology of Crop Plants*. 2nd ed. Jodhpur, India: Scientific Publishers.
- Graham, G.E., Graham, J.M. & Wilcox, L.W., 2013. *Plant Biology: Pearson New International Edition*. 2nd ed. New Jersey: Pearson.
- Harjanti, R.A., Tohari & Utami, S.N.H., 2014. Pengaruh Takaran Pupuk Nitrogen dan Silika terhadap Pertumbuhan Awal (*Saccharum officinarum L.*) pada Inceptisol. *Vegetalika*, 3(2), pp. 35-44.
- Hidayati, N., Hendrati, R.L., Triani, A. & Sudjino, 2017. Pengaruh Kekeringan Terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Nyamplung (*Callophylum inophyllum L.*) dan JOHAR (*Cassia florida Vahl.*) dari Provenan Yang Berbeda. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 11(2), pp. 99-111.
- Indria, A.T., 2005. *Pengaruh Sistem Pengolahan Tanah dan Pemberian Macam Bahan Organik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kacang Tanah (Arachis hypogaea L.)*, Surakarta: Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret.
- Inkasari, L.A.C., Baskorowati, L. & Damayanti, A., 2016. Perbedaan Struktur Xilem Batang Sengon (*Falcataria moluccana*) dari

- Provenan Solomon dan Wamena. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 10(1), pp. 1-11.
- Kementerian Pertanian RI, 2015a. *Rencana Strategis Aneka Kacang dan Umbi 2015-2019*. Jakarta: Dirjen Tanaman Pangan Kementerian Pertanian RI.
- Kementerian Pertanian RI, 2015b. *BPTP Kaltim: Manfaat Unsur N, P, dan K Bagi Tanaman*. [Online] Available at: http://kaltim.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php?option=com_content&view=article&id=707&Itemid=59 [Diakses 17 April 2021].
- Kementerian Pertanian RI, 2016. *Outlook Komoditas Pertanian Tanaman Pangan Kacang Tanah*. Jakarta: Pusdatin Pertanian Kementerian Pertanian RI ISSN: 1907-1507.
- Khoirudin, A.H., Samporno & Venita, Y., 2017. Pemberian Pupuk Limbah Biogas Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Pre-Nursery. *JOM FAPERTA*, 4(01).
- Kongkaew, K., Kanajareonpong, A. & Kongkaew, T., 2004. *Using of Slurry and Sludge from Biogas Digestion Pool as Bio-fertilizer*. Chiang Mai, Thailand, The Joint International Conference on Sustainable Energy and Environment (SEE).
- Kurniastuti, T. & Hariningrum, D.F., 2020. Zat Pengatur Tumbuh dan Pupuk Organik Cair Pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Mentimun Jepang (*Cucumis sativus* L. *Japanese Var Roberto* 92). *INOVASI*, 22(2), pp. 18-28.
- Lingga, P., 1994. *Petunjuk Penggunaan Pupuk*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Lubis, A.I., Jumini & Syafruddin, 2013. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) Akibat Pengaruh Dosis Pupuk N dan P pada Kondisi Media Tanam Tercemar Hidrokarbon. *Jurnal Agrista*, 18(3), pp. 119-126.
- Maharani, A., Suwirman & Noli, Z.A., 2018. Pengaruh Konsentrasi Giberelin (GA₃) terhadap Pertumbuhan Kailan (*Brassica oleracea* L. *Var alboglabra*) pada Berbagai Media Tanam dengan Hidroponik Wick System. *Jurnal Biologi Universitas Andalas (J. Bio. UA.)*, 6(2), pp. 63-70.
- Mangansigea, C., Ai, N. S. & Siahaan, P., 2018. Panjang dan Volume Akar Tanaman Padi Lokal Sulawesi Utara Saat Kekeringan Yang Diinduksi dengan Polietilen Glikol 8000. *Jurnal MIPA Unsrat Online*, 7(2), pp. 12-15.
- Margolang, R.D., Jamilah & Sembiring, M., 2015. Karakteristik Beberapa Sifat Fisik, Kimia, dan Biologi Tanah Pada Sistem Pertanian Organik. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 3(2), pp. 717-723.
- Masitoh, W., Puspitorini, P. & Widiatmanta, J., 2018. Pengaruh Dosis Pupuk Bio Slurry Cair dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Mentimun (*Cucumis sativus* L.). *Jurnal Viabel Pertanian*, 12(2), pp. 32-39.
- Mulyani, S., 2006. *Anatomi Tumbuhan*. 1st Ed. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Mulyanto, F.D., Suminarti, N.E. & Sudiarso, 2018. Respon Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) pada Berbagai Aplikasi Pupuk N dan Kompos Azolla. *Jurnal Produksi Tanaman*, 6(5), pp. 791-800.
- Mustamu, N.E., 2012. *Aplikasi Sludge Gas Bio Sebagai Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam*. Medan: Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.
- Pérez-Harguindeguy, N. et al., 2013. New Handbook for Standardised Measurement of Plant Functional Traits Worldwide. *Australian Journal of Botany*, 61(3), pp. 167-234.
- Permana, A.S. & Aini, N., 2019. Pengaruh Dosis Pupuk P dan Perbedaan Konsentrasi Zat Pengatur Tumbuh Giberelin pada Pertumbuhan Tanaman Mentimun (*Cucumis sativus* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 7(10), p. 1807-1813.
- Pertiwi, D.P., Agustiansyah & Nurmiaty, Y., 2014. Pengaruh Giberelin (GA₃) terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill.). *Jurnal Agrotek Tropika*, 2(2), p. 276-281.
- Ples, D.J.R., Purganan, D. & Qureshi, A., 2013. *A Morpho-Anatomical Study of The Vegetative Organs of Arachis hypogaea*, Quezon City, Philippines: Department of Biology, Ateneo de Manila University.
- Praptoyo, H., 2001. Studi Proporsi Sel dan Dimensi Serat pada Arah Aksial dan Radial Kayu Sengon Laut (*Paraserianthes falcataria*). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kayu Tropis*, 3(2), pp. 33-41.
- Prawiranata, W., Harran, S. & Tjondronegoro, P., 1981. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. I penyunt. Bogor: Departemen Botani Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Purba, J.H., Suwardike, P. & Suwarjata, I.G., 2019. Pengaruh Konsentrasi Giberelin dan Jumlah Buah Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Melon (*Cucumis melo* Linn.). *Agro Bali (Agricultural Journal)*, 2(1), pp. 8-20.
- Raven, P., Evert, R. & Eichhorn, S., 2005. *Biology of Plants*. New York: W.H. Freeman.

- Rifalasma, D., Sumarsono & Kristanto, B.A., 2019. Pengaruh Konsentrasi ZPT Giberelin dan Lama Penyinaran terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Krisan (*Chrysanthemum morifolium*). *J. Agro Complex*, 3(1), pp. 84-95.
- Riko, Aini, S.N. & Asriani, E., 2019. Aplikasi Berbagai Konsentrasi Giberelin (GA₃) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kailan (*Brassica oleracea* L.) pada Sistem Budidaya Hidroponik. *Jurnal Hort*, 29(2), pp. 181-188.
- Rizki, K., Rasyad, A. & Murniati, 2014. Pengaruh Pemberian Urin Sapi Yang Difermentasi Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi Hijau (*Brassica rafa*). *Jom Faperta*, 1(2), pp. 1-8.
- Rosawanti, P., Ghulamahdi, M. & Khumaida, N., 2015. Respon Anatomi dan Fisiologi Akar Kedelai terhadap Cekaman Kekeringan. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 43(3), pp. 186 - 192.
- Safuan, L. & Bahrin, 2012. Pengaruh Bahan Organik dan Pupuk Kalium Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Melon (*Cucumis melo* L.). *Jurnal Agroteknos*, 2(2), pp. 69-76.
- Salisbury, F.B. & Ross, C.W., 1995. *Fisiologi Tumbuhan*. 1st ed. Bandung: Penerbit ITB.
- Sastrahidayat, I.R., 2019. *Penyakit pada Tanaman Kacang-Kacangan*. Malang: UB Press.
- Senoaji, W. & Praptana, H., 2013. Interaksi Nitrogen dengan Indensi Penyakit Tungro dan Pengendaliannya Secara Terpadu pada Tanaman Padi. *Jurnal Iptek Tanaman Pangan*, 8(2), pp. 80-89.
- Setiawan & Wahyudi, A., 2014. Pengaruh Giberelin Terhadap Pertumbuhan Beberapa Varietas Lada untuk Penyediaan Benih Secara Cepat. *Buletin Littro*, 25(2), pp. 111-118.
- Shiddieq, D., Sudira, P. & Tohari, 2018. *Aspek Dasar Agronomi Berkelanjutan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sitanggang, A., Islan & Saputra, S.I., 2015. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Zat Pengatur Tumbuh Giberelin Terhadap Pertumbuhan Arabica Seeds (*Coffea arabica* L.). *JOM Faperta*, 2(1).
- Sundahri, Tyas, H.N. & Setiyono, 2016. Efektivitas Pemberian Giberelin Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tomat. *Agritrop Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 14(1), pp. 42-47.
- Suyono, D., 2017. *Pertumbuhan Tanaman Sorgum dan Jagung pada Tanah Sludge Biogas dan Tanah Tanpa Sludge Biogas*, Surakarta: Fakultas Pertanian.
- Suzuki, K., Watanabe, T. & Lam, V., 2001. Concentrations and Crystallization of Phosphate, Ammonium and Minerals in the Effluents of Bio-Gas Digesters in the Mekong Delta, Vietnam. *Japan Agriculture Research Quarterly*, 35(4), pp. 271-276.
- Taufiq, A. & Kristiono, A., 2015. Keharaan Tanaman Kacang Tanah. *Monograf Balitkabi No. 13*, pp. 171-195.
- Trustinah, 2015. Morfologi dan Pertumbuhan Kacang Tanah. *Monograf Balitkabi No.13*, pp. 40-59.
- Utomo, S.P., Lutfi, M., Argo, B.D. & Ahmad, A.M., 2014. Efektifitas Pengaplikasian Sludge Biogas Pada Tanaman Jagung di Lahan Kering. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 2(1), pp. 42-52.
- Wachjar, A., Setiadi, Y. & Mardhikanto, L.W., 2002. Pengaruh Pupuk Organik dan Intensitas Naungan terhadap Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (*Coffea canephora Pierre ex Froehner*). *Buletin Agronomi*, 30(1), pp. 6-11.
- Wareing, P. & Phillips, I., 1978. *The Control of Growth and Differentiation in Plants*. Toronto: Pergamon Press.
- Yasmin, 2014. Pengaruh Perbedaan Waktu Aplikasi Dan Konsentrasi Giberelin (GA₃) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Cabai Besar (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 2(5), pp. 395-403.
- Yennita, 2014. Pengaruh Gibberellic Acid (GA₃) terhadap Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L) pada Fase Generatif. *Seminar Nasional XI Pendidikan Biologi FKIP UNS - Biologi, Sains, Lingkungan dan Pembelajarannya* 1(1), pp. 93-97.
- Yuliana, I., 2013. *Pengaruh Dosis Pupuk Kandang dan Dolomit Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kacang Tanah (Arachis hypogaea L.)*, Aceh Barat: Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Teuku Umar Meulaboh.
- Zahro, A., 2018. *Aplikasi Macam Bahan Organik dan GA₃ Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bunga Kol (Brassica oleraceae L.)*, Jember: Fakultas Pertanian Universitas Jember.