

## Uji Kinerja Pengoperasian Sistem Pendinginan Pengabutan pada *Greenhouse* di Kebun Hidroponik, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

Hafidzul Furqon\*, Handarto, Muhamad Saukat

Universitas Padjadjaran

Email: [hafidzulfurqon100@gmail.com](mailto:hafidzulfurqon100@gmail.com), [handarto@unpad.ac.id](mailto:handarto@unpad.ac.id), [msaukat@unpad.ac.id](mailto:msaukat@unpad.ac.id)

DOI: <https://doi.org/10.32528/nms.v1i2.61>

\*Correspondensi: Hafidzul Furqon

Email: [hafidzulfurqon100@gmail.com](mailto:hafidzulfurqon100@gmail.com)

Published: Maret, 2022



**Copyright:** © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

**Abstrak:** *Greenhouse* merupakan suatu bangunan pertanian untuk budidaya tanaman dan mempermudah dalam mengendalikan iklim mikro agar pertumbuhan tanaman menjadi lebih optimal. Salah satu upaya dalam mengendalikan iklim mikro yaitu sistem pendinginan pengabutan yang digunakan untuk menurunkan suhu udara sekaligus meningkatkan kelembaban relatif (RH). Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis uji kinerja sistem pendinginan pengabutan untuk mendapatkan profil data debit setiap *nozzle*, tekanan kerja pompa air dan massa air buangan dari *solenoid valve* semua sektor menggunakan metode analisis deskriptif. Debit yang dihasilkan setiap *nozzle* memiliki rentang yaitu 0,14 g/s sampai 0,28 g/s. Nilai tekanan kerja pompa air yang terkecil yaitu pada sektor 1 sebesar 143,3 psi dan terbesar yaitu pada sektor 6 sebesar 170,3 psi. Nilai massa air buangan dari *solenoid valve* yang terkecil yaitu pada sektor 3 sebesar 193,2 g dan terbesar yaitu pada sektor 4 sebesar 249,5 g.

**Keywords:** *Greenhouse*; sistem pendinginan pengabutan; uji kinerja

### PENDAHULUAN

Penggunaan *greenhouse* dalam kegiatan budidaya berfungsi untuk mengendalikan dan memanipulasi kondisi lingkungan agar tercipta kondisi lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman. Namun, Penggunaan *greenhouse* seringkali memiliki kendala terkait iklim mikro yang berada di dalamnya. Misalnya saat musim kemarau, intensitas radiasi matahari sangat terik menyebabkan suhu udara di dalam *greenhouse* menjadi tinggi dan kelembaban udara yang rendah. Hal tersebut, menyebabkan beberapa jenis tanaman sulit tumbuh secara optimal.

Menurut Fahmy et al. (2012), ada dua faktor utama yang mempengaruhi perkembangan tanaman yaitu suhu udara dan kelembaban relatif. Setiap jenis tanaman memiliki kisaran nilai suhu udara dan kelembaban relatif yang optimum bagi pertumbuhannya. Suhu udara yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menyebabkan tanaman mengalami cekaman (stress) sehingga pertumbuhannya terhambat. Selanjutnya, kelembaban relatif yang terlalu rendah dapat menghambat pertumbuhan tanaman dengan berhentinya fotosintesis sehingga menjadi layu. Sebaliknya, kelembaban relatif yang tinggi dapat meningkatkan potensi penyebaran penyakit pada tanaman. Oleh karena itu, pengendalian iklim mikro (khususnya suhu udara dan kelembaban relatif) perlu diterapkan pada *greenhouse* untuk menciptakan kondisi optimal bagi pertumbuhan tanamannya.

Sistem pendinginan evaporatif merupakan salah satu bentuk pengendalian iklim mikro yang dibuat untuk menurunkan suhu udara sekaligus meningkatkan kelembaban relatif (RH). Terdapat tiga macam sistem pendinginan yang dapat diterapkan pada *greenhouse* yaitu *pad-and-fan cooling system*, *mist cooling system* dan *fog cooling system*. Sistem pendinginan pengabutan adalah sebuah sistem yang didasarkan pada *droplet* (tetapan partikel air yang berukuran fog) dengan (diameter *droplet* berkisar 2 $\mu$ m-60 $\mu$ m yang dikeluarkan dari *nozzle* dengan tekanan tinggi (Li dan Wang, 2015). Menurut Arbel et al. (1998), sistem pendinginan pengabutan lebih baik daripada *pad-and-fan cooling system* karena menghasilkan suhu dan RH yang lebih

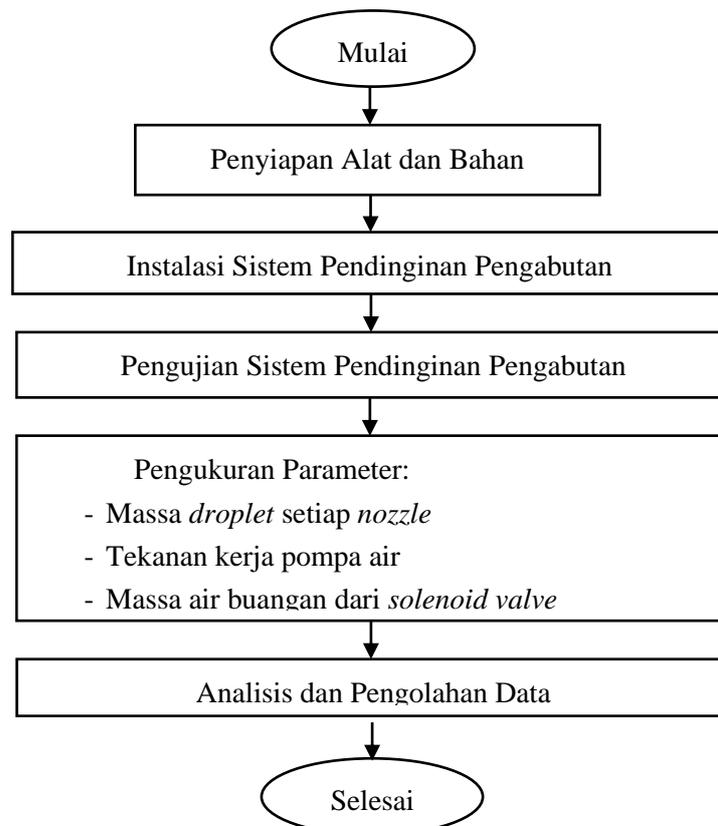
seragam. Namun, sistem pendinginan pengabutan memiliki kekurangan yaitu rentan terjadi kemacetan (tidak dapat mengeluarkan *droplet*) pada *nozzle*, karena ukuran diameter lubang *nozzle* sangat kecil yaitu 0,1 mm..

Sistem pendinginan pengabutan telah diterapkan di *greenhouse* yang terdapat di Kebun Hidroponik, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Namun, penggunaan sistem tersebut belum dilakukan pengkajian dan analisis kinerja pengoperasian sistem pendinginan pengabutan. Hal ini perlu dilakukan untuk mengetahui profil debit semua *nozzle*, tekanan kerja pompa air dan massa air yang terbuang dari *solenoid valve*. Data debit semua *nozzle* tersebut dapat digunakan sebagai penunjang dalam menentukan durasi pengoperasian sistem pendinginan pengabutan.

Berdasarkan hal di atas, perlu dilakukan pengkajian dan analisis secara komprehensif mengenai kinerja pengoperasian sistem pendinginan pengabutan untuk mengetahui profil debit setiap *nozzle*, tekanan kerja pompa air dan massa air yang terbuang dari *solenoid valve*.

## METODE

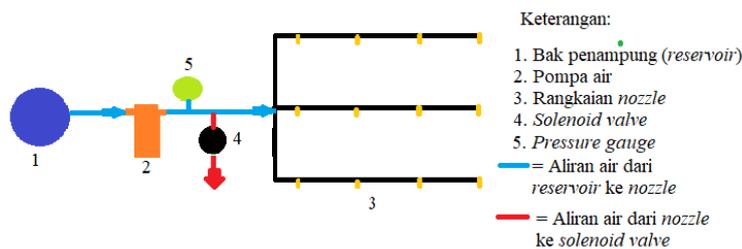
Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis deskriptif, yaitu penelitian yang digunakan untuk melakukan pengukuran, pengamatan dan perhitungan ketika sistem pendinginan pengabutan dioperasikan. Data yang didapatkan berupa debit setiap *nozzle*, tekanan kerja pompa air dan massa air buangan dari *solenoid valve*. Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Instalasi Sistem Pendinginan Pengabutan pada *Greenhouse*

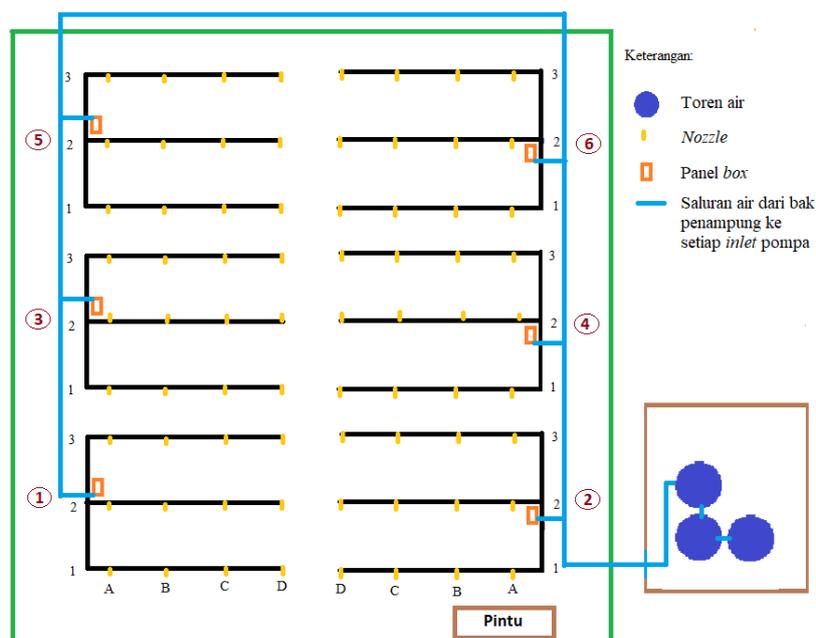
Komponen pada sistem pendinginan pengabutan terdiri dari bak penampung, pompa air, *solenoid valve*, *pressure gauge*, selang nylon tubing dan *nozzle*. Instalasi sistem pendinginan pengabutan di *greenhouse* disajikan pada Gambar 2. Mekanisme kerja sistem pendinginan pengabutan diawali dengan air yang berada di dalam bak penampung (sudah melewati proses penyaringan) mengalir ke *inlet* pompa air. Pompa air akan bekerja apabila relay aktif (memenuhi kriteria suhu udara  $> 24^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban relatif  $< 75\%$ ). Pompa akan mengalirkan air menuju ke setiap *nozzle* melalui selang nylon tubing dengan tekanan tinggi. Selanjutnya, *nozzle* akan mengeluarkan *droplet* sebagai upaya dalam menurunkan suhu udara dan meningkatkan kelembaban relatif. Saat pompa air dimatikan, maka *solenoid valve* akan langsung beroperasi selama 10 detik untuk membuang tekanan sisa dari selang nylon tubing.



Gambar 2. Instalasi Sistem Pendinginan Pengabutan di *Greenhouse*

#### Denah Sistem Pendinginan Pengabutan pada *Greenhouse*

Denah rangkaian sistem pendinginan pengabutan di *greenhouse* secara garis besar disajikan pada Gambar 3. Pompa air, *solenoid valve* dan *pressure gauge* diletakkan didalam panel *box*. Proses pengujian sistem pendinginan pengabutan dilakukan untuk menentukan debit setiap *nozzle*, sehingga perlu adanya penomoran atau kode setiap *nozzle*. Berdasarkan denah pada Gambar 3, garis berwarna biru menunjukkan saluran air (pipa) dari bak penampung menuju ke *inlet* setiap pompa. Nomor dari 1 sampai 6 menandakan urutan sektor, nomor 1 sampai 3 menandakan barisan *nozzle* setiap sektor dan huruf A sampai D (*nozzle* bagian ujung) menandakan urutan *nozzle* pada setiap barisan *nozzle*. Misal, kode *nozzle* adalah 3.1.A, maka *nozzle* tersebut berada di sektor 3, barisan ke-1 dan urutan A.



Gambar 3. Denah Rangkaian Sistem Pendinginan Pengabutan di *Greenhouse*

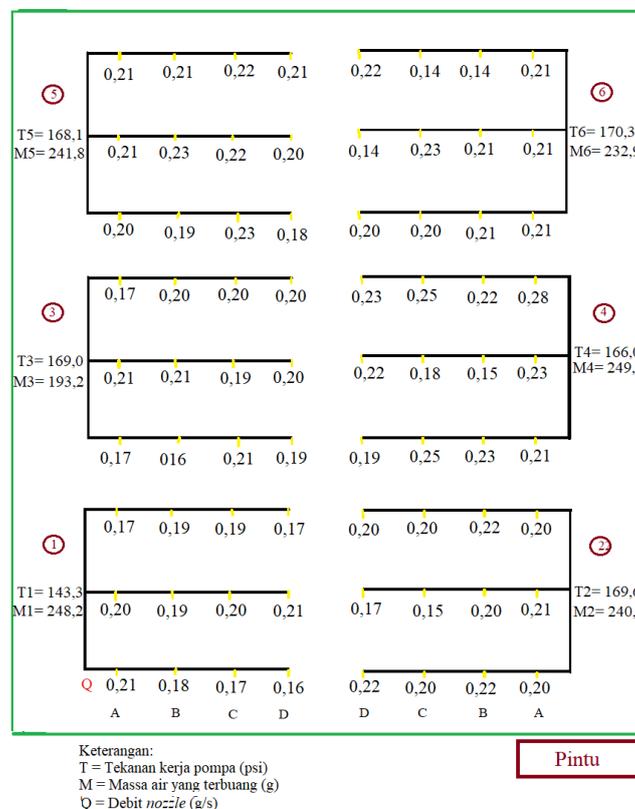
#### Tahap Pengujian Sistem Pendinginan Pengabutan

Prosedur pengujian sistem pendinginan pengabutan (pengukuran debit *nozzle*, tekanan kerja pompa air dan massa air buangan dari *solenoid valve*) dilakukan 4 tahap yaitu proses pemasangan rangkaian listrik saklar dan *pressure gauge* pada *outlet* pompa air. Proses pemasangan botol penampung ke setiap badan *nozzle* dalam satu sektor. Proses pengoperasian sistem pendinginan pengabutan dengan durasi yang ditentukan ( 60, 120, 180, 240, 300, 360, 420 dan 480 sekon dan masing-masing durasi dilakukan tiga kali pengulangan). Pengukuran tekanan kerja pompa air pada *pressure gauge*, penimbangan massa *droplet* yang tertampung ke dalam botol menggunakan timbangan digital satu persatu dan menimbang massa air buangan dari *solenoid valve* (bekerja selama 10 detik setelah pompa air dimatikan).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Analisis debit *nozzle*

Berdasarkan hasil perhitungan nilai rata-rata setiap *nozzle* pada Gambar 4, rentang debit *nozzle* yang dihasilkan yaitu dari 0,14 g/s sampai 0,28 g/s. Nilai debit *nozzle* terkecil yaitu pada *nozzle* yang berkode 6.2.D, 6.3.D dan 6.3.C. Nilai debit *nozzle* terbesar yaitu pada *nozzle* yang berkode 4.3.A. Penempatan nilai debit setiap *nozzle* digunakan untuk mempermudah dalam analisis setiap parameter pengukuran (debit *nozzle*, tekanan kerja pompa dan massa air yang terbuang). Berdasarkan Gambar 4, nilai debit *nozzle* dari posisi *nozzle* yang terdekat sampai yang terjauh (*nozzle* ujung) dengan pompa itu nilainya acak, artinya nilai debit pada *nozzle* ujung tidak selalu lebih kecil dibandingkan dengan *nozzle* yang terdekat dengan pompa.

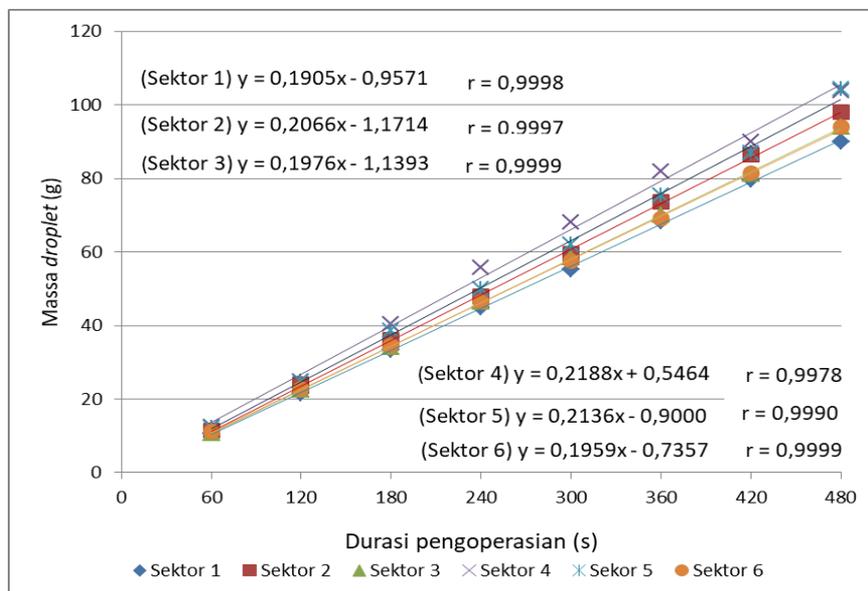


Gambar 4. Penempatan Nilai Berdasarkan Hasil Pengujian

Pengukuran massa *droplet* setiap *nozzle* untuk mengetahui debit setiap *nozzle* dan jumlah massa *droplet* yang dikeluarkan pada setiap sektor. Hasil pengukuran massa *droplet* dibuat grafik hubungan antara massa

*droplet* pada setiap durasi pengoperasian. Hasil nilai massa *droplet* setiap durasi pengoperasian disajikan pada Gambar 5. Hasil tersebut digunakan untuk menentukan persamaan regresi pada setiap sektor. Penentuan persamaan regresi pada setiap sektor digunakan untuk menentukan nilai massa *droplet* pada durasi pengoperasian tertentu. Persamaan regresi pada setiap sektor disajikan pada Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 5, nilai koefisien korelasi yang didapatkan dari semua sektor itu mendekati nilai satu, artinya hubungan antara durasi pengoperasian dengan massa *droplet* itu mendekati linear. Sektor 4 memiliki nilai koefisien korelasi yang lebih kecil dibandingkan dengan sektor lain yaitu 0,9978. Sektor 3 dan 6 memiliki nilai koefisien korelasi yang paling mendekati satu yaitu sebesar 0,9999. Sektor 4 memiliki massa *droplet* terbesar daripada sektor lain yaitu pada durasi pengoperasian 60, 180, 240, 300, 360, 420 dan 480 detik. Nilai massa *droplet* yang terbesar pada durasi pengoperasian 120 detik yaitu pada sektor 2 dan massa *droplet* terbesar pada durasi pengoperasian 480 adalah pada sektor 5. Nilai massa *droplet* yang terendah pada setiap durasi pengoperasian adalah pada sektor 1.



Gambar 5. Massa *droplet* pada setiap Durasi Pengoperasian

#### Analisis tekanan kerja pompa air

Pengukuran tekanan kerja pompa digunakan untuk mengetahui kinerja pompa pada saat sistem pendinginan pengabutan beroperasi dan mengetahui pengaruh jarak saluran dari bak penampung ke setiap pompa terhadap nilai tekanan kerja pompa. Hasil pengukuran tekanan kerja pompa setiap sektor disajikan pada Tabel 1. Hasil tekanan kerja pompa yang terkecil yaitu pada sektor 1 sebesar 143,3 psi dan terbesar yaitu pada sektor 6 sebesar 170,3 psi.

Berdasarkan denah *greenhouse* pada Gambar 3, bahwa jarak saluran air yang terjauh adalah pada sektor 1 dan memiliki nilai tekanan kerja yang paling kecil. Nilai tekanan kerja pompa dipengaruhi oleh jarak saluran air dari bak penampung menuju setiap inlet pompa (setiap sektor). Hal tersebut karena tekanan yang masuk pada inlet pompa (sektor 1) semakin berkurang, karena jarak saluran ke bak penampung itu jauh dan sudah melewati 5 sektor. Berdasarkan Gambar 4, nilai tekanan kerja pompa pada sektor 1 menghasilkan massa *droplet* yang lebih kecil dibandingkan dengan sektor lain. Hal ini menunjukkan bahwa nilai tekanan

kerja pompa akan mempengaruhi nilai massa *droplet*. Semakin kecil nilai tekanan kerja pompa maka massa *droplet* yang dikeluarkan akan semakin sedikit.

Tabel 1. Tekanan Kerja Pompa pada setiap Sektor

Sektor	Tekanan kerja pompa pada setiap durasi (psi)								Rata-rata (psi)
	60 sekon	120 sekon	180 sekon	240 sekon	300 sekon	360 sekon	420 sekon	480 sekon	
1	131,7	121,7	122,7	146,7	155,0	156,7	153,3	158,3	143,3
2	166,7	168,3	173,3	175,7	171,7	168,3	164,3	168,3	169,6
3	168,3	168,0	170,0	170,0	170,0	168,7	168,7	168,0	169,0
4	166,7	165,0	166,0	165,0	166,7	166,0	166,0	167,0	166,0
5	170,0	168,7	165,7	168,0	168,7	168,0	168,0	168,0	168,1
6	170,0	168,7	166,7	170,0	171,7	172,3	173,0	170,0	170,3

Berdasarkan Tabel 1, nilai tekanan kerja pompa air tersebut sudah memenuhi kriteria untuk digunakan dalam pengoperasian sistem pendinginan pengabutan. Pompa air yang digunakan dalam sistem pendinginan pengabutan pada *greenhouse* dapat beroperasi dengan baik (mampu mendorong air dengan tekanan tinggi) dan *nozzle* dapat mengeluarkan *droplet* dengan baik.

*Solenoid valve* digunakan untuk membuang tekanan sisa pada selang nylon tubing sehingga saat pompa dimatikan tidak ada air yang menetes dari mulut *nozzle*. *Solenoid valve* beroperasi selama 10 detik setelah pompa air dimatikan. Pengukuran massa air buangan dari *solenoid valve* dilakukan dalam satu siklus pengoperasian sistem pendinginan pengabutan. Nilai massa air buangan dari *solenoid valve* disajikan pada Tabel 2. Nilai rata-rata massa air yang terbuang dari *solenoid valve* terkecil adalah sektor 3 sebesar 193,2 g dan yang terbesar pada sektor 4 sebesar 249,5 g.

Tabel 2. Massa air buangan dari solenoid valve setiap sektor

Sektor	Massa air buangan dari <i>solenoid valve</i> pada setiap durasi (g)								Rata-rata (g)
	60 sekon	120 sekon	180 sekon	240 sekon	300 sekon	360 sekon	420 sekon	480 sekon	
1	236,2	255,6	252,2	246,0	250,8	240,3	257,4	246,8	248,2
2	252,0	248,7	245,8	236,2	245,0	220,9	231,9	242,1	240,3
3	216,8	187,2	180,3	187,6	178,9	194,6	201,5	198,9	193,2
4	251,5	254,2	232,1	261,7	248,1	251,3	247,4	250,0	249,5
5	232,9	240,6	239,2	244,0	245,5	243,0	247,8	241,0	241,8
6	235,2	235,7	234,4	243,3	229,1	226,0	227,2	232,3	232,9

## SIMPULAN

Hubungan antara massa *droplet* dengan durasi pengoperasian sangat berkorelasi. Jarak posisi pompa dengan bak penampung serta melewati beberapa pompa lainnya akan berpengaruh terhadap perubahan nilai tekanan kerja pompa dan jumlah massa *droplet* yang dikeluarkan. Rentang massa air terbuang dari *solenoid*

---

*valve* pada setiap sektor yaitu 193,2 g sampai 249,5 g. Perlu adanya kajian lanjutan mengenai penggunaan pompa *booster* untuk menambah tekanan air dari bak penampung ke *inlet* pompa air. Upaya tersebut diharapkan dapat menambah tekanan kerja pompa air dalam mengalirkan air dari bak penampung menuju ke setiap *nozzle*, sehingga *droplet* yang dikeluarkan menjadi lebih baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arbel, A., O. Yekuetieli and M. Barak. (1999) '*Performance of a Fog System for Cooling Greenhouses*'. Journal of Agricultural Engineering Research. No. 72, 129-136.
- Fahmy, F. H., H. M. Farghally., N. M. Ahmed and A. A. Nafeh. (2011) '*Modeling and Simulation of Evaporative Cooling System in Controlled Environment Greenhouse*', Electronics Research Institute. Vol. 3, No. 1, 67-71.
- Li, H. and S. Wang. (2015) '*Technology and Studies for Greenhouse Cooling*', World Journal of Engineering and Technology. Vol. 3, No. 3, Agustus 2015, 73-77.
- Nelson, P. V. (1981) '*Greenhouse Operation and Management 2<sup>nd</sup> Edition*' Virginia: Reston Publishing Company Inc.