

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Kangkung merupakan tanaman sayur-sayuran semusim, berumur pendek, dan banyak disukai oleh berbagai lapisan masyarakat Indonesia karena rasanya yang lezat dan memiliki nilai gizi yang cukup tinggi, seperti zat besi, vitamin A, B, C, protein, dan serat (Edi dan Bobihoe 2014). Selain itu, Menurut Anggara (2009), kangkung juga mengandung zat sedatif yang dapat menurunkan ketegangan dan menginduksi ketenangan, mengandung senyawa fitokimia yang merupakan komponen bioaktif dan antioksidan alami bagi tubuh serta dapat menurunkan resiko terhadap penyakit kanker, hati, stroke, tekanan darah tinggi dan infeksi saluran pencernaan (Maulana 2018).

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) 2019, kangkung merupakan satu dari tiga jenis sayuran yang paling banyak dikonsumsi, namun produktivitas kangkung nasional pada periode 2014–2018 mengalami penurunan dari 6.06 ton/ha menjadi 5.99 ton/ha. Produktivitas tersebut masih tergolong rendah apabila dibandingkan dengan potensi produktivitasnya yang mencapai 20-35 ton/ha. Rendahnya produktivitas kangkung tersebut diantaranya disebabkan oleh faktor lingkungan (iklim dan cuaca), serangan hama dan penyakit tanaman, potensi genetik, kondisi kesuburan tanah yang rendah (Jamalludin 2018), serta berkurangnya luas lahan, yakni dari 52.541 ha pada tahun 2014, menjadi 48.353 ha pada tahun 2018 (BPS 2019).

Salah satu faktor penting dalam budidaya kangkung untuk menghasilkan produktivitas yang tinggi adalah unsur hara tanaman. Unsur hara berupa pupuk harus diberikan secara tepat agar sesuai dengan kebutuhan tanaman. Pemupukan menjadi salah satu faktor yang dapat meningkatkan hasil produktivitas tanaman (Aditama 2011). Salah satu jenis pupuk yang bisa diaplikasikan pada tanaman kangkung adalah pupuk organik cair yang diberikan melalui stomata. Pupuk organik cair umumnya mengandung unsur hara mikro dan makro yang lengkap dan mudah diserap oleh tanaman karena unturnya sudah terurai, selain itu penggunaan pupuk organik cair juga mudah diaplikasikan, dan dapat meningkatkan kualitas produk tanaman (Murniati dan Safriyani 2012). Pengaplikasian pupuk organik cair umumnya menggunakan alat yang dikenal dengan nama *sprayer*. *Sprayer* merupakan alat yang memanfaatkan prinsip tekanan cairan dan udara. Prinsip ini bertujuan memecah cairan menjadi butir partikel halus yang menyerupai kabut, sehingga penyebaran cairan dapat efektif dan merata pada daun atau stomata tanaman (Azhari 2011).

Saat ini, masih banyak petani kangkung yang menggunakan *sprayer* manual sehingga membutuhkan waktu yang lama dan juga intensitas penyemprotan yang sangat terbatas, akibatnya sebaran penyemprotan cairan menjadi tidak merata (Rahman dan Yamin 2014). Salah satu jenis *sprayer* yang menghasilkan tekanan semprot konstan, tidak bising, dan tidak menimbulkan polusi atau asap sehingga kegiatan pemupukan dapat berjalan efektif dan efisien dalam penggunaannya adalah *sprayer* elektrik. Pada saat diaplikasikan, *sprayer* elektrik bisa digabung dengan *air blower* untuk meningkatkan jangkauan pengabutan. Luaran kinerja



*sprayer* elektrik seperti diameter dan kerapatan *droplet* menentukan kualitas pertumbuhan dan hasil produksi tanaman (Sidik 2019). Oleh sebab itu, penelitian mengenai kinerja *sprayer* elektrik untuk mengaplikasikan pupuk cair terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kangkung penting dilakukan untuk menganalisis pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produktivitas tanaman.

### Perumusan Masalah

Penyemprotan menggunakan *sprayer* elektrik maupun *sprayer* elektrik dan *air blower* mampu menghasilkan butiran halus (*droplet*) karena adanya hembusan udara dalam kecepatan tertentu. *Droplet* penyemprotan akan menentukan jumlah cairan pupuk dan kemudahan penetrasi pupuk cair masuk ke stomata kangkung. Penyemprotan menggunakan *sprayer* elektrik dan *air blower* dapat menghasilkan ukuran dan kerapatan *droplet* yang berbeda-beda berdasarkan jenis nosel dan kecepatan maju aplikasi yang digunakan. Hal tersebut dapat mengakibatkan perbedaan pertumbuhan dan hasil produksi tanaman kangkung. Dengan demikian, dapat dilakukan penelitian untuk menganalisis dan membandingkan kinerja *sprayer* elektrik dan *air blower* untuk pemupukan cairan terhadap tanaman kangkung berdasarkan perbedaan jenis nosel.

### Tujuan

Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja *sprayer* elektrik dan *air blower* untuk pemupukan cairan terhadap pertumbuhan serta hasil produksi budidaya tanaman kangkung berdasarkan perbedaan jenis nosel.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Karakteristik Tanaman Kangkung

Kangkung (*Ipomoea reptans* *poir*) merupakan tanaman sayur-sayuran yang termasuk ke dalam kingdom *plantae*, divisi *spermatophyta*, kelas *dicotyledonae* dan famili *convolvulaceae* (Santosa 2008). Tanaman kangkung memiliki sistem perakaran tunggang dan cabang-cabang akar menyebar kesemua arah, dapat menembus tanah sampai kedalaman 60 hingga 100 cm, dan melebar secara mendatar pada radius 150 cm atau lebih (Djuariah 2007). Tanaman kangkung terdiri dari dua varietas yaitu kangkung darat atau disebut kangkung cina (*Ipomoea reptans* P.) dan kangkung air (*Ipomoea aquatica* F.) yang tumbuh secara alami di sawah, rawa, atau parit. Menurut Maulana (2018), perbedaan antara kangkung darat dan kangkung air terletak pada warna bunga dan bentuk batang serta daun. Kangkung air berbunga putih kemerahan, batang dan daunnya lebih besar, warna batangnya hijau, sedangkan kangkung darat daunnya panjang dengan ujung runcing berwarna hijau keputihan, bunganya berwarna putih. Perbedaan jumlah biji yang dihasilkan berpengaruh terhadap perbanyakan kangkung. Kangkung darat diperbanyak melalui biji sedangkan kangkung air melalui stek pucuk batang (Sriharti dan Takiyah 2007).

## Budidaya Tanaman Kangkung

### Syarat Tumbuh Kangkung

Kangkung merupakan salah satu tanaman yang dapat tumbuh di dataran rendah maupun di dataran tinggi. Jumlah curah hujan yang baik untuk pertumbuhan tanaman kangkung berkisar antara 500 – 5000 mm/tahun (Rukmana 1995). Umumnya kangkung dapat tumbuh pada tempat yang banyak terdapat rumput liar. Namun, untuk mendapat hasil yang maksimal, kangkung harus dihindarkan dari rumput-rumput liar sehingga dapat tumbuh dengan cepat. Jenis tanah yang cocok untuk budidaya kangkung adalah jenis tanah liat berpasir, tanah liat berlempung, tanah alluvial, grumusol, tanah padosolik merah, serta tanah yang banyak mengandung substansi kandungan senyawa organik yang cukup tinggi (Rukmana 1994). Tanaman kangkung darat tidak menghendaki tanah yang tergenang karena akan membuat akar-akarnya membusuk. Tanaman kangkung membutuhkan lahan yang terbuka untuk mendapatkan sinar matahari yang cukup. Suhu lingkungan yang baik untuk budidaya kangkung berkisar antara 20 – 30°C, namun demikian kangkung dapat ditanam pada lahan yang kering dengan syarat perlu dilakukan pengairan setiap hari (Maulana 2018).

### Pengolahan Media Tanam

Kangkung memerlukan lahan yang sudah diolah terlebih dahulu agar dapat tumbuh dengan baik. Rumput liar (gulma) dan kerikil harus dibersihkan dari lahan. Tanah diolah dengan cangkul sedalam 20 – 30 cm sambil dibalikkan, kemudian dikeringkan selama 1 – 2 minggu (Santoso 2019). Kemudian olah tanah dengan membuat bedengan selebar 60 – 100 cm, dan jarak antar bedengan 30 – 40 cm. Lalu pupuk kandang yang sudah matang disebar sebanyak 20 - sebanyak 20 - 30 ton per hektar sambil dicampurkan merata dengan tanah. Setelah itu permukaan bedengan diratakan hingga lahan siap ditanami (Santoso 2019).

### Pembenihan

Tanaman kangkung darat diperbanyak dengan menggunakan biji (benih) yang disebar di atas permukaan tanah yang telah diolah. Benih kangkung darat yang baik dipilih dengan cara disortir, salah satu cara untuk mengetahuinya adalah dengan merendamnya dalam air, jika biji terapung maka biji tersebut tidak baik untuk digunakan. Kebutuhan benih kangkung darat untuk penanaman seluas satu hektar adalah  $\pm 10$  kg (Putri 2019).

### Persemaian

Selain disebar secara langsung di lahan, benih kangkung dapat disemai terlebih dahulu di *tray* semai atau wadah yang telah diisi campuran tanah, pupuk kandang, maupun arang sekam. Wadah semai harus selalu disiram setiap pagi atau sore hari. Simpan wadah semai pada tempat yang cukup terkena sinar matahari namun tidak terlalu panas. Setelah satu minggu benih yang tumbuh baik dan memiliki tiga daun pertama dapat dipindahkan kedalam *polybag* atau pot yang telah berisi media tanam (Irawati dan Salamah 2013).

## Penanaman

Waktu tanam yang paling baik adalah awal musim hujan, karena kebutuhan air untuk pertumbuhan tanaman kangkung tercukupi. Benih kangkung dapat ditanam dengan cara disebar, yakni benih ditabur secara merata di atas permukaan bedengan, kemudian ditimbun dengan tanah tipis. Cara lain adalah dengan sistem persegi panjang atau bujur sangkar, yakni dengan mengatur jarak tanam 20 x 5 cm, atau 20 x 20 cm. Tanaman kangkung yang ditanam dengan teratur seperti pada sistem persegi panjang akan memudahkan dalam pengendalian gulma dan pelaksanaan panen (Edi 2013).

## Pemeliharaan Tanaman

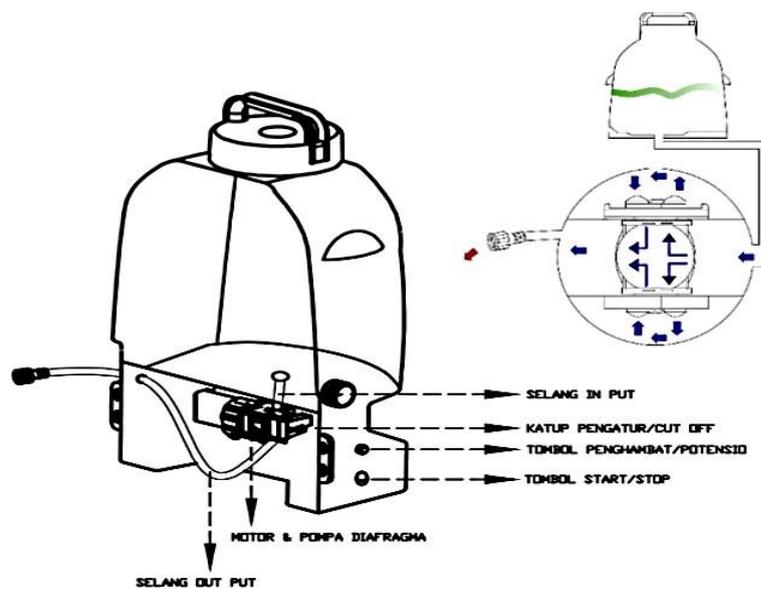
Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman yang dilakukan setiap pagi atau sore hari, penyiangan gulma untuk menjaga persaingan dan kualitas tanah, serta pemupukan. Pemupukan diperlukan untuk memacu pertumbuhan kangkung yang diberikan pada umur 10 hari setelah tanam (HST), 20 HST, dan 30 HST. Kangkung biasanya dipupuk dengan urea, SP-36, dan KCL yang diberikan dengan cara pengocoran atau penyiraman (Suroso dan Antoni 2017).

## Panen

Kangkung yang ditanam selama 28 – 45 hari sudah dapat dipanen. Pemanenan bias dilakukan dengan cara dicabut sampai seluruh akar atau bisa dengan dipangkas. Pemanenan dengan cara dipangkas bisa dilakukan saat tanaman berumur tiga bulan. Ujung tanaman dipangkas sekitar 30 cm agar tumbuh banyak cabang. Pemungutan hasil selanjutnya dilakukan dengan cara ujung cabang dipangkas setiap 15 hari sekali. Tanaman yang terawat baik dan sehat dapat menghasilkan 10 – 16 ton kangkung per hektar dalam setahun (Susilo 2015).

## Sprayer Elektrik

*Sprayer* merupakan salah satu alat pemeliharaan dalam pertanian yang berfungsi untuk memecah cairan menjadi butiran kecil (*droplet*) dengan ukuran yang efektif untuk didistribusikan secara merata pada permukaan tanaman atau ruangan yang harus dilindungi. Salah satu jenis *sprayer* yang banyak digunakan adalah *sprayer* elektrik yang merupakan *sprayer* bermotor. Keuntungan menggunakan *sprayer* bermotor adalah tidak membutuhkan tenaga kerja yang banyak, kapasitasnya sangat luas dengan waktu yang relatif singkat, dan dapat mengabutkan pupuk secara langsung menembus stomata daun (Rusdi 2019). Selain itu, keuntungan dari penggunaan *sprayer* elektrik adalah tidak bising, tidak menimbulkan polusi, pengoperasiannya mudah, dan memiliki tekanan cairan pengabutan yang konstan sehingga pemupukan dapat berjalan efektif dan efisien. Tekanan yang konstan juga penting untuk akurasi dan keseragaman penyemprotan (Nobel 2015). Skematik kerja dari *sprayer* elektrik yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema kerja *sprayer* elektrik

(Sumber: PT Golden Agin Nusa)

Berdasarkan sumber tekanan *sprayer*, hasil penyemprotan *sprayer* elektrik dapat dikelompokkan menjadi tiga jenis, yaitu tekanan udara yang menggunakan prinsip tekanan cairan dan udara untuk memecah butiran semprot, tekanan cairan yaitu *sprayer* memompa langsung larutan ke nosel, dan tekanan cairan dan udara yaitu dengan cara larutan ditekan oleh tekanan cairan menuju satu titik, kemudian larutan akan diteruskan oleh tekanan udara menggunakan penggerak yang dinamakan *blower* (Rukmana 2018). Mekanisme kerja dari *sprayer* elektrik adalah pertama dengan menekan saklar *on-off*, lalu cairan akan melewati katup pengatur. Katup pengatur akan terbuka jika cairan ingin disemprot dan akan tertutup ketika cairan tidak disemprot. Cairan yang melewati katup pengatur akan langsung masuk ke selang output dan selanjutnya akan diteruskan ke nosel sehingga cairan tersemprot keluar. Kecepatan semprot dapat diatur oleh tombol penghambat (potensio). Tombol penghambat dapat mengatur kecepatan pompa, jika tombol penghambat diatur tinggi maka kecepatan semprot yang dihasilkan semakin tinggi, begitu pula sebaliknya jika diatur rendah maka cairan yang keluar akan semakin rendah. Pada sistem penyemprotan menggunakan air blower, cairan semprot yang keluar dibantu oleh tekanan udara yang lebih tinggi sehingga debit cairan semprot yang keluar semakin banyak (Rusdi 2019).

### Pupuk Organik Cair

Pupuk merupakan bahan yang mengandung sejumlah nutrisi yang diperlukan bagi tanaman. Pupuk dapat dibuat dari bahan organik dan anorganik. Pupuk organik merupakan pupuk yang diproses dari limbah organik seperti kotoran hewan, sampah, sisa tanaman, serbuk kayu, lumpur aktif, yang kualitasnya tergantung dari proses atau tindakan yang diberikan (Marpaung *et al* 2014).

Pupuk organik cair merupakan pupuk yang mengandung unsur hara makro dan mikro esensial yang biasa diaplikasikan melalui daun atau kerap disebut sebagai pupuk cair foliar. Pupuk organik cair mempunyai beberapa manfaat diantaranya memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, mendorong dan meningkatkan pembentukan klorofil daun dan pembentukan bintil akar sehingga meningkatkan kemampuan fotosintesis tanaman, dapat meningkatkan vigor tanaman sehingga tanaman menjadi kokoh dan kuat, meningkatkan daya tahan tanaman terhadap kekeringan, cuaca yang tidak stabil, dan serangan patogen penyebab penyakit, merangsang pertumbuhan cabang produksi, meningkatkan pertumbuhan bunga dan bakal buah, serta mengurangi gugurnya daun, bunga, dan bakal buah (Glio 2015).

### Pengujian *Sprayer*

Pengujian *sprayer* dilakukan dengan mengacu pada SNI 8485:2018 tentang persyaratan unjuk kerja *sprayer* gendong elektrik yang ditunjukkan oleh Tabel 1 (BSN 2018).

Tabel 1 Persyaratan unjuk kerja *sprayer* elektrik

Uji unjuk kerja	Parameter	Satuan	Persyaratan
Uji korosi	Waktu minimum muncul karat merah sejak penggunaan menggunakan kabut garam	jam	72
Skala isi tangki	Kesalahan skala isi tangki	%	0 sampai 10
Volume total	Volume air total	liter	14 sampai 22
	Persentase volume tambahan	%	0 sampai 10
Ketahanan baterai minimum	Ketahanan baterai	jam	3.5

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.

Uji unjuk kerja	Parameter	Satuan	Persyaratan
Kestabilan	Kestabilan <i>sprayer</i> pada tangki kosong		Stabil pada posisi kemiringan 10°
	Kestabilan		Stabil pada posisi kemiringan maksimal 10°
Penyemprotan	Tekanan penyemprotan minimum	kg/cm <sup>2</sup>	1
	Debit penyemprotan minimum	liter/menit	0.8
	Sudut penyemprotan minimum	derajat	75
	Lebar penyemprotan efektif minimum	mm	600
	Tinggi penyemprotan efektif minimum	mm	250
	Ukuran butiran halus	mm	90 sampai 600
Volume cairan sisa total	Volume cairan isi total	ml	0 sampai 200
Volume deposit permukaan luar	Volume percikan	ml	0 sampai 200
Ketahanan sabuk gendong	Kerusakan sabuk gendong dan titik fiksasi		tidak terjadi kerusakan
Ketahanan tutup	Kerusakan dan kebocoran pada tutup		tidak terjadi kerusakan dan kebocoran
Kebocoran pada pompa	Volume kebocoran per kapaitas tangki	ml	0 sampai 90
Uji jatuh pada ketinggian 60 cm	Kebocoran alas tangki		tidak terjadi kebocoran pada tangki dan <i>sprayer</i>
Uji pelayanan	Kenyamanan		Nyaman digunakan dan tidak melelahkan
	Tingkat kebisingan maksimum	db	75

Sumber: BSN 2018 (SNI 8485:2018)





## METODOLOGI

### Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Februari 2020 hingga bulan Mei 2020 di Laboratorium Alat Mesin dan Prasarana Pertanian (LAMPP) dan di lahan percobaan lapangan Siswadhi Soepardjo, Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

### Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ditunjukkan pada Tabel 2. *Sprayer* elektrik dan *air blower* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 2 Alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian

Alat dan Bahan	Kegunaan
<i>Sprayer</i> elektrik	Mesin yang digunakan dan diuji
<i>Air blower</i>	Mesin yang digunakan dan diuji
<i>Patternator</i>	Mengukur lebar dan tinggi penyemprotan
Kertas <i>concorde</i>	Media untuk mengetahui droplet
<i>Stopwatch</i>	Mengukur waktu
Busur derajat	Mengukur besar sudut
Gelas ukur	Mengukur volume cairan
Penggaris	Mengukur panjang
Cangkul	Menggemburkan tanah
<i>Tray</i> semai	Tempat penyemaian
Pot tanaman	Wadah media tanam
Tinta	Memperjelas droplet
Tanaman kangkung	Komoditas yang diteliti
Tanah, pupuk kandang, arang sekam	Media tanam
Pupuk cair organik	Nutrisi bagi tanaman

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.  
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.



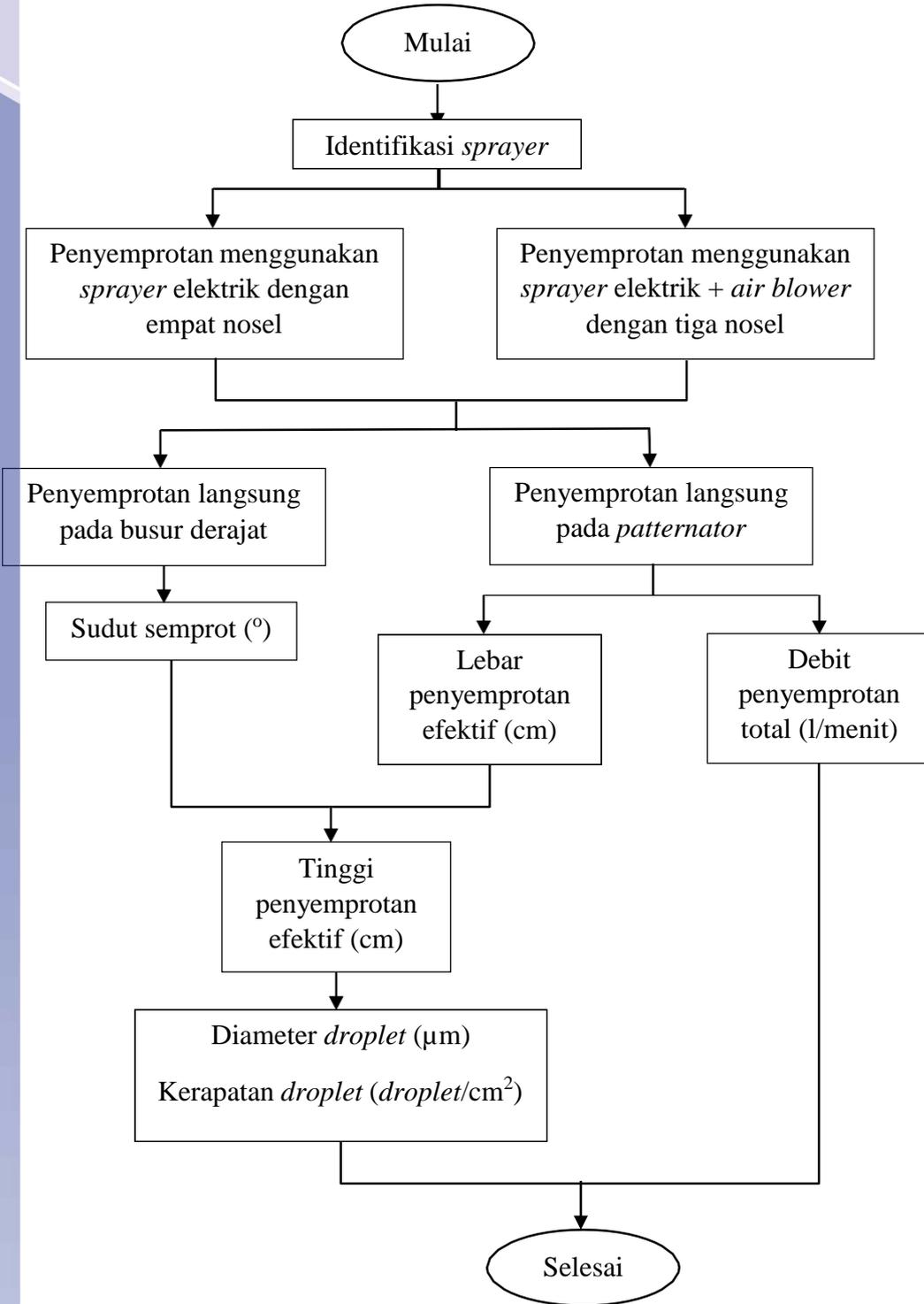
Gambar 2 *Sprayer* elektrik dan *air blower* yang digunakan dalam penelitian

### Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dilakukan dengan menentukan dan menganalisis kinerja *sprayer* elektrik dan *sprayer* elektrik + *air blower* untuk *liquid fertilizing* yang diterapkan pada sistem budidaya tanaman kangkung. Terdapat beberapa tahapan dalam penelitian ini, yaitu pengujian kinerja spayer elektrik dan *air blower* di Laboratorium Alat Mesin dan Prasarana Pertanian (LAMPP), serta budidaya tanaman kangkung di lahan percobaan lapangan Siswadhi Soepardjo.

### Pengujian Kinerja *Sprayer*

Uji penyemprotan dan uji *droplet* merupakan salah satu hal yang dilakukan pada saat pengujian kinerja *sprayer*. Berdasarkan SNI 7640:2011, uji penyemprotan dilakukan untuk menentukan tekanan cairan, debit penyemprotan efektif, lebar penyemprotan efektif, besar sudut penyemprotan, dan tinggi penyemprotan efektif, sedangkan uji *droplet* dilakukan untuk menentukan kerapatan *droplet* dan diameter *droplet*. Parameter-parameter tersebut juga digunakan untuk melihat nosel yang paling optimum dari *sprayer* maupun *air blower*. Terdapat empat nosel pada *sprayer* elektrik dan tiga nosel pada *air blower*. Prosedur pengujian *sprayer* dapat dilihat pada Gambar 3.

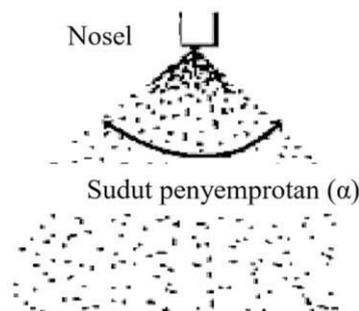


Gambar 3 Prosedur pengujian kinerja *sprayer*

### Sudut Penyemprotan

Sudut penyemprotan merupakan besarnya suatu daerah yang terbentuk diantara kedua aliran dengan arah yang menyebar dari suatu titik penyemprotan. Sudut semprot merupakan parameter penting dalam pengujian kinerja *sprayer*

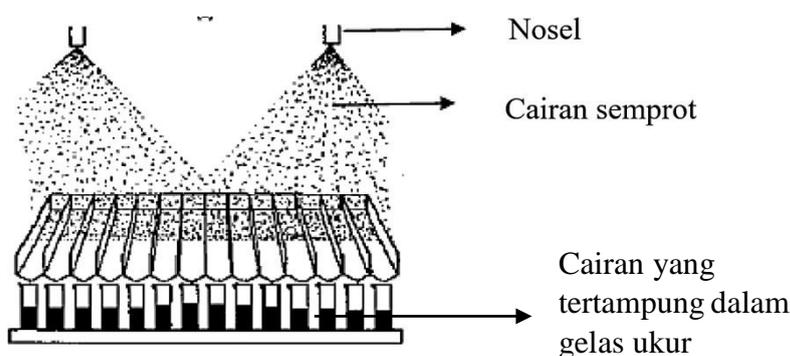
karena nilainya digunakan untuk menentukan tinggi penyemprotan efektif. Cara mendapatkan sudut semprot adalah dengan menyemprotkan cairan secara langsung melalui nosel dari *sprayer*, lalu diukur secara manual dengan menggunakan busur derajat. Skema sudut penyemprotan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Skema sudut penyemprotan (SNI-4513-2012)

### Lebar Penyemprotan Efektif

Lebar penyemprotan efektif (LPE) diukur untuk mengetahui seberapa jauh jarak yang dilakukan oleh operator dalam setiap kali penyemprotan sehingga larutan yang dikeluarkan tidak berlebih (boros). Cara mendapatkan LPE adalah dengan menempatkan pipa penyemprotan (*lance*) di atas *patternator* sehingga cairan yang keluar dari nosel dapat terdistribusi secara vertikal selama waktu tertentu. *Patternator* merupakan alat yang digunakan untuk mengalirkan cairan. Cairan yang terdistribusi mengalir pada *patternator* menuju wadah penampung (Gambar 5). Cairan yang tertampung di wadah kemudian diukur volumenya. Berdasarkan SNI 8485:2018, jarak vertikal nosel ke bidang horizontal adalah 600 mm.



Gambar 5 Pola sebaran penyemprotan pada *patternator*

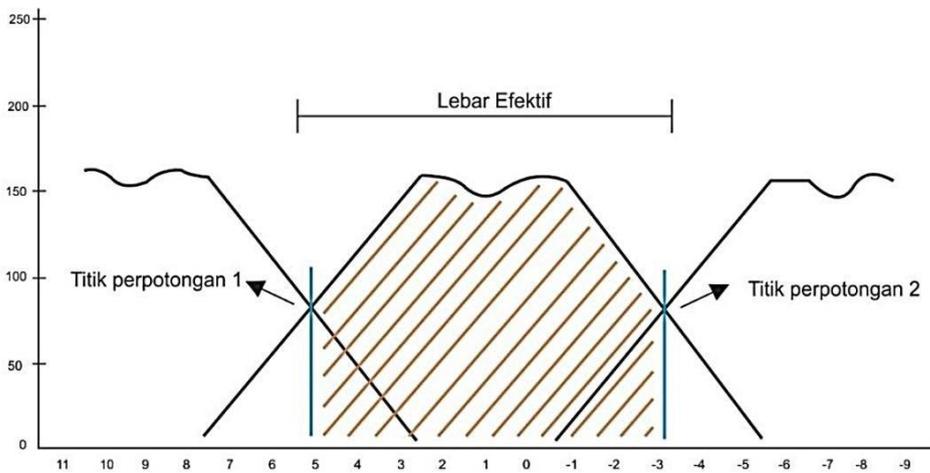
LPE didapatkan dari data volume cairan yang tertampung dengan membuat grafik tumpang tindih. Menurut Yuwana (2014), lebar penyemprotan efektif didapatkan dari jarak perpotongan kurva original dan beberapa grafik *overlapping* yang memiliki koefisien variasi (CV) terkecil dari beberapa kali tumpang tindih. Grafik tumpang tindih penyemprotan dapat dilihat pada Gambar 6. Nilai CV didapatkan dari hasil bagi antara nilai standar deviasi (SD) dengan nilai rata rata

data ( $\bar{x}$ ). Nilai yang terkecil dari beberapa tumpang tindih merupakan nilai CV yang dipilih. Nilai standar deviasi (SD) ditentukan menggunakan persamaan 1.

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1)$$

Keterangan:

- $n$  = jumlah daun
- $\bar{x}$  = rata-rata data ke-1 sampai ke-n
- $xi$  = data ke-1 sampai data ke-n
- $\sum$  = operasi penjumlahan



Gambar 6 Grafik tumpang tindih penyemprotan (Yuwana 2014)

### Tinggi Penyemprotan Efektif

Tujuan dari pengukuran tinggi penyemprotan efektif (TPE) adalah mengoptimalkan pengaplikasian penyemprotan pupuk cair yang efektif pada tanaman. Nilai dari TPE dapat diketahui dari besar nilai lebar penyemprotan efektif (LPE) dan sudut penyemprotan. Berdasarkan SNI-4513-2012, nilai TPE dapat dilihat pada persamaan 2.

$$TPE = \frac{1/2 LPE}{\tan(1/2 \alpha)} \quad (2)$$

Keterangan:

- TPE = Tinggi penyemprotan efektif (mm)
- LPE = Lebar penyemprotan efektif (mm)
- $\alpha$  = Sudut penyemprotan ( $^{\circ}$ )

### Debit Penyemprotan

Debit penyemprotan merupakan banyaknya cairan yang tertampung dalam wadah per satuan waktu. Pengukuran debit penyemprotan dilakukan dengan mengisi tangki *sprayer* setidaknya 75% dari volume total, kemudian dilakukan

penyemprotan selama waktu tertentu, lalu jumlah air yang mengalir keluar dari nosel ke wadah dihitung volumenya. Tujuan pengukuran debit penyemprotan adalah untuk mengetahui jumlah pupuk cair yang digunakan, sehingga operator bisa memperkirakan lama waktu penyemprotan. Rumus debit penyemprotan dapat dilihat pada persamaan 3.

$$Q = \frac{V}{t} \quad (3)$$

Keterangan:

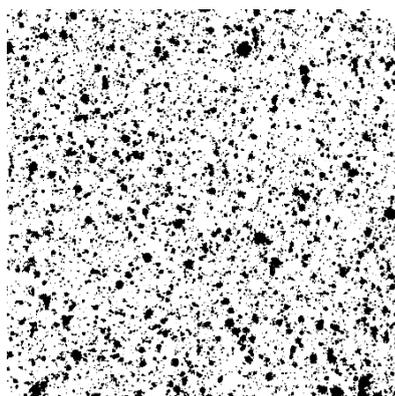
Q = Debit penyemprotan (liter/menit)

V = Volume cairan tertampung (liter)

t = Lama waktu penyemprotan (menit)

### Diameter Droplet dan Kerapatan Droplet

Pengukuran diameter dan kerapatan *droplet* penting dilakukan karena menentukan seberapa mudah dan banyaknya butiran *droplet* yang masuk ke stomata daun. Pengukuran kedua parameter ini dilakukan melalui beberapa tahapan. Pertama campurkan 500 ml air dengan 50 ml tinta (Furqon 2012) untuk disemprotkan pada kertas *concord*. Pemilihan kertas *concord* bertujuan agar permukaan air tidak melebar dan mempertahankan bentuk tetesan air karena memiliki sifat *adhesive* yang tinggi. Tinta bisa berwarna hitam atau biru yang berfungsi memperjelas cairan yang disemprotkan. Selanjutnya, penyemprotan ke kertas *concord* dilakukan sesuai dengan nilai TPE yang telah dihitung untuk masing-masing nosel. Kertas *concord* yang sudah disemprot kemudian *discan* lalu hasilnya diinput ke dalam aplikasi ImageJ. Selanjutnya crop gambar dengan ukuran 5 cm x 5 cm, ubah *type file* menjadi 8 bit, lalu *threshol* dan atur warna gambar, hasil *threshol* dapat dilihat pada Gambar 7. Setelah itu *analyze particles* dan ceklis *display* dan *clear result*, lalu *save file*. Data yang telah didapat kemudian diolah dengan menggunakan *Microsoft excel*.

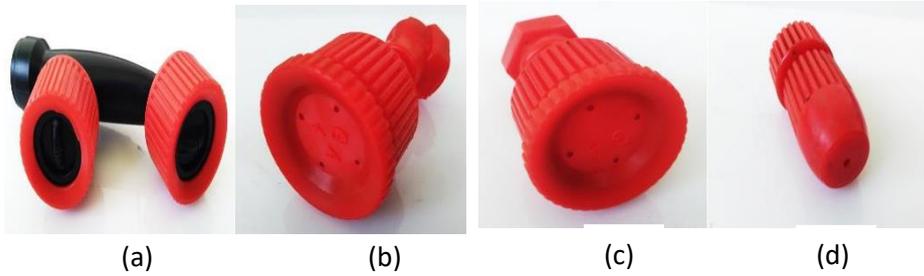


Gambar 7 Hasil *threshol* aplikasi ImageJ

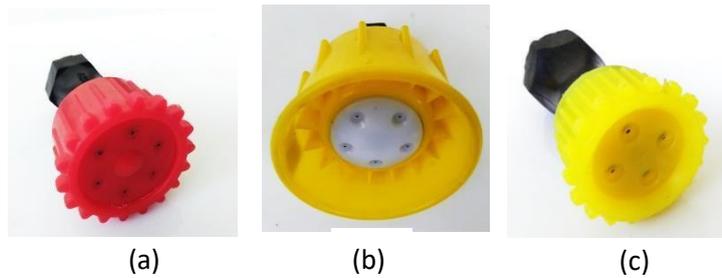
### Penentuan Nosel

*Sprayer* elektrik yang digunakan pada penelitian ini memiliki empat jenis nosel yang dapat dilihat pada Gambar 8, sedangkan *air blower* yang digunakan

memiliki tiga jenis nosel yang ditunjukkan pada Gambar 9. Penelitian ini bertujuan membandingkan nosel berdasarkan parameter utama, yaitu kerapatan *droplet*, diameter *droplet*, lebar penyemprotan efektif (LPE), dan debit penyemprotan efektif (DPE), sehingga didapatkan nosel yang memiliki kinerja optimum.



Gambar 8 Jenis nosel *sprayer* elektrik, (a) *double flat fan nozzle*, (b) *solid angled nozzle*, (c) *four holes solid cone nozzle*, dan (d) *solid cone nozzle*.



Gambar 9 Jenis nosel pada *air blower*, (a) *six holes nozzle*, (b) *five holes nozzle*, dan (c) *four holes nozzle*.

Metode yang dilakukan dalam pemilihan nosel adalah optimasi. Tiap nosel yang diuji diberi *ranking* dan nilai berdasarkan pada subjektivitas dan persepsi dari pengambil keputusan. Nilai maksimal yang diberikan adalah 7 dengan nilai pembobotan sebesar 40% untuk diameter *droplet*, 30% kerapatan *droplet*, 20% lebar penyemprotan efektif, dan 10% debit penyemprotan efektif (Rusdi 2019). Nilai dengan jumlah yang paling besar merupakan nosel yang paling optimum diantara yang lain. Nosel yang digunakan untuk pengujian di lahan adalah semua jenis nosel, hal tersebut bertujuan untuk melihat pengaruh perbedaan nosel secara langsung pada pertumbuhan tanaman kangkung.

### Teknik Analisis Data

Teknik analisis data merupakan suatu cara yang dilakukan untuk mengolah, menentukan, dan mendeskripsikan data hasil dari suatu penelitian menjadi informasi yang dipergunakan untuk mengambil kesimpulan (Suharsimi 1998). Analisis data dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu:

1. Perencanaan  
Peneliti merancang dan membuat instrument-instrumen yang akan digunakan untuk penelitian.
2. Pelaksanaan  
Peneliti melaksanakan, menguji coba, menganalisis, dan menetapkan instrumen yang sudah dibuat.
3. Evaluasi  
Peneliti mengolah dan menganalisis data yang telah dikumpulkan dengan metode yang sudah ditentukan.
4. Penyusunan  
Peneliti menyusun dan melaporkan hasil-hasil penelitian.

### Sumber Data

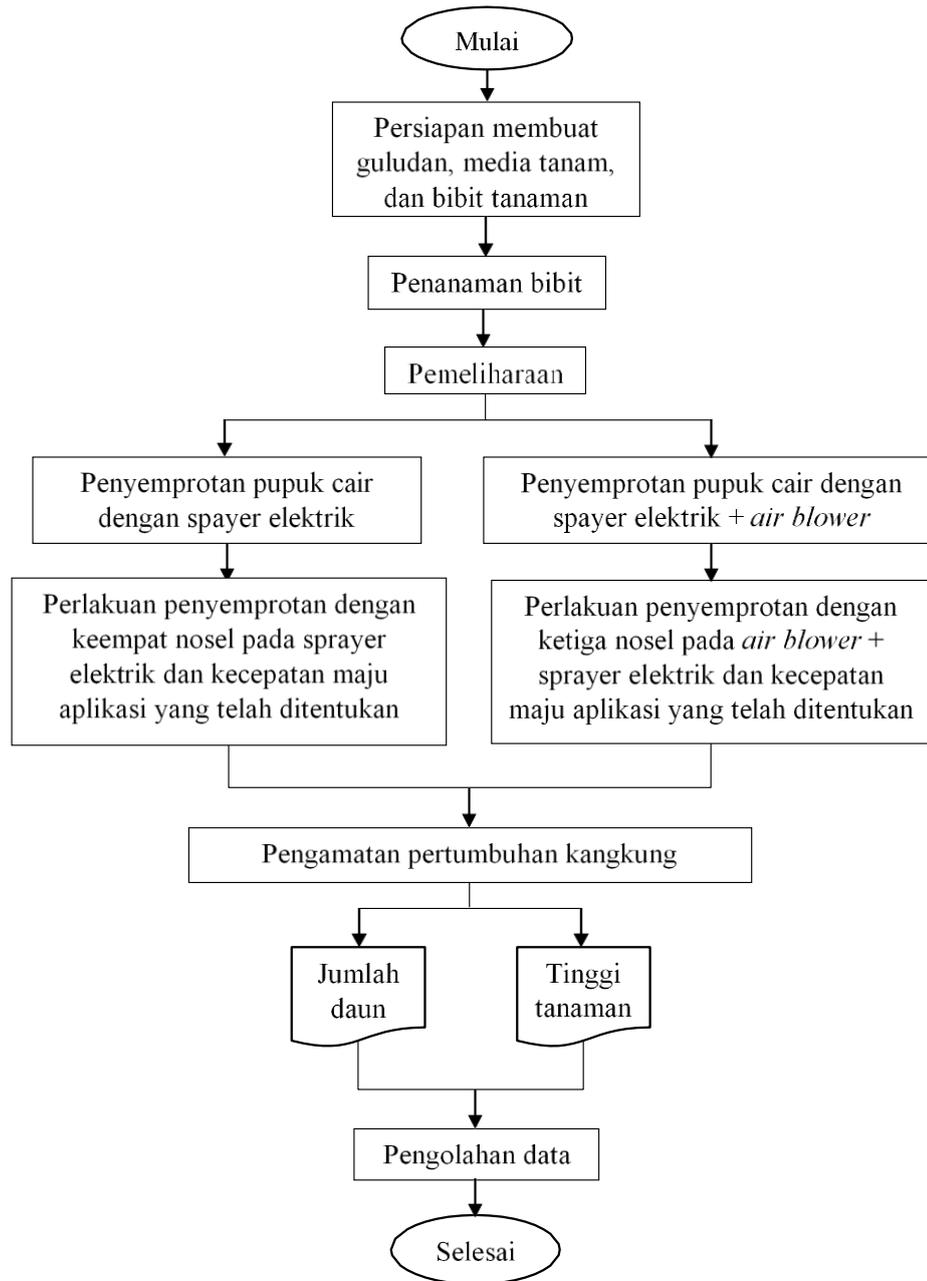
Sumber data merupakan faktor yang sangat penting dalam penelitian, karena menyangkut kualitas dari hasil penelitian. Peneliti menggunakan dua sumber data pada penelitian ini, yaitu:

1. Data Primer  
Data primer merupakan data yang didapatkan secara langsung dari objek penelitian dengan menggunakan instrument-instrumen yang telah ditetapkan, seperti data yang diperoleh dari kuesioner penelitian yang telah dibagikan atau dari wawancara langsung terkait penelitian (Gani dan Amalia 2015).
2. Data Sekunder  
Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari pihak lain yang biasanya bersumber dari bukti, catatan, atau laporan yang telah tersusun dalam arsip yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan (Martono 2010).

### Budidaya Kangkung Darat di Lahan Kering

Urutan kegiatan penelitian yang berhubungan dengan sistem budidaya kangkung darat di lahan kering ditunjukkan pada Gambar 10.





Gambar 10 Prosedur kegiatan budidaya kangkung

Budidaya tanaman kangkung dilakukan pada lahan kering yang sebelumnya sudah dilakukan pengolahan tanah dengan membuat guludan dan juga pemberian pupuk kandang. Namun, tanaman kangkung ditanam di dalam pot guna memudahkan dalam pengamatan dan pengambilan data penelitian. Media tanam yang digunakan adalah arang sekam, tanah, dan pupuk kompos dengan perbandingan 1:1:1. Bibit tanaman kangkung yang sudah berumur 10 hari ditanam pada pot. Kemudian diatur jarak tanam antar pot sebesar 30 cm x 60 cm. Pemberian pupuk cair dilakukan sebanyak 3 kali, yaitu saat 10 HST, 17 HST, dan 24 HST. Tujuan dari pengujian *sprayer* di lahan kering pada tanaman kangkung adalah mengetahui hasil kinerja pemupukan cairan yang paling optimum. Kecepatan maju

aplikasi dan jenis nosel yang berbeda akan menghasilkan produktivitas tanaman kangkung yang berbeda-beda. Produktivitas yang paling tinggi menunjukkan hasil kinerja nosel yang paling optimum. Parameter pertumbuhan yang diamati adalah jumlah daun dan tinggi tanaman. Data parameter tersebut dicatat setiap minggunya. Tinggi tanaman kangkung diukur dari pangkal batang hingga ke ujung daun tanaman dengan menggunakan penggaris. Sedangkan jumlah daun yang dihitung adalah daun hijau dan terbuka lebar, daun yang kuning dan layu tidak diperhitungkan.

### Perlakuan

Terdapat sepuluh perlakuan pada tanaman kangkung di lahan kering dengan rincian empat perlakuan *sprayer* elektrik dengan kecepatan maju aplikasi, tiga perlakuan *sprayer* elektrik + *air blower* dengan kecepatan maju aplikasi, dan tiga perlakuan kontrol yang dapat dilihat pada Tabel 3. Kecepatan maju aplikasi (KMA) dihitung dengan Persamaan 4 (Pramuhadi 2012).

$$KMA = \frac{DPE}{0.36 \times LPE \times DA} \quad (4)$$

Keterangan :

KMA = kecepatan maju aplikasi (m/detik)

DPE = debit penyemprotan efektif (l/jam)

LPE = lebar penyemprotan efektif (m)

0.36 = faktor konversi dari m<sup>3</sup>/detik ke ha/jam

Tabel 3 Kombinasi tipe nosel terhadap kecepatan maju aplikasi

Jenis <i>Sprayer</i>	Tipe Nosel	KMA (m/s)	DAP (l/ha)	Keterangan
	<i>Double flat fan</i>	0.2707	5	
<i>Sprayer</i> elektrik	<i>Solid angeled</i>	0.2354	5	sama
	<i>Four holes solid cone</i>	0.2429	5	dengan
	<i>Solid cone</i>	0.1827	5	dosis
<i>Sprayer</i> elektrik + <i>air</i> <i>blower</i>	<i>Six holes</i>	0.2990	5	aplikasi
	<i>Five holes</i>	0.2559	5	yang
	<i>Four holes</i>	0.2803	5	dianjurkan

### Biaya Aplikasi Pupuk Cair

Biaya aplikasi pupuk cair merupakan biaya per satuan luas lahan, hal ini berguna untuk memperkirakan biaya yang dikeluarkan dalam pengaplikasian pupuk cair. Biaya aplikasi pemupukan dapat dihitung dengan menggunakan beberapa parameter, diantaranya sebagai berikut.

### Kapasitas Lapang Efektif (KLE)

Kapasitas lapang efektif pemupukan dihitung dengan membandingkan luas lahan yang teraplikasi pupuk cair dengan waktu yang diperoleh selama penyempotan berlangsung (Pramuhadi 2012). Persamaan KLE dengan menggunakan *sprayer* elektrik ditunjukkan oleh Persamaan 5.

$$KLE_p = \frac{A}{T_p} \quad (5)$$

Keterangan:

KLE<sub>p</sub> = Kapasitas lapang efektif aplikasi pemupukan (ha/jam)

A = Luas areal lahan (ha)

T<sub>p</sub> = Waktu total aplikasi (jam)

### Kapasitas Lapang Teoritis Pemupukan (KLT<sub>p</sub>)

Menurut Pramuhadi (2012), nilai kapasitas lapang teoritis pemupukan dilakukan dengan membandingkan luas lahan yang teraplikasi pupuk cair dengan waktu yang dihasilkan selama aplikasi berlangsung. Perhitungan nilai KLT dapat dilihat pada persamaan 6.

$$KLT_p = \frac{A_p}{T_p} \quad (6)$$

Keterangan:

KLT<sub>p</sub> = Kapasitas lapang teoritis aplikasi pemupukan (ha/jam)

A<sub>p</sub> = Luas areal lahan teraplikasi pupuk (ha)

T<sub>p</sub> = Waktu aplikasi pemupukan (jam)

Besarnya luas lahan yang teraplikasi pupuk dihitung berdasarkan panjang lahan dikalikan dengan lebar penyemprotan efektif, yang ditunjukkan oleh persamaan berikut:

$$A_p = \frac{P \times LPE}{10000} \quad (7)$$

Keterangan:

A<sub>p</sub> = Luas areal lahan teraplikasi pupuk (ha)

P = Panjang lahan teraplikasi (m)

LPE = Lebar penyemprotan efektif (m)

### Debit Aplikasi Pemupukan (Q<sub>p</sub>)

Perhitungan debit aplikasi pemupukan ditunjukkan oleh Persamaan (8) dan (9).

$$V_p = DPT \times TH \times C \quad (8)$$

$$Q_p = \frac{V_p}{T_p} \quad (9)$$

Keterangan:

Q<sub>p</sub> = Debit aplikasi pemupukan (liter/jam)

V<sub>p</sub> = Volume aplikasi pemupukan (liter)

C = Konsentrasi larutan pemupukan (%)

DPT = Debit penyemprotan total (liter/jam)

$T_p$  = Waktu aplikasi pemupukan (jam)

### Kapasitas Keluaran

Kapasitas keluaran atau *throughput capacity* dapat dihitung berdasarkan perbandingan antara debit pemupukan teraplikasi dengan kapasitas lapang teoritis pemupukan (KLT<sub>p</sub>). Menurut Pramuhadi (2012), kapasitas keluaran dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$TC = \frac{Q_p}{KLT_p} \quad (10)$$

Keterangan:

TC = *Throughput capacity* (liter/ha)

$Q_p$  = Debit aplikasi pupuk (liter/jam)

KLE<sub>p</sub> = Kapasitas lapang efektif pemupukan (ha/jam)

### Biaya Konsumsi Listrik

Biaya konsumsi listrik dapat dihitung berdasarkan prosedur operasi perhitungan sesuai pada teori. Persamaan perhitungan biaya konsumsi listrik menurut Aspar (2012) ditunjukkan dengan persamaan berikut:

- a. Tenaga listrik terpakai (Aspar 2012)

$$D = V \times A \quad (11)$$

$$Le = Th \times D \quad (12)$$

$$Ld = \frac{Lh}{Vt} \quad (13)$$

Keterangan:

D = Daya penyempotan (kW)  
(jam)

V = Tegangan listrik (V)

A = Kuat arus input (A)

Le = Tegangan listrik peraplikasi (kWh)  
teraplikasi

Th = Waktu pengalokasian

Ld = Tenaga listrik per liter  
(kWh/liter)

Vt = Volume larutan

(liter)

- b. Konsumsi Listrik (Aspar 2012)

$$Ec = Ld \times Qc \quad (14)$$

Keterangan:

Ec = Konsumsi listrik (kWh/jam)

Ld = Tenaga listrik per liter (kWh/liter)

Qc = Debit cairan pupuk (liter/jam)

- c. Biaya Konsumsi Listrik (Aspar 2012)

$$Ecc = Ec \times Hl \quad (15)$$

Keterangan:

Ecc = Biaya konsumsi tenaga listrik (Rp/jam)

Ec = Konsumsi listrik (kWh/jam)

Hl = Harga tenaga listrik (Rp/kWh)

## Biaya Tetap

Menurut Pramudya (2014), biaya tetap merupakan biaya yang dikeluarkan setiap periode dengan mengetahui nilai penyusutan, biaya modal, dan waktu pengoperasian *sprayer*. Biaya modal dan biaya penyusutan dapat dihitung dengan persamaan berikut:

- a. Bunga modal.

$$I = \frac{i \times P \times (N+1)}{2N} \quad (16)$$

Keterangan:

I = Bunga modal (Rp/tahun)

i = Tingkat bunga modal (% per tahun)

P = Harga awal *sprayer* (Rp)

N = Perkiraan umur ekonomis (tahun)

- b. Biaya penyusutan.

$$D = \frac{PS}{N} \quad (17)$$

Keterangan:

D = Biaya penyusutan (Rp/tahun)

P = Harga awal mesin (Rp)

S = Harga akhir tahun mesin (Rp)

N = Perkiraan umur ekonomis (tahun)

- c. Biaya tetap.

$$Bt = \frac{D+I}{Wo} \quad (18)$$

Keterangan:

Bt = Biaya tetap (Rp/jam)

D = Biaya penyusutan (Rp/tahun)

I = Bunga modal (Rp/tahun)

Wo = Waktu operasional (jam/tahun)

## Biaya Aplikasi Pupuk Cair

Parameter yang dibutuhkan dalam menentukan biaya aplikasi pupuk cair diantaranya adalah sebagai berikut:

- a. Biaya Larutan Pupuk ( $B_{AP}$ )

$$B_{ap} = \frac{Pa}{Kt} \times Qc \times Hp \quad (19)$$

Keterangan:

Bap = Biaya larutan pupuk cair (Rp/jam)

Pa = Pupuk cair teraplikasi (liter)

Kt = Kapasitas (liter)

Qc = Debit larutan pupuk (liter/jam)

Hp = Harga pupuk (Rp/liter)

- b. Biaya Operasional ( $B_o$ ).

$$B_o = B_{ap} + E_{cc} + U_o \quad (20)$$

Keterangan:

Bo = Biaya operasional (Rp/jam)

Bap = Biaya larutan pupuk (Rp/jam)

Ecc = Biaya konsumsi listrik (Rp/jam)

Uo = Upah operator (Rp/jam)

- c. Biaya Total (Btot)

$$B_{tot} = B_o + B_t \quad (21)$$

Keterangan:

Btot = Biaya total (Rp/jam)

Bo = Biaya operasional (Rp/jam)

Bt = Biaya tetap (Rp/jam)

- d. Biaya Aplikasi Pupuk (Pc)

$$P_c = \frac{B_{tot}}{KLE_p} \quad (22)$$

Keterangan:

Pc = Biaya aplikasi pupuk (Rp/ha)

Btot = Biaya total (Rp/jam)

KLEp = Kapasitas lapang efektif pemupukan (ha/jam)

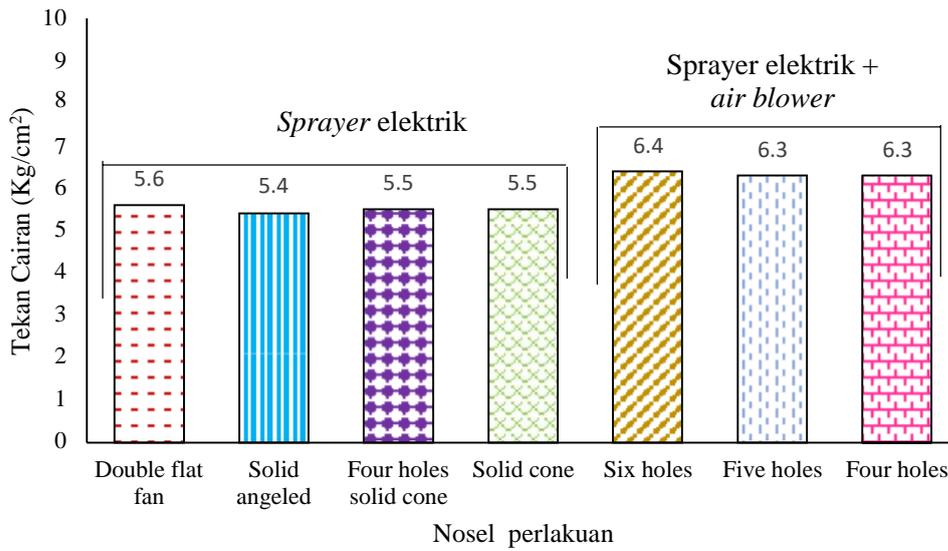
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Kinerja *Sprayer*

Uji kinerja *sprayer* merupakan uji kompetensi untuk menilai kemampuan *sprayer* berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Parameter yang digunakan dalam uji kinerja *sprayer* adalah tekanan cairan, sudut penyemprotan, debit penyemprotan, lebar penyemprotan efektif, tinggi penyemprotan efektif, diameter *droplet*, dan kerapatan *droplet*.

### Tekanan Cairan

Tekanan cairan merupakan parameter uji kinerja *sprayer* yang dilakukan dengan menggunakan *pressure gauge* sebagai alat pengukurnya dengan kapasitas sebesar 100 kg/cm<sup>2</sup>. Hasil pengukuran tekanan cairan pada berbagai nosel perlakuan ditunjukkan oleh Gambar 11.

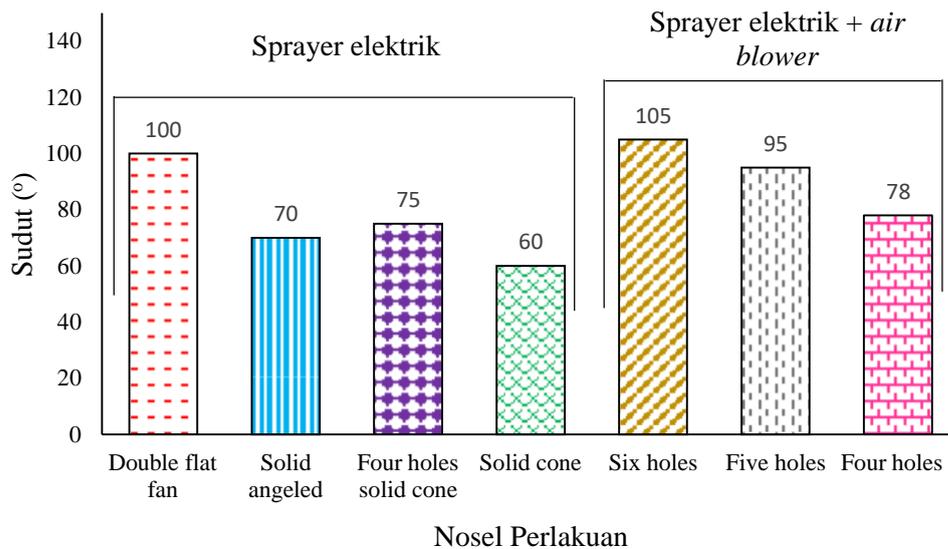


Gambar 11 Tekanan cairan pada berbagai nosel perlakuan

Berdasarkan data diatas, didapatkan tekanan terbesar pada *sprayer* elektrik + *air blower* dengan *six holes nozzle* sebesar 6.4 kg/cm<sup>2</sup>. Sedangkan tekanan terkecil sebesar 5.4 kg/cm<sup>2</sup> pada *sprayer* elektrik dengan *solid angeled nozzle*. Perbedaan tekanan cairan yang dihasilkan akan mempengaruhi debit yang didapat pada jenis nosel yang sama.

### Sudut Penyemprotan

Sudut penyemprotan merupakan besar proyeksi dari *droplet* yang diukur pada tekanan semprot *sprayer*. Pengukuran sudut penyemprotan dilakukan secara langsung dengan busur derajat. Besar sudut penyemprotan setiap nosel ditunjukkan pada Gambar 12.



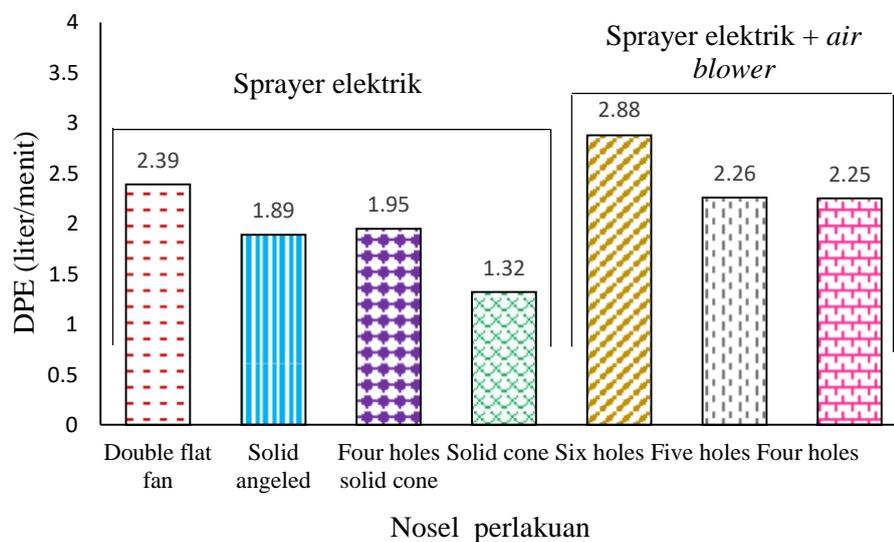
Gambar 12 Sudut penyemprotan setiap nosel

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.  
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.

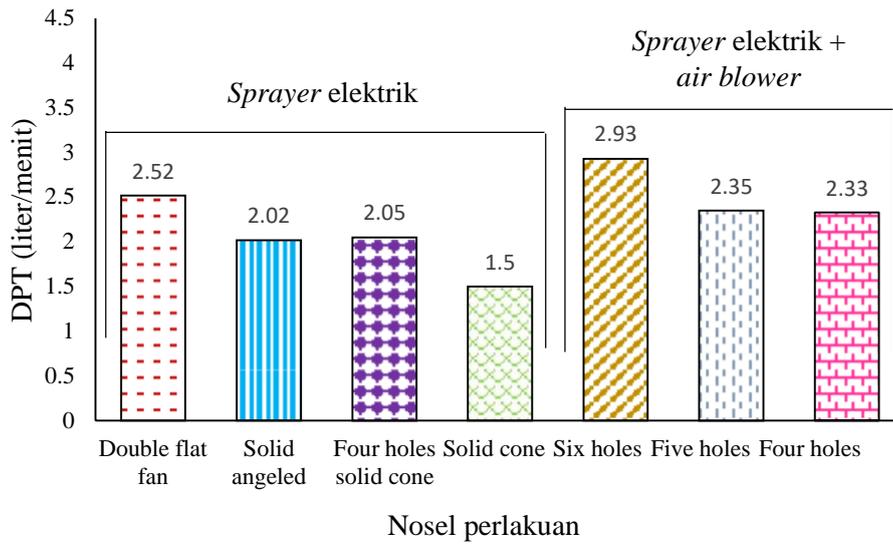
*Sprayer* elektrik dengan nosel *double flat fan* memiliki sudut semprot sebesar  $100^\circ$ , nosel *solid cone* sebesar  $60^\circ$ , *four holes solid cone nozzle* sebesar  $75^\circ$ , dan *solid angeled nozzle* sebesar  $70^\circ$ . *Sprayer* elektrik + *air blower* dengan nosel *six holes* sebesar  $105^\circ$ , *four holes nozzle* sebesar  $78^\circ$ , dan *five holes nozzle* sebesar  $95^\circ$ . Nilai sudut pada setiap nosel tersebut sudah sesuai dengan persyaratan unjuk kerja SNI7640:2011 yaitu dengan minimal sudut penyemprotan sebesar  $45^\circ$  dan maksimal sebesar  $180^\circ$ . Perbedaan besar sudut pada tiap nosel dipengaruhi oleh bentuk lubang pada nosel. Nilai dari sudut penyemprotan akan menentukan nilai dari tinggi penyemprotan efektif (TPE). Semakin besar nilai sudut penyemprotan, maka semakin kecil nilai dari TPE yang nantinya akan digunakan untuk pengujian *droplet*.

### Debit Penyemprotan

Debit penyemprotan merupakan salah satu indikator efisiensi dalam penyemprotan karena semakin kecil debit yang dihasilkan maka semakin bagus kinerja dari nosel karena jumlah larutan yang diaplikasikan menjadi lebih hemat. Nilai dari debit penyemprotan dipengaruhi oleh kecepatan aliran udara yang berhembus dari *sprayer* maupun *air blower*, serta perbedaan bentuk dari nosel. Debit penyemprotan yang dihasilkan pada uji kinerja *sprayer* ada dua, yakni debit penyemprotan efektif yang ditunjukkan oleh Gambar 13, dan debit penyemrotan total yang dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 13 Debit penyemprotan efektif pada berbagai nosel perlakuan



Gambar 14 Debit penyemprotan total pada berbagai nosel perlakuan

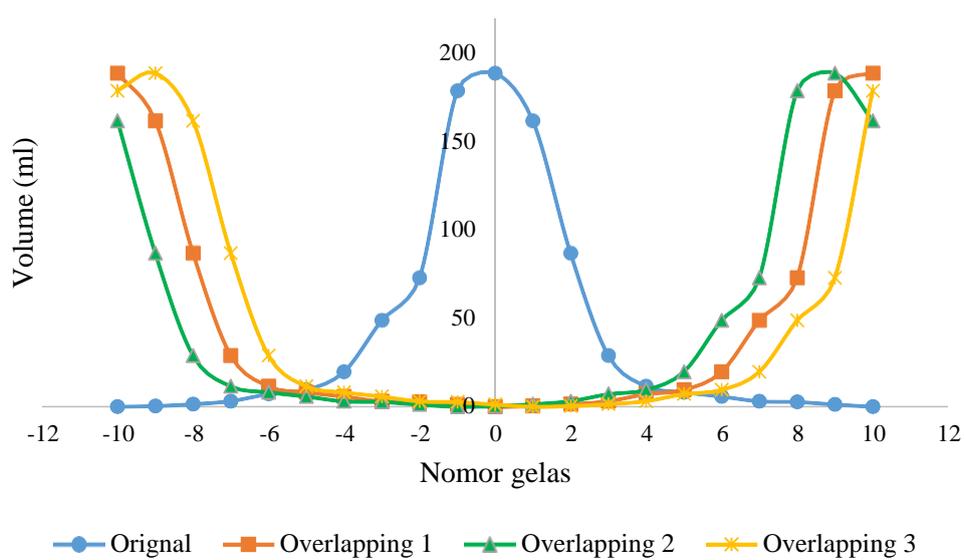
Debit penyemprotan total merupakan banyaknya cairan yang keluar dari nosel tiap satuan waktu. Debit penyemprotan efektif adalah banyaknya cairan yang efektif diterima oleh media penyemprotan. Besarnya DPE dan DPT dipengaruhi oleh banyaknya cairan yang tertampung di dalam gelas per satuan waktu. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan secara keseluruhan debit penyemprotan efektif dan debit penyemprotan total dengan prinsip tekanan cairan dan udara (*sprayer elektrik + air blower*) lebih besar daripada debit yang hanya menggunakan prinsip tekanan cairan (*sprayer elektrik*). Hal tersebut terjadi karena *air blower* memiliki tekanan udara yang lebih besar sehingga dapat mendorong keluar larutan lebih cepat dan debit yang dihasilkan juga menjadi lebih banyak dibandingkan tanpa penggunaan *air blower*. Nosel yang memiliki nilai DPE paling rendah adalah *solid cone* sebesar 1.32 liter/menit, sedangkan nosel yang memiliki nilai DPE paling besar adalah *six holes nozzle* sebesar 2.88 liter/menit.

**Lebar Penyemprotan Efektif**

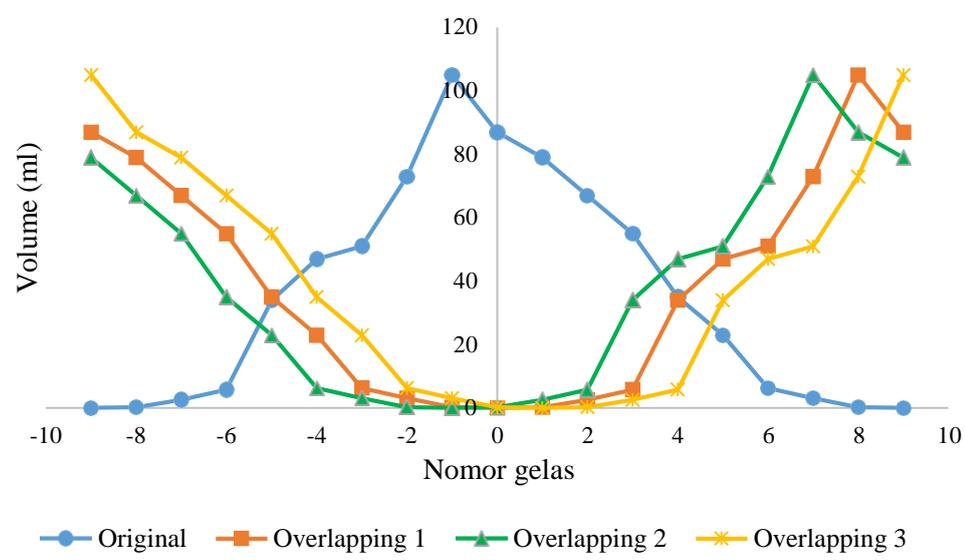
Perhitungan Lebar penyemprotan efektif (LPE) dilakukan untuk mengetahui seberapa efisien penyemprotan di lapangan yang dilakukan oleh operator. Cara menentukan nilai LPE adalah dengan membuat grafik tumpang tindih yang nilainya didapatkan dari data murni hasil penyemprotan langsung, dan grafik *overlapping* yang merupakan pergeseran dari grafik murni. Grafik murni digeser ke kiri dan ke kanan sehingga menghasilkan perpotongan antara grafik murni dan grafik *overlapping*. Grafik murni yang digeser ke kanan dan ke kiri sebanyak setengah dari jumlah gelas dinamakan *overlapping 1*. Grafik murni yang digeser seperti *overlapping 1* namun digeser lagi sebanyak satu gelas ke kiri adalah *overlapping 2*, sedangkan *overlapping 3* merupakan grafik murni yang digeser seperti grafik *overlapping 1* tetapi digeser sebanyak satu gelas ke kanan. Grafik tumpang tindih pada setiap nosel perlakuan yang didapatkan pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 15, 16, 17, 18, 19, 20, dan 21.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.  
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.

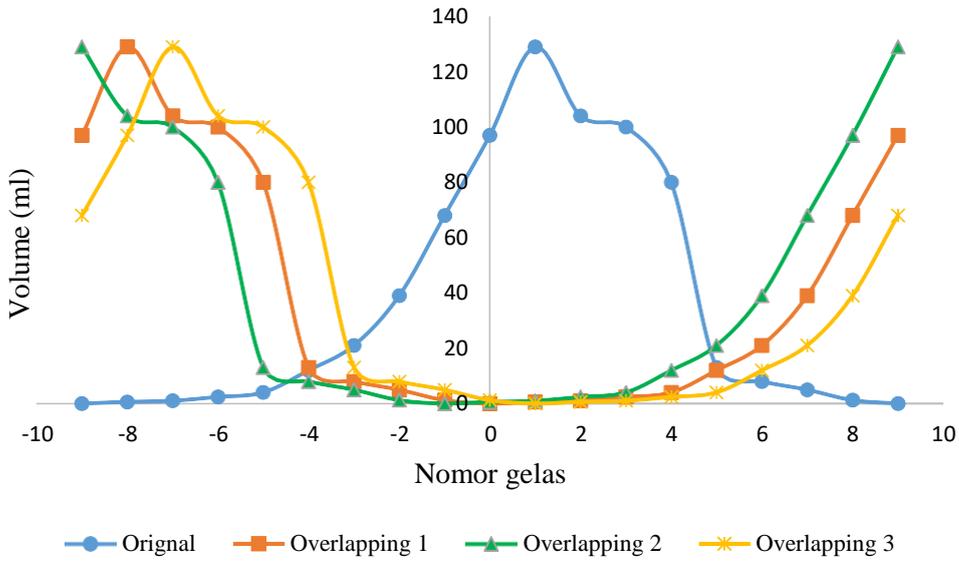
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.



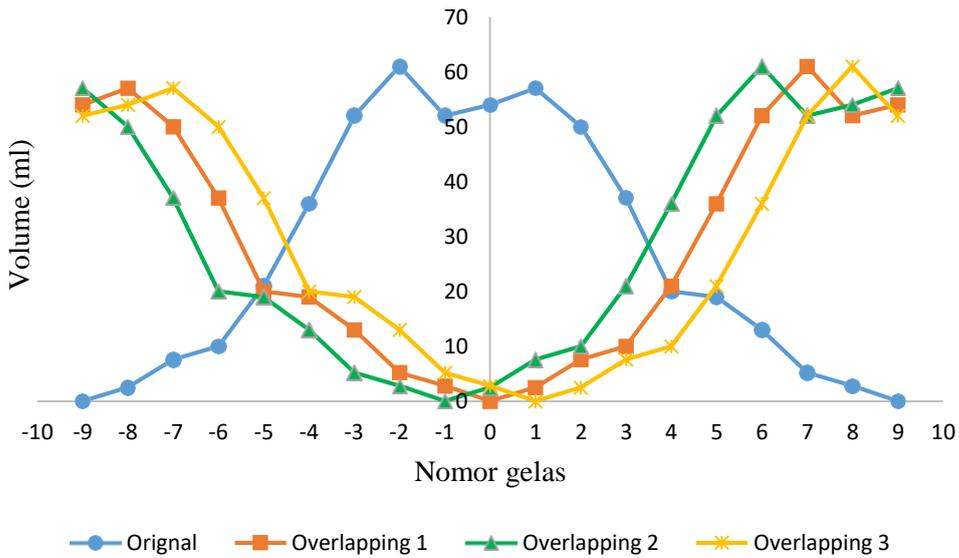
Gambar 15 Tumpang tindih penyemprotan *sprayer* elektrik dengan *double flat fan nozzle*



Gambar 16 Tumpang tindih penyemprotan *sprayer* elektrik dengan *solid angled nozzle*



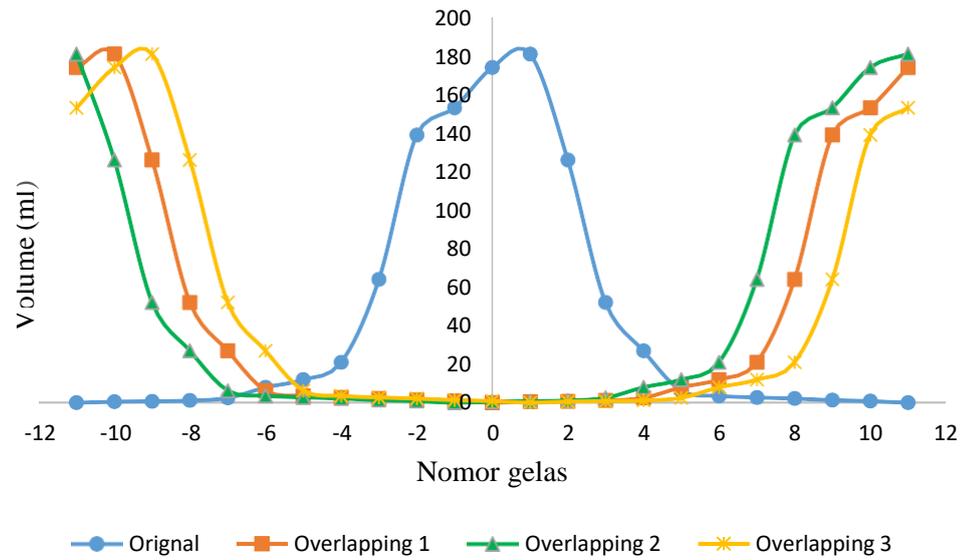
Gambar 17 Tumpang tindih penyemprotan *sprayer* elektrik dengan *four holes solid cone nozzle*



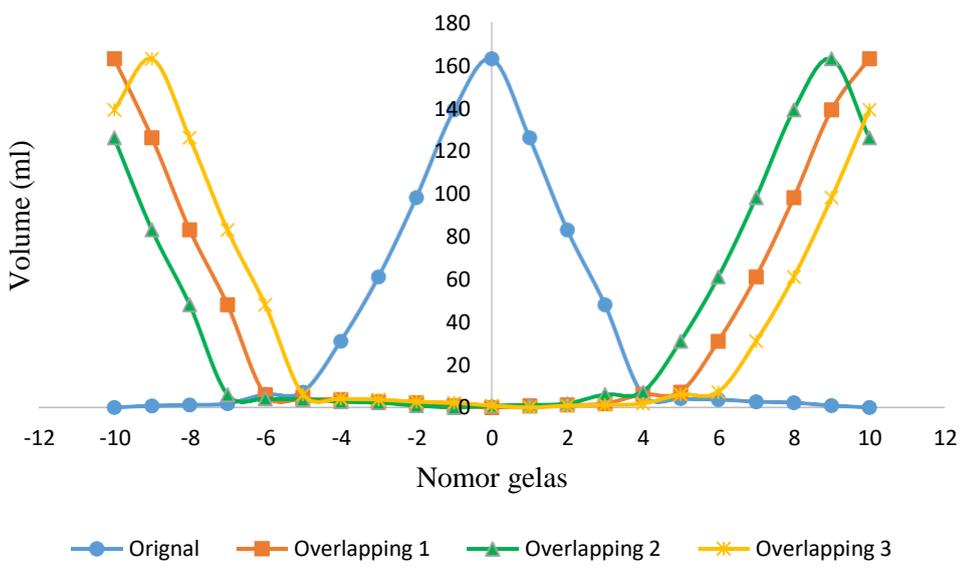
Gambar 18 Tumpang tindih penyemprotan *sprayer* elektrik dengan *solid cone nozzle*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.  
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.

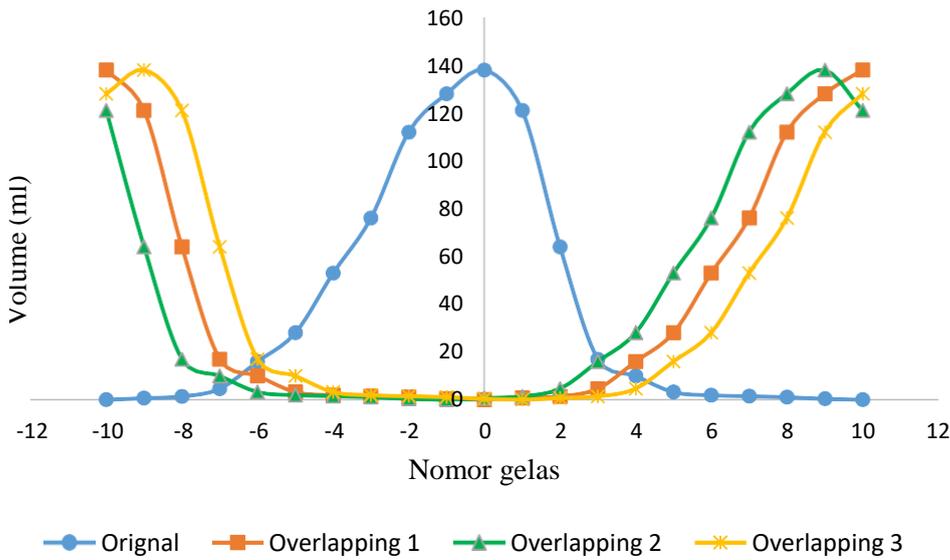
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.  
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.



Gambar 19 Tumpang tindih penyemprotan *sprayer* elektrik + *air blower* dengan *six holes nozzle*

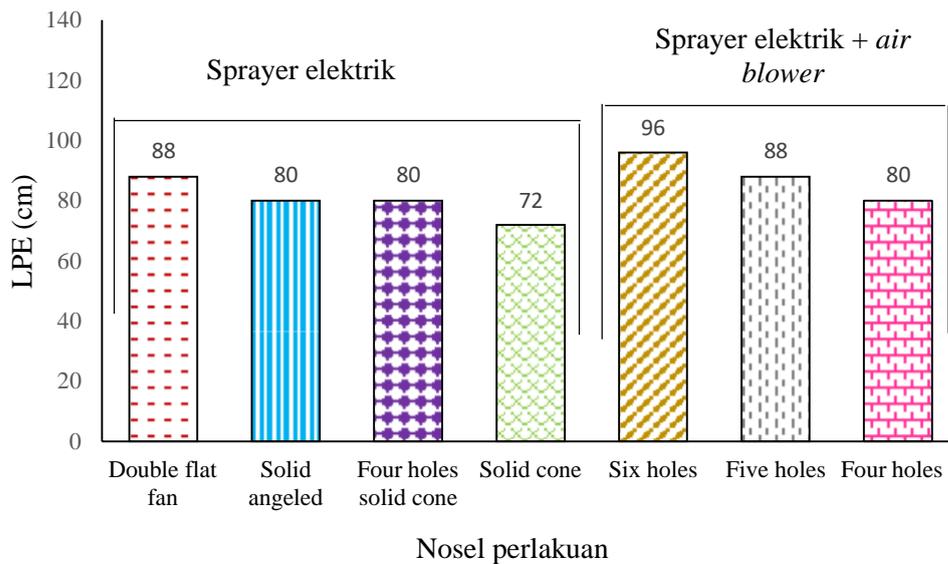


Gambar 20 Tumpang tindih penyemprotan *sprayer* elektrik + *air blower* dengan *five holes nozzle*



Gambar 21 Tumpang tindih penyemprotan *sprayer* elektrik + *air blower* dengan *four holes nozzle*

Grafik *overlapping* 1 sampai 3 yang telah didapat kemudian dijumlahkan dengan grafik murni. Hasil dari penjumlahan grafik tersebut dinamakan grafik *overlap* 1, *overlap* 2, dan *overlap* 3. Grafik tersebut kemudian dianalisis menggunakan nilai rata-rata dan standar deviasi untuk mencari nilai variasi koefisien atau *coefficient of variation* (CV) yang paling minimum. Nilai CV minimum menunjukkan nilai yang paling seragam diantara grafik lainnya. Setelah grafik dengan nilai CV minimum didapatkan, kemudian dilihat jarak dua titik potong antara grafik asli dan grafik *overlap* yang merupakan lebar penyemprotan efektif (LPE). Hasil pengukuran LPE pada berbagai tipe nosel ditunjukkan pada Gambar 22.



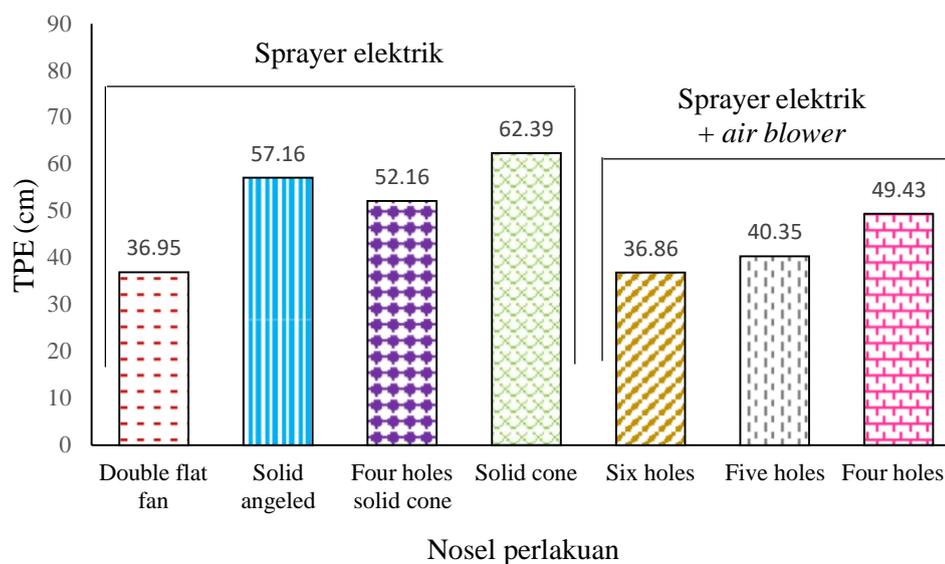
Gambar 22 Lebar penyemprotan efektif (LPE) pada berbagai nosel perlakuan

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.

Berdasarkan grafik, diketahui nilai LPE terbesar adalah *six holes nozzle* pada *sprayer* elektrik + *air blower* yaitu sebesar 96 cm, sedangkan nilai nosel terkecil sebesar 72 cm pada *sprayer* elektrik dengan *solid cone nozzle*. Nilai LPE dapat digunakan sebagai dasar untuk menentukan lebarnya guludan yang efektif untuk budidaya tanaman di lahan. Besar kecilnya nilai LPE dipengaruhi oleh perbedaan bentuk nosel dan banyaknya jumlah gelas yang tertampung cairan. Selain itu nilai sudut penyemprotan juga mempengaruhi besarnya nilai LPE karena semakin besar sudut penyemprotannya akan melandaikan gradien kurva pola distribusi penyemprotan. Nilai LPE dapat menjadi dasar dalam menentukan nilai tinggi penyemprotan efektif (TPE).

### Tinggi Penyemprotan Efektif

Tinggi penyemprotan efektif (TPE) merupakan parameter penentuan dalam penerapan *liquid fertilizing*. Penentuan nilai TPE bertujuan agar tidak terjadi pemborosan cairan pupuk dan penyemprotan dapat terdistribusi secara optimal pada tanaman. Nilai TPE masing – masing nosel perlakuan dapat dilihat pada Gambar 23.



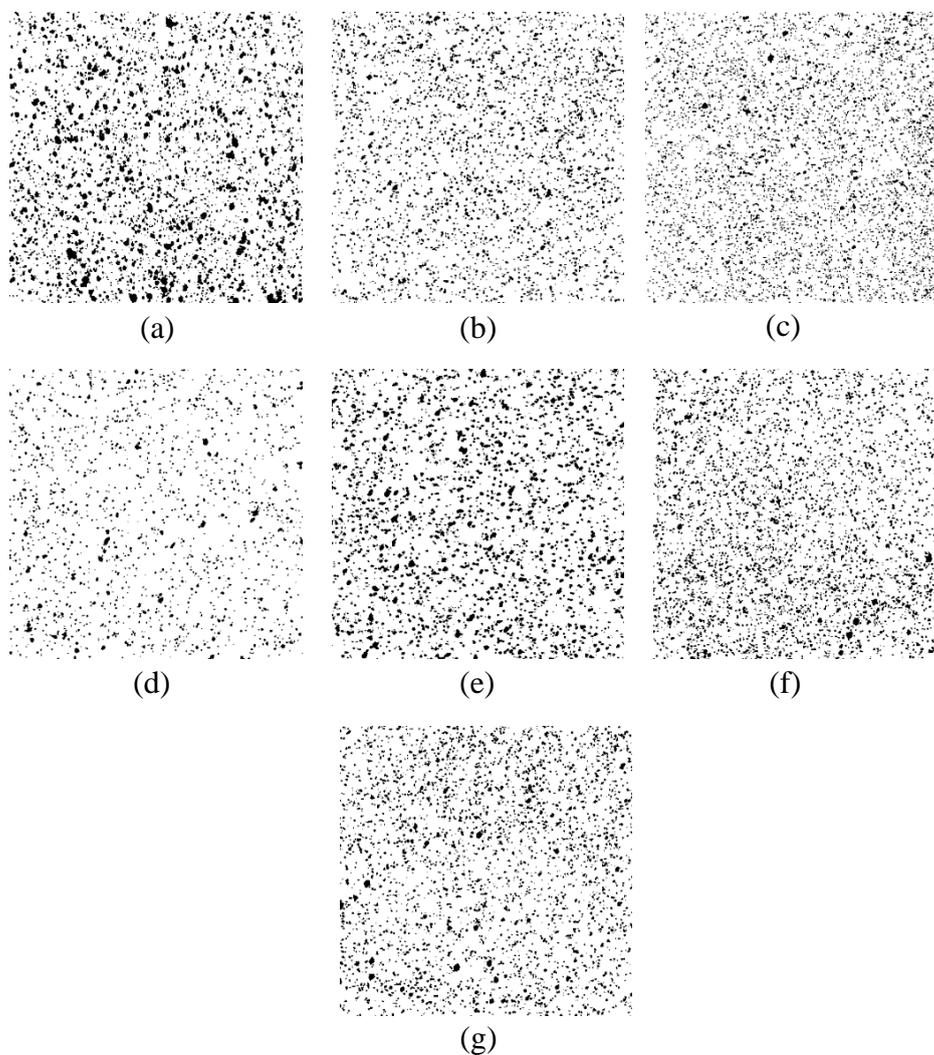
Gambar 23 Tinggi penyemprotan efektif pada berbagai nosel

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa perlakuan *sprayer* elektrik dengan nosel *solid cone* memiliki nilai TPE yang paling besar diantara nosel lainnya. Nilai TPE yang besar dapat menyebabkan kegiatan penyemprotan tidak efektif karena beberapa bagian yang jauh dari pusat keluaran nosel akan memiliki kerapatan *droplet* yang menjadi sangat kecil (Sidik 2019). Perbedaan nilai TPE pada berbagai nosel perlakuan dikarenakan adanya perbedaan bentuk dan jumlah nosel, serta nilai dari LPE dan sudut penyemprotan.

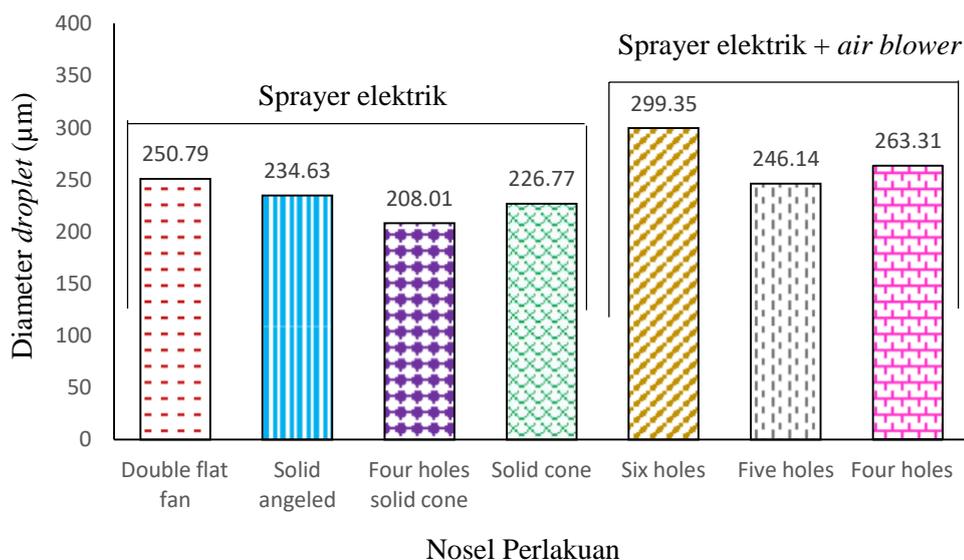
### Diameter Droplet

Diameter *droplet* merupakan salah satu parameter yang menentukan efektivitas dari *liquid fertilizing*. Nilai dari diameter *droplet* dipengaruhi oleh jenis nosel dan tekanan penyemprotan. Menurut Kurniawan (2014), tekanan semprot

yang besar akan menghasilkan butiran semprot atau *droplet* yang kecil dan keseragaman yang baik. Semakin kecil ukuran *droplet* yang dihasilkan, semakin mudah penyerapan pupuk cair ke stomata daun sehingga pertumbuhan tanaman bisa lebih cepat. Hasil sebaran *droplet* dan rata-rata pengukuran diameter *droplet* pada setiap nosel ditunjukkan pada Gambar 24 dan Gambar 25.



Gambar 24 Sebaran *droplet* tipe nosel *double flat fan*(a), *solid angled nozzle*(b), *four holes solid cone nozzle*(c), *solid cone nozzle*(d), *six holes nozzle*(e), *five holes nozzle*(f), dan *four holes nozzle*(g)

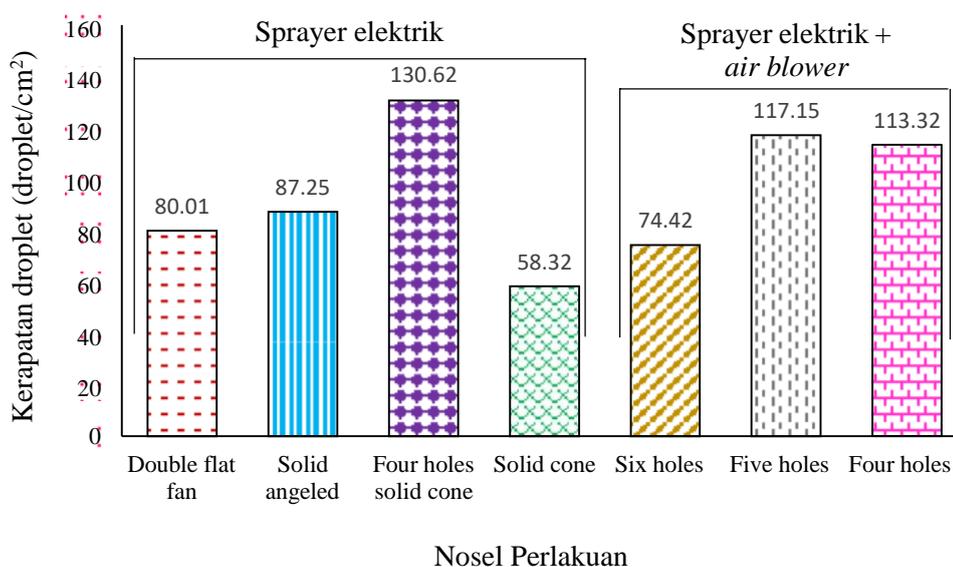


Gambar 25 Diameter *droplet* setiap perlakuan nosel

Berdasarkan Gambar di atas, diameter *droplet* pada *sprayer* elektrik + *air blower* dengan nosel *six holes* memiliki ukuran yang paling besar diantara nosel lainnya, yaitu sebesar 299.35 µm, dan yang paling kecil adalah diameter *droplet* pada *sprayer* elektrik dengan tipe nosel *four holes solid cone* sebesar 208.01 µm. Nilai diameter *droplet* yang paling bagus untuk penyemprotan berkisar antara 150 µm sampai 250 µm (ASABE S-572).

### Kerapatan *Droplet*

Kerapatan *droplet* merupakan salah satu indikator dalam efektivitas penyemprotan. Semakin besar nilai kerapatan *droplet* yang dihasilkan maka jumlah *droplet* pada tiap satuan luas tertentu di dalam suatu wilayah akan semakin bagus, dan kualitas penyemprotan juga semakin baik. Hasil rata-rata pengukuran kerapatan *droplet* pada setiap nosel ditunjukkan oleh Gambar 26.



Gambar 26 Kerapatan *droplet* pada setiap perlakuan nosel

Berdasarkan Gambar di atas, kerapatan *droplet* tertinggi sebesar 130.62 *droplet/cm<sup>2</sup>* pada *four holes solid cone nozzle*, dan terendah pada *solid cone nozzle* sebesar 58.32 *droplet/cm<sup>2</sup>*. Semakin besar nilai kerapatan *droplet* maka jumlah butiran halus dari larutan pupuk yang masuk ke stomata semakin banyak, sehingga efektivitas penyemprotan menjadi semakin tinggi.

### Pemilihan Nosel Terbaik

Nosel yang paling optimal kinerjanya dipilih berdasarkan empat parameter utama, yaitu diameter *droplet* yang paling kecil, kerapatan *droplet* yang paling besar, lebar penyemprotan efektif (LPE) yang paling besar, dan debit penyemprotan efektif (DPE) yang paling kecil. Pemilihan nosel terbaik dilakukan dengan cara optimasi, yaitu pembobotan pada masing-masing parameter. Hasil pembobotan setiap nosel dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil pembobotan setiap nosel

No	Parameter uji	Persentase pembobotan (%)	Nilai terboboti						
			Sprayer elektrik			Sprayer elektrik + air blower			
			Double flat fan	Solid angeled	Four holes solid cone	Solid cone	Six holes	Five holes	Four holes
1	Diameter <i>droplet</i>	40	1.2	2	2.8	2.4	0.4	1.6	0.8
2	Kerapatan <i>droplet</i>	30	0.9	1.2	2.1	0.3	0.6	1.8	1.5
3	Lebar penyemprotan efektif	20	1.2	1	1	0.8	1.4	1.2	1
4	Debit penyemprotan efektif	10	0.2	0.6	0.5	0.7	0.1	0.3	0.4
Jumlah			3.5	4.8	6.4	4.2	2.5	4.9	3.7
Ranking			6	3	1	4	7	2	5

Berdasarkan tabel di atas, nosel yang memiliki nilai tertinggi dari parameter dan pembobotan yang telah dilakukan adalah *four holes solid cone nozzle* pada *sprayer* elektrik dengan jumlah nilai 6.4, sedangkan nosel dengan jumlah nilai paling rendah adalah pada *six holes nozzle* sebesar 2.5 pada *sprayer* elektrik + *air blower*. Data tersebut digunakan untuk melihat nosel mana yang bekerja paling optimum pada saat pengaplikasian *liquid fertilizing* untuk tanaman kangkung di lahan.

### Pengujian di Lahan

Budidaya tanaman kangkung darat di lahan kering (Gambar 27) bertujuan untuk mengetahui hasil kinerja dari *liquid fertilizing* dengan menggunakan berbagai macam nosel pada *sprayer* elektrik maupun *sprayer* elektrik + *air blower*. Hasil kinerja tersebut dapat dilihat dari hasil laju pertumbuhan daun, dan pertumbuhan

tinggi tanaman selama 29 hari. Pengujian di lahan dilakukan dengan masing-masing nosel dan kecepatan maju aplikasi yang telah ditentukan. Cairan pupuk disemprot secara langsung pada daun tanaman kangkung.



Gambar 27 Budidaya kangkung darat di lahan kering

Terdapat tujuh baris tanaman kangkung yang diaplikasikan pupuk cair berdasarkan nosel dan kecepatan maju aplikasi (KMA) yang sudah ditentukan, dan tiga baris tanaman kangkung sebagai kontrol yang tidak diberi perlakuan. Setiap baris berisi 10 tanaman dengan jarak antar tanaman sebesar 30 x 60 cm. Parameter yang diukur pada tanaman kangkung adalah jumlah daun dan tinggi tanaman, sedangkan bobot segar tanaman diambil dari data sekunder. Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali, mulai dari 15 hari setelah tanam, 22 hari setelah tanam, dan 29 hari setelah tanam.

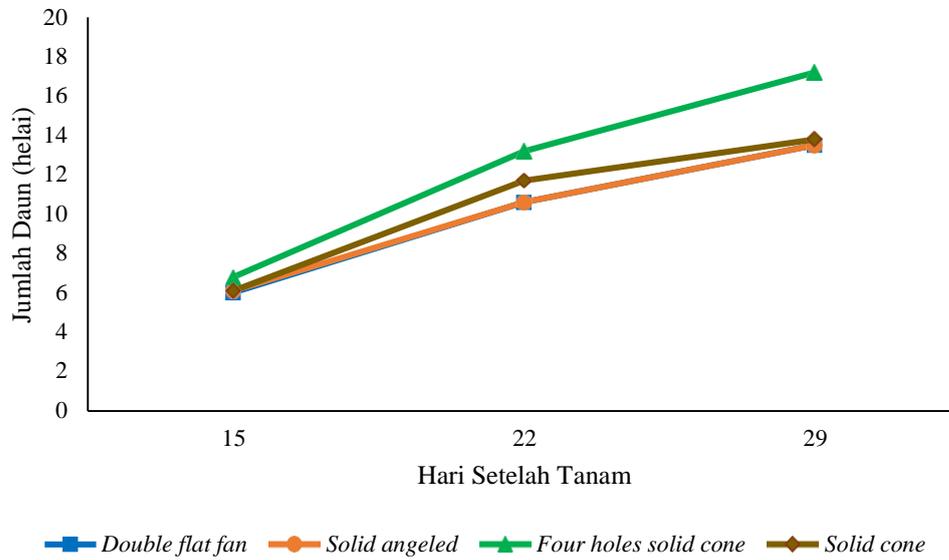
### Pertumbuhan Jumlah Daun dan Tinggi Tanaman

Rata-rata pertumbuhan tinggi dan jumlah daun kangkung darat menggunakan berbagai jenis nosel selama 15 HST, 22 HST, dan 29 HST dapat dilihat pada Tabel 5.

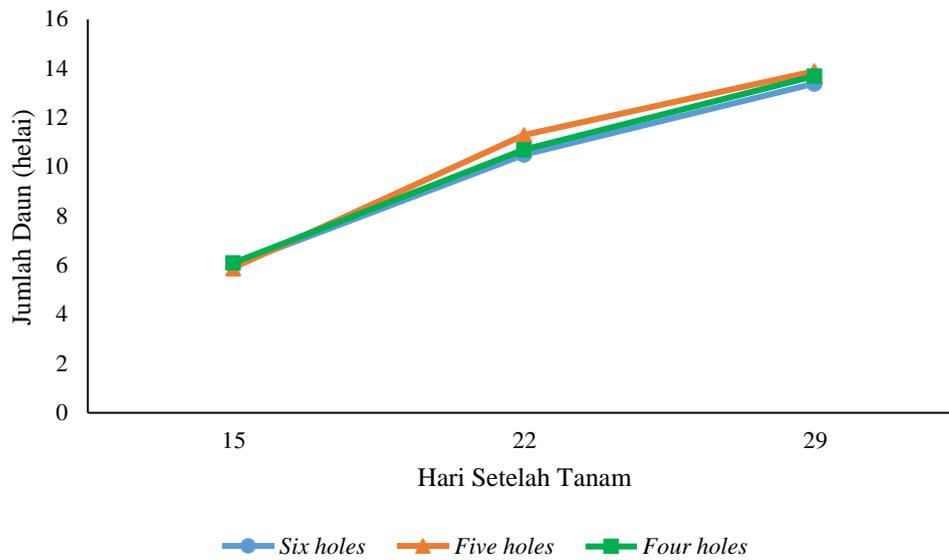
Tabel 5 Rata-rata pertumbuhan tinggi dan jumlah daun kangkung darat

Jenis Nosel	15 HST		22 HST		29 HST	
	Jumlah daun	Tinggi (cm)	Jumlah daun	Tinggi (cm)	Jumlah daun	Tinggi (cm)
<i>Double flat fan</i>	6	9.26	10.6	17.96	13.5	26.06
<i>Solid angeled</i>	6.1	9.32	10.6	19.45	13.5	26.99
<i>Four holes solid cone</i>	6.8	10.61	13.2	21.42	17.2	29.14
<i>Solid cone</i>	6.1	9.23	11.7	18.63	13.8	27.22
<i>Six holes</i>	6	8.69	10.5	18.23	13.4	25.64
<i>Five holes</i>	5.9	9.33	11.3	18.85	13.9	27.29
<i>Four holes</i>	6.1	9.28	10.7	18.58	13.7	26.64
Kontrol 1	5.9	8.79	9.7	17.12	12.2	23.52
Kontrol 2	5.9	9.32	10.7	17.72	12.7	24.8
Kontrol 3	6	8.93	10.4	16.61	12.8	23.87

Grafik pertumbuhan jumlah daun tanaman kangkung pada perlakuan *sprayer* elektrik, *sprayer* elektrik + air blower, dan perlakuan kontrol berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 28, Gambar 29, dan Gambar 30.

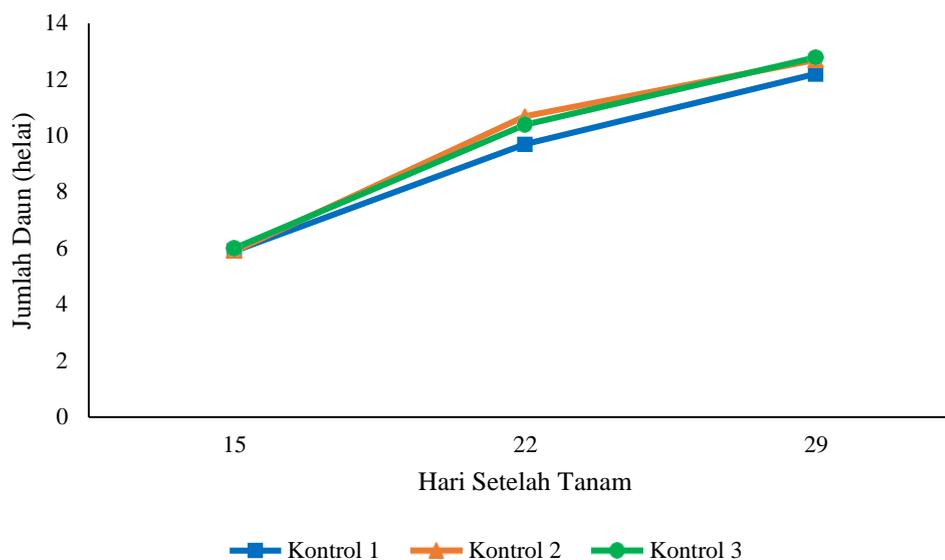


Gambar 28 Pertumbuhan jumlah daun pada perlakuan *sprayer* elektrik



Gambar 29 Pertumbuhan jumlah daun pada perlakuan *sprayer* elektrik dan *air blower*

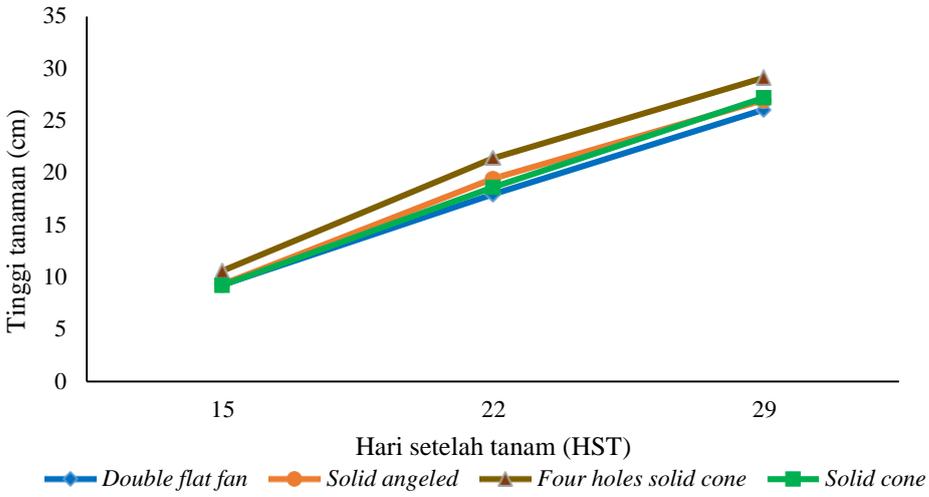
Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.  
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.



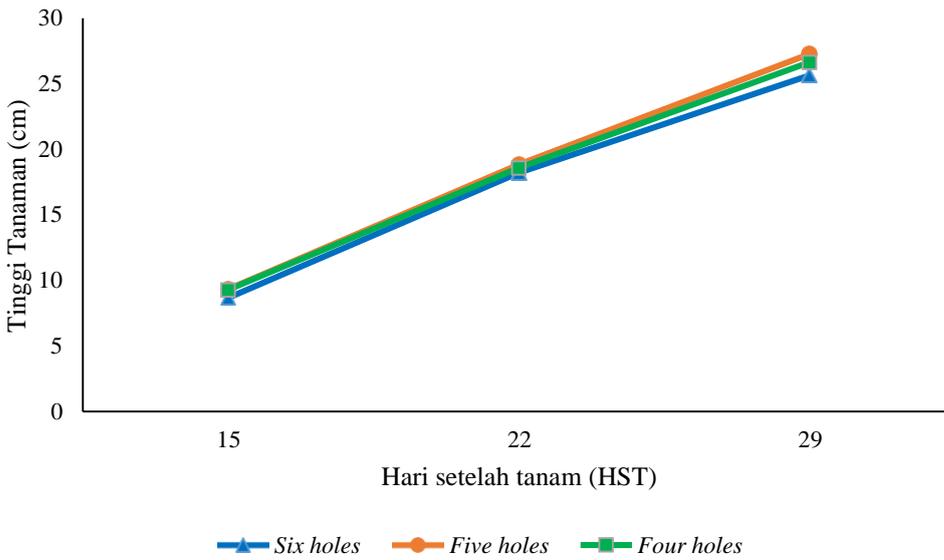
Gambar 30 Pertumbuhan jumlah daun pada perlakuan kontrol

Pertumbuhan tanaman kangkung dapat dilihat dari penambahan jumlah daunnya. Jumlah daun menunjukkan kemampuan tanaman dalam meningkatkan hasil fotosintesis. Berdasarkan Gambar di atas, pengukuran jumlah daun dilakukan saat 15 hari setelah tanam (HST) hingga 29 HST. Penerapan pupuk cair (*liquid fertilizing*) menggunakan *sprayer* elektrik dan *sprayer* elektrik + *air blower* dilakukan pada 10 hari setelah tanam didapatkan rata-rata jumlah daun tertinggi sebesar 6.8 helai yaitu dengan perlakuan *four holes solid cone nozzle* yang memiliki kecepatan maju 0.242 m/s. Pertambahan jumlah daun terus bertambah secara linear selama waktu pertumbuhan tanaman. Rata-rata pertumbuhan jumlah daun terbesar pada 22 HST dan masa akhir tanam 29 HST diperoleh oleh perlakuan *sprayer* elektrik dengan *four holes solid cone nozzle* berturut turut sebesar 13.2 helai dan 17.2 helai. Perbedaan pertumbuhan jumlah daun pada budidaya kangkung disebabkan *four holes solid cone nozzle* memiliki nilai diameter *droplet* yang paling kecil dan nilai kerapatan *droplet* yang paling besar diantara nosel lainnya, sehingga penyerapan nutrisi oleh stomata daun akan lebih optimal.

Grafik pertumbuhan tinggi tanaman kangkung pada perlakuan *sprayer* elektrik, *sprayer* elektrik dan air blower, dan perlakuan kontrol berturut-turut dapat dilihat pada Gambar 31, Gambar 32, dan Gambar 33.



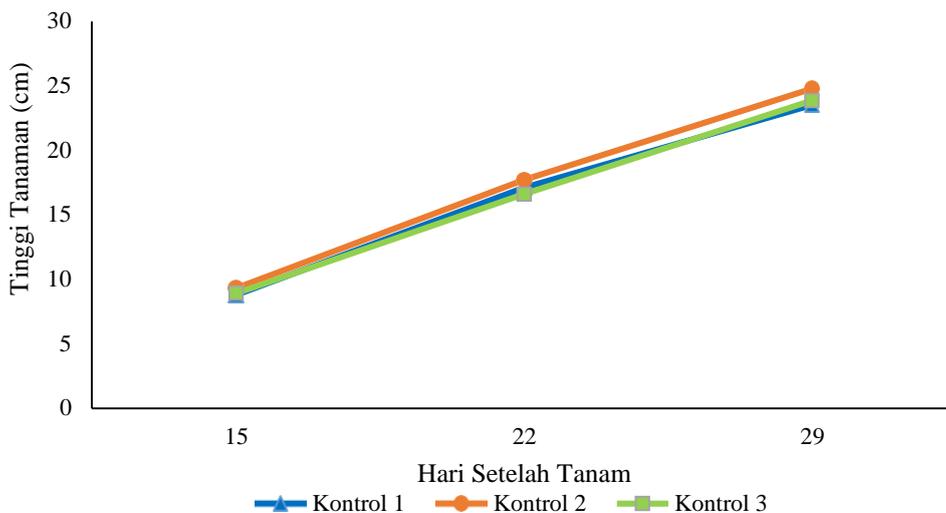
Gambar 31 Pertumbuhan tinggi tanaman kangkung pada perlakuan *sprayer* elektrik



Gambar 32 Pertumbuhan tinggi tanaman kangkung pada perlakuan *sprayer* elektrik dan *air blower*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.

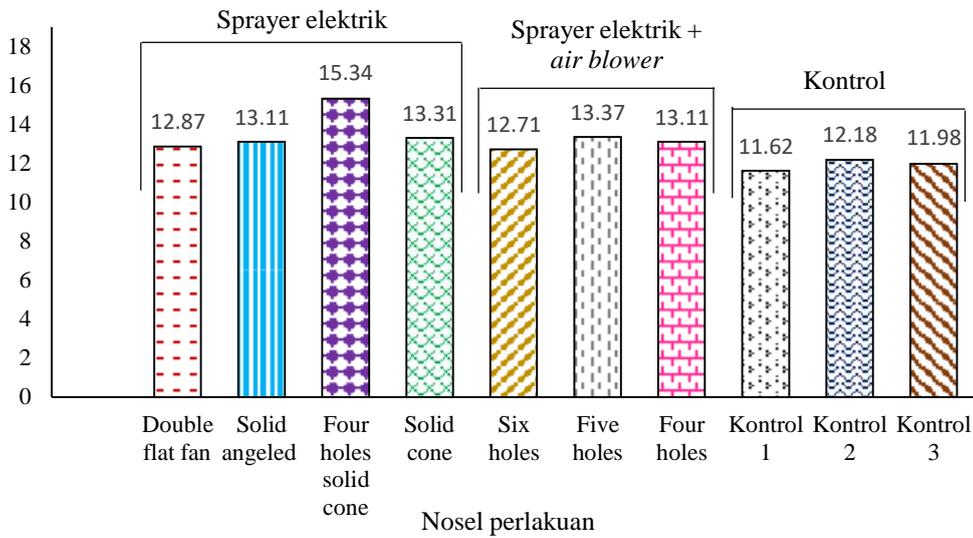


Gambar 33 Pertumbuhan tinggi tanaman kangkung pada perlakuan kontrol

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan untuk mengetahui respon tanaman terhadap nutrisi dalam bentuk pupuk cair yang diberikan melalui berbagai jenis nosel. Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang yang terlihat sampai dengan ujung tanaman tertinggi. Berdasarkan data diatas, didapatkan rata-rata tinggi tanaman terbesar saat 22 HST, 15 HST, dan 29 HST adalah dengan perlakuan *four holes solid cone nozzle* sebesar 10.61 cm, 21.42 cm, dan 29.14 cm. Hal tersebut dikarenakan nosel *four holes solid cone* memiliki diameter *droplet* yang paling kecil diantara nosel lainnya dan juga memiliki kerapatan *droplet* yang paling besar sehingga larutan pupuk yang disemprotkan pada tanaman dapat terserap dengan baik.

### Bobot Tanaman

Salah satu parameter penentu pertumbuhan tanaman adalah bobot segar tanaman. Berat segar tanaman dapat meningkat jika jumlah daun juga meningkat, karena daun merupakan cadangan makanan bagi tanaman sayuran (Polii 2009). Selain itu, daun pada tanaman sayuran merupakan organ yang paling banyak mengandung air, sehingga jumlah daun yang semakin banyak akan menyebabkan kadar air tanaman semakin meningkat, dan menyebabkan bobot segar tanaman semakin besar (Wiguna 2020). Penyerapan unsur hara dan air berpengaruh langsung terhadap pertumbuhan daun seperti jumlah dan luas daun karena menjadi pelaku utama fotosintesis. Jumlah daun yang semakin banyak akan memperluas bidang serap tanaman untuk mendapatkan sinar matahari yang berperan sebagai sumber energi untuk membentuk fotosintat (Fikri *et al* 2015). Perhitungan bobot segar yang dilakukan pada penelitian ini didapatkan dari hasil penelitian Sakdiah, Triyono, dan Priyono (2017) yang dapat dilihat pada Gambar 34.



Gambar 34 Hasil bobot segar tanaman kangkung setiap perlakuan setelah 29 HST

Bobot segar hasil tanaman kangkung perlakuan *four holes solid cone nozzle* dengan kecepatan maju aplikasi 0.242 m/s memiliki nilai tertinggi yaitu 15.34 gram. Hal tersebut menunjukkan pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun linear dengan bobot segar yang didapat. Kecilnya nilai diameter *droplet* dan tingginya nilai kerapatan *droplet* pada *four holes solid cone nozzle* dibandingkan dengan nosel lainnya juga menyebabkan bobot segar tanaman semakin besar karna nutrisi yang terserap oleh tanaman semakin baik.

### Kapasitas Lapang

Kapasitas lapang merupakan ukuran seberapa cepat pemupukan terselesaikan pada luasan kerja tertentu (Haljauhari 2018). Kapasitas lapang dibedakan menjadi dua, yaitu kapasitas lapang teoritis (KLT), dan kapasitas lapang efektif (KLE). KLT merupakan luas sebenarnya yang didesain untuk dapat dikerjakan oleh alat atau mesin tiap satuan waktu. KLT diperoleh ketika *sprayer* menggunakan 100% dari lebar kerjanya tanpa memperhitungkan kehilangan waktu. Kapasitas lapang efektif (KLE) merupakan kapasitas lapang yang sebenarnya terjadi di lapangan. Hasil perhitungan KLT dan KLE ditunjukkan oleh Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6 Hasil perhitungan kapasitas lapang teoritis masing-masing nosel

Jenis Nosel	Luas lahan aplikasi pemupukan (Ha)	Waktu (jam)	Kapasitas lapang teoritis (ha/jam)
<i>Double flat fan</i>	0.00026	0.00308	0.08577
<i>Solid angeled</i>	0.00024	0.00354	0.06782
<i>Four holes solid cone</i>	0.00024	0.00343	0.06998
<i>Solid cone</i>	0.00022	0.00456	0.04737

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.

Jenis Nosel	Luas lahan aplikasi pemupukan (Ha)	Waktu (jam)	Kapasitas lapang teoritis (ha/jam)
<i>Six holes</i>	0.00029	0.00279	0.10335
<i>Five holes</i>	0.00026	0.00326	0.08110
<i>Four holes</i>	0.00024	0.00297	0.08074

Tabel 7 Hasil perhitungan kapasitas lapang efektif masing-masing nosel

Jenis Nosel	Luas lahan (ha)	Waktu (jam)	KLE (ha/jam)
<i>Double flat fan</i>	0.00018	0.00308	0.05848
<i>Solid angeled</i>	0.00018	0.00354	0.05087
<i>Four holes solid cone</i>	0.00018	0.00343	0.05248
<i>Solid cone</i>	0.00018	0.00456	0.03947
<i>Six holes</i>	0.00018	0.00279	0.06459
<i>Five holes</i>	0.00018	0.00326	0.05530
<i>Four holes</i>	0.00018	0.00297	0.06056

Berdasarkan data pada tabel di atas, didapatkan nilai KLT dan KLE terbesar pada perlakuan *sprayer* elektrik + *air blower* dengan *six holes nozzle*. Hal tersebut dipengaruhi oleh nilai lebar penyemprotan efektif, semakin besar nilai LPE, maka kapasitas lapang juga akan semakin besar. Selain itu, waktu pengaplikasian pupuk cair juga mempengaruhi nilai KLT. Semakin kecil waktu pengaplikasian, maka kapasitas lapang yang didapat semakin besar.

### Kapasitas Keluaran (*Throughput Capacity*)

Kapasitas keluaran merupakan salah satu penentu efektivitas pemupukan. Semakin besar nilai kapasitas keluaran yang didapat, semakin banyak jumlah larutan pupuk cair yang diserap oleh tanaman. Hasil perhitungan kapasitas keluaran dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 Hasil perhitungan kapasitas keluaran pada masing-masing nosel

Jenis Nosel	Volume aplikasi pemupukan (liter)	Debit aplikasi pemupukan (liter/jam)	Kapasitas lapang teoritis (ha/jam)	Kapasitas keluaran (liter/ha)
<i>Double flat fan</i>	0.01400	4.549	0.08577	53.039
<i>Solid angeled</i>	0.01288	3.641	0.06782	53.687
<i>Four holes solid cone</i>	0.01269	3.700	0.06998	52.876
<i>Solid cone</i>	0.01231	2.701	0.04737	57.011
<i>Six holes</i>	0.01473	5.288	0.10335	51.168
<i>Five holes</i>	0.01381	4.242	0.08110	52.308
<i>Four holes</i>	0.01248	4.200	0.08074	52.019

Berdasarkan data pada tabel 8, didapatkan nilai kapasitas keluaran terbesar pada *sprayer* elektrik dengan *solid cone nozzle* sebesar 57.01 liter/ha. Hal tersebut dipengaruhi oleh nilai debit aplikasi dan kapasitas lapang teoritis. Semakin kecil nilai kapasitas lapang, semakin besar kapasitas keluaran yang didapat.

### Biaya Aplikasi Pemupukan

Biaya aplikasi pemupukan merupakan besarnya biaya yang harus dikeluarkan selama proses pemupukan yang komponennya meliputi biaya tetap, biaya konsumsi energi, biaya larutan pupuk, biaya operasional, upah operator, biaya total, dan kapasitas lapang efektif dalam proses pemupukan. Pemupukan yang baik harus memenuhi standar operasional penyemprotan yang dapat dilihat dari parameter pemupukannya seperti debit aplikasi minimum, tinggi penyemprotan optimum, lebar penyemprotan efektif maksimum, dan kapasitas lapang efektif maksimum (Haljauhari 2018). Hasil perhitungan biaya aplikasi pemupukan dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 9 Hasil perhitungan parameter aplikasi pupuk pada *sprayer* elektrik

Parameter dan variabel	Satuan	<i>Sprayer</i> elektrik			
		Double flat fan	Solid angled	Four holes solid cone	Solid cone
Volme larutan teraplikasi	liter	0.00842	0.00774	0.00763	0.00740
Lama waktu kerja	jam	0.0111	0.0127	0.0123	0.0164
Lebar penyemprotan efektif	m	0.88	0.80	0.80	0.72
Debit penyemprotan	liter/jam	143.40	113.40	117.00	79.20
Luas lahan teraplikasi	ha	0.000264	0.00024	0.00024	0.000216
Kapasitas lapang efektif	ha/jam	0.0585	0.0509	0.0525	0.0395
Debit pupuk teraplikasi	liter/jam	4.54	3.64	3.70	2.70
Konsumsi energi	joule	1008	756	720	1296
Kapasitas keluaran	liter/ha	53.04	53.69	52.88	57.01
Harga mesin penyemprot	Rp	601 000	601 000	601 000	601 000
Biaya konsumsi energi	Rp/jam	11 967.58	11 823.22	12 004.50	11 133.82
Biaya larutan pupuk	Rp	3 771.66	2 744.57	2 788.94	1 831.98
Biaya operasional	Rp/jam	32 754.53	31 583.07	31 808.73	29 981.08
Biaya tetap	Rp/jam	141.90	141.90	141.90	141.90
Biaya total	Rp/jam	32 896.43	31 724.98	31 950.63	30 122.99
Biaya aplikasi pupuk	Rp/ha	562 558.07	623 682.10	608 791.52	763 115.68

Tabel 10 Perhitungan parameter aplikasi pupuk pada *sprayer* elektrik + *air blower*

Parameter dan variabel	Satuan	<i>Sprayer</i> elektrik + air blower		
		Six holes	Five holes	Four holes
Volme larutan teraplikasi	liter	0.00886	0.00830	0.00750
Lama waktu kerja	jam	0.01003	0.01172	0.01070
Lebar penyemprotan efektif	m	0.96	0.88	0.8
Debit penyemprotan	liter/jam	172.8	135.6	135
Luas lahan teraplikasi	ha	0.00029	0.00026	0.00024
Kapasitas lapang efektif	ha/jam	0.06459	0.05530	0.06056
Debit pupuk teraplikasi	liter/jam	5.29	4.24	4.20
Konsumsi energi	joule	417.6	532.8	705.6
Kapasitas keluaran	liter/ha	51.17	52.31	52.02
Harga mesin penyemprot	Rp	851 000	851 000	851 000
Biaya konsumsi energi	Rp/jam	24 810.39	24 269.67	24 404.59
Biaya larutan pupuk	Rp	9 085.38	10 592.97	8 490.22
Biaya operasional	Rp/jam	46 608.88	44 802.31	44 585.72
Biaya tetap	Rp/jam	200.93	200.93	200.93
Biaya total	Rp/jam	46 809.81	45 003.24	44 786.65
Biaya aplikasi pupuk	Rp/ha	724 685.21	813 863.90	739 587.96

## Keterangan:

1. Harga listrik Rp1 467.28/kWh
2. Harga pupuk cair Rp50 000/liter
3. UMR Kabupaten Bogor Rp4 083 670/bulan
4. Waktu operasional 1440 jam/tahun
5. Umur ekonomis *sprayer* 3 tahun
6. Asumsi harga akhir *sprayer* 10% dari harga awal
7. Suku bunga sebesar 6%/tahun (Kementrian Pertanian 2020)

Biaya konsumsi energi listrik secara keseluruhan menunjukkan perbedaan yang sangat besar antara *sprayer* elektrik dengan *sprayer* elektrik + *air blower*. *Six holes nozzle* memiliki nilai biaya konsumsi listrik yang paling besar, yaitu Rp24 810.39/jam. Hal tersebut dikarenakan daya penyemprotan pada *sprayer* elektrik + *air blower* lebih besar dibanding dengan *sprayer* elektrik, sehingga tenaga listrik yang dikeluarkan juga menjadi besar. Selain itu, debit aplikasi pada *six holes nozzle* merupakan yang paling besar di antara *nozzle* lainnya.

Biaya operasional pada penelitian ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan *sprayer* elektrik + *air blower* memiliki biaya operasional yang lebih besar dibanding dengan *sprayer* elektrik. Biaya operasional terbesar terdapat pada *six holes nozzle* yaitu Rp46 608.88/jam. Hal tersebut disebabkan oleh biaya larutan pupuk yang tinggi dan debit aplikasi yang besar. Debit aplikasi yang besar menyebabkan tingginya biaya larutan pupuk yang harus dikeluarkan. Biaya aplikasi pupuk juga menunjukkan perlakuan *sprayer* elektrik + *air blower* secara keseluruhan memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan *sprayer* elektrik. *Five holes nozzle* merupakan perlakuan yang memiliki biaya aplikasi pupuk

terbesar dibandingkan dengan nosel lainnya, yaitu Rp813 863.9/ha. Hal tersebut disebabkan oleh adanya perbedaan antara biaya total dengan kapasitas lapang efektif.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Kinerja *sprayer* elektrik optimum diperoleh pada perlakuan *four holes solid cone nozzle* yang mampu menghasilkan diameter *droplet* sebesar 208.01  $\mu\text{m}$  dan kerapatan *droplet* sebesar 130.62 *droplet/cm*<sup>2</sup> dengan ketinggian penyemprotan efektif 52.16 cm. Penggunaan nosel dengan kecepatan maju aplikasi 0.242 m/s ini mampu menghasilkan rata-rata tinggi tanaman, jumlah daun, dan bobot segar pada 9 HST berturut-turut sebesar 29.14 cm, 17.2 helai, dan 15.34 gram. Kinerja *sprayer* elektrik + *air blower* optimum diperoleh pada perlakuan *five holes nozzle* yang mampu menghasilkan diameter *droplet* 246.14  $\mu\text{m}$  dan kerapatan *droplet* 117.15 *droplet/cm*<sup>2</sup> dengan ketinggian penyemprotan efektif 40.35 cm. Penggunaan nosel dengan kecepatan maju 0.255 m/s ini mampu menghasilkan rata-rata tinggi tanaman, jumlah daun, dan bobot segar berturut-turut sebesar 27.29 cm, 13.9 helai, 13.37 gram. Kinerja *sprayer* elektrik maupun *sprayer* elektrik + *air blower* yang menghasilkan diameter *droplet* minimum dan kerapatan *droplet* maksimum akan menghasilkan *yield* (hasil produksi) tanaman kangkung yang lebih besar dibandingkan dengan kinerja *sprayer* yang memiliki diameter *droplet* lebih besar dan kerapatan *droplet* lebih kecil.

Biaya aplikasi pupuk terbesar diperoleh pada *sprayer* elektrik + *air blower* dengan perlakuan *five holes nozzle* yaitu sebesar Rp813 863.90/ha. Biaya total yang besar dengan kapasitas lapang efektif yang kecil membuat biaya aplikasi pupuk menjadi semakin besar.

### Saran

Sebaiknya dilakukan pembuatan guludan sesuai dengan lebar penyemprotan efektif yang telah didapatkan. Penelitian ini menggunakan satu sampai dua bibit dalam tiap pot pada budidaya kangkung, sebaiknya pada penelitian selanjutnya dilakukan penanaman benih sayuran secara menyebar diatas guludan sesuai dengan budidaya sayuran yang dilakukan oleh petani. Penelitian ini menggunakan *sprayer* elektrik dan *air blower* dengan nosel yang berbeda, sebaiknya pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan nosel yang sama agar dapat dibandingkan kinerja yang paling baik antara penggunaan *sprayer* elektrik dan *sprayer* elektrik + *air blower*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aditama S. 2011. Pengaruh berbagai pupuk daun terhadap pertumbuhan kangkung darat (*Ipomea reptans Poir.*) [skripsi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Anggara R. 2009. Pengaruh ekstrak kangkung darat (*Ipomea reptans Poir.*) terhadap efek sedasi pada mencit BALB/C [skripsi]. Semarang(ID): Universitas Dipenogoro.
- [ASABE] *The American Society of Agricultural and Biological Engineers*. 2009. *Droplet Standard Categories and Pratical Use*. Kansas City(USA): ASABE. ASABE S-572.
- Aspar G. 2012. Studi aplikasi *knapsack sprayer*, *knapsack power sprayer*, dan *boom sprayer*. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 32(1): 27-80.
- Azhari I. 2011. Analisis tekno ekonomi alat semprot semi-otomatis tipe sandang (*knapsack sprayer*) dengan berbagai variasi jumlah nozzle [skripsi]. Padang(ID): Universitas Andalas.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2019. *Statistik Tanaman Sayuran dan Buah-Buahan Menurut Provinsi di Indonesia*. Jakarta(ID): Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2018. *Alat Pemeliharaan Tanaman Sprayer Gendong Semi Otomatis – Syarat Mutu dan Metode Uji*. Jakarta(ID): BSN Indonesia. SNI 4513:2012.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Alat Pemeliharaan Tanaman Sprayer Gendong Semi Elektrik – Syarat Mutu dan Metode Uji*. Jakarta(ID): BSN Indonesia. SNI 8485:2018.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2011. *Alat Pemeliharaan Tanaman Sprayer Gendong Bermotor – Syarat Mutu dan Metode Uji*. Jakarta(ID): BSN Indonesia. SNI 7640:2011.
- Djuariah D. 2007. Evaluasi plama nutfah kangkung di dataran medium Rancaekek. *Jurnal Hortikultura*. 7(3): 756-762.
- Edi S, Bobihoe J. 2014. Budidaya Tanaman Sayuran. Jambi(ID): Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jambi.
- Fikri MS, Indradewa D, Putra ETS. 2015. Pengaruh pemberian kompos limbah media tanam jamur pada pertumbuhan dan hasil kangkung darat (*Ipomea reptans Poir.*). *Jurnal Vegetalika*. 4(2): 79-89.
- Furqon M. 2012. Studi variasi jumlah dan ukuran *droplet* pada berbagai tinggi penyemprotan dan tipe nosel *sprayer* gendong semi-otomatis [skripsi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Gani I, Amalia S. 2015. *Alat Analisis Data: Aplikasi Statistik untuk Penelitian Ekonomi dan Sosial*. Yogyakarta(ID): CV. Andi Offset.
- Glio T. 2015. *Pupuk Organik dan Pestisida No.1*. Jakarta(ID): PT. Agromedia Pustaka.
- Irawati, Salamah Z. 2013. Pertumbuhan tanaman kangkung darat (*Ipomea reptans Poir.*) dengan pemberian pupuk organik berbahan dasar kotoran kelinci. *Jurnal Bioedukatika*. 1(1): 1-96.

- Jamalludin. 2018. Analisis faktor-faktor yang mempengaruhi produksi usahatani sayur-sayuran di Kelurahan Maharatu Marpoyan Damai Kota Pekanbaru. *Jurnal Agribisnis*. 20(1): 52-67.
- Kurniawan T. 2014. Modifikasi jumlah nosel *sprayer* gendong bermotor dan uji kinerja pada berbagai tekanan semprot dan tipe nosel [skripsi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Marpaung AE, Karo B, Tarigan R. 2014. Pemanfaatan pupuk organik cair dan teknik penanaman dalam peningkatan pertumbuhan dan hasil budidaya kentang. *Jurnal Hortikultura*. 24(1): 40-55.
- Martono N. 2010. *Metode Penelitian Kuantitatif: Analisis Isi dan Analisis Data Sekunder*. Jakarta(ID): PT. Raya Grafindo.
- Maulana D. 2018. *Raih Untung dari Budidaya Kangkung*. Yogyakarta(ID): Trans Idea Publishing.
- Murniati N, Safriyani E. 2012. Pemanfaatan urine sapi sebagai pupuk organik cair untuk meningkatkan produktivitas tanaman selada. *Jurnal Agro Silampari*. 2(1): 19-17.
- Nobel A. 2015. *Agricultural Backpack Manual Spraying*. Jerman(DE): Buyer Corps Science AG.
- Polii GMM 2009. Respon produksi tanaman kangkung darat (*Ipomea reptans Poir.*) terhadap variasi waktu pemberian pupuk kotoran ayam. *Jurnal Soil Environment*. 7(1): 18-22.
- Pramudya B. 2014. *Ekonomi Teknik*. Bogor(ID): IPB Press.
- Pramuhadi G. 2012. Aplikasi herbisida di kebun tebu lahan kering. *Jurnal Pangan*. 21(2): 221-231.
- Putri KS. 2019. *Budidaya Sayuran Sawi, Kangkung, Katuk, dan Bawang Daun*. Jawa Barat(ID): Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura.
- Rahman MN, Yamin M. 2014. Modifikasi nosel pada sistem penyemprotan untuk pengendalian gulma menggunakan *sprayer* gendong elektrik. *Jurnal Keteknikan Pertanian*. 2(1): 17-28.
- Rukmana F. 2018. Kinerja *liquid fertilizing* berdasarkan perbedaan sumber tekanan pengabutan pada budidaya kangkung di dalam greenhouse [skripsi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Rukmana R. 1995. *Seri Budidaya Bertanam Kangkung*. Yogyakarta(ID): Kanisius.
- Rusdi. 2019. Kinerja *liquid fertilizing* menggunakan *sprayer* elektrik pada sistem budidaya vertikultur bayam merah di dalam *greenhouse* [skripsi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sakdiah RL, Triyono K, Priyono. 2017. Pengaruh konsentrasi pupuk daun dan volume penyiraman terhadap pertumbuhan dan hasil kangkung darat (*Ipomea reptans Poir.*). *Jurnal Inovasi Pertanian*. 17(1): 24-35.
- Santosa HB. 2008. *Ragam dan Khasiat Tanaman Obat*. Jakarta(ID): Agromedia Pustaka.
- Santosa HB. 2019. *Bertanam Kangkung Organik*. Yogyakarta(ID): Pohon Cahaya Semesta.

- Sidik AJ. 2019. Kinerja pengabut gendong bermotor untuk *liquid fertilizing* pada sistem budidaya vertikultur tanaman terung [skripsi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Srihartati, Takiyah S. 2007. *Pengaruh Berbagai Kompos terhadap Produksi Kangkung Darat (Ipomea reptans Poir.)*. Subang(ID): Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-LIPI.
- Suharsimi A. 1998. *Manajemen Penelitian*. Jakarta(ID): Rineka Cipta.
- Suroso B, Antoni NE. 2017. Respon pertumbuhan tanaman kangkung darat (*Ipomea reptans Poir*) terhadap pupuk bioboost dan pupuk za. *Agritop Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*. 2(1): 14-23.
- Susilo DE. 2015. Pertimbangan visual dan fisiologis sebagai kriteria panen kangkung darat akibat pemberian kapur dolomit di tanah gambut. *Anterior Jurnal*. 15(1): 76-84.
- Wiguna A. 2020. Kinerja *liquid fertilizing* menggunakan *knapsack power sprayer* pada sistem budidaya vertikultur tanaman sawi pakcoy di dalam *greenhouse* [skripsi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.
- Yuwana NAJ. 2014. Desain dan konstruksi *grid patternator* untuk pengujian kinerja *sprayer* [skripsi]. Bogor(ID): Institut Pertanian Bogor.



## RIWAYAT HIDUP



Penulis memiliki nama lengkap Rizkia Hadi Safitri. Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 22 Desember 1998. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Mad Hadi dan Ibu Andi Nur Lela. Pendidikan formal yang ditempuh oleh penulis adalah Sekolah Dasar (SD) Pantai Makmur 02 (2004-2010), dilanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama (SMP) 1 Tarumajaya (2010-2013), kemudian ke Sekolah Menengah Atas (SMA) 1 Tarumajaya (2013-2016). Tahun 2016, penulis diterima untuk melanjutkan pendidikan tinggi di Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor melalui jalur SNMPTN.

Selama perkuliahan, penulis aktif dalam sejumlah kepanitiaan seperti Masa Pengenalan Kampus Mahasiswa Baru (MPKMB) 2017, *Fateta Art Contest* (FAC) 2017, *Mechanical and Biosystem Fair* (MBF) 2017 dan 2018, dan Kewirausahaan Mahasiswa Indonesia (KMI) 2018. Penulis juga aktif menjadi bagian dari organisasi mahasiswa pecinta alam (Gursapala), dan Himpunan Mahasiswa Teknik Pertanian (HIMATETA) pada periode 2017-2019 menjadi staf dan sekretaris divisi *Inventory and Entrepreneurship* (IE). Selain itu penulis juga pernah mengikuti kegiatan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) di Universitas Udayana pada tahun 2019. Penulis melaksanakan Praktik Lapang (PL) pada tahun 2019 di PTPN XI Pabrik Gula (PG) Asembagus, Situ Bondo, Jawa Timur dengan judul “Sistem Tebang Muat dan Angkut Tebu Lahan Kering di Pabrik Gula Asembagus, Situbondo, Jawa Timur”.

@Hak cipta milik IPBUniversity

IPBUniversity

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPBUniversity.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPBUniversity.