

RANCANG BANGUN SISTEM PENYEMPROTAN *OVERHEAD* BERBASIS PANEL SURYA PADA TANAMAN ANGGUR

RAFIKO KHANZA PUTRANTO¹, DANDY ARDIANSYAH SURYANA², JOKO SETIYONO³

Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

Email: rafikokhanzaputranto@gmail.com¹, dandyardiansyahss@gmail.com², dosen00889@unpam.ac.id³

Abstract: *The spraying system for grape cultivation requires uniform fluid distribution to ensure that water and plant-supporting solutions can be applied effectively. This study aims to evaluate the performance of a solar-powered overhead spraying system integrated with a solar panel cooling system through fluid flow analysis and the use of different nozzle types. The piping installation uses ½-inch PVC pipes, with pipe specifications determined based on JIS K 6742, while the design of the spraying system and evaluation of spray characteristics refer to ASABE S330.1. Testing was conducted by observing pressure, flow rate, and head loss in the piping network, as well as comparing the spray characteristics produced by full cone nozzle and misting nozzle. The test results indicate a pressure decrease along the piping network due to energy losses; however, the fluid can still be distributed to the final spraying point. The full cone nozzle produces a higher flow rate and a more uniform spray distribution, whereas the misting nozzle produces finer droplets. The results demonstrate that applying JIS K 6742 for pipe selection and ASABE S330.1 for the spraying system can support the design of an effective solar-powered grape spraying system with an integrated configuration.*

Keywords: *overhead spraying system, fluid flow, head loss, nozzle, droplet.*

Abstrak: Sistem penyemprotan pada budidaya tanaman anggur membutuhkan distribusi fluida yang seragam agar pemberian air maupun larutan pendukung tanaman dapat dilakukan secara efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja sistem penyemprotan *overhead* berbasis panel surya yang terintegrasi dengan sistem pendingin panel melalui analisis aliran fluida dan penggunaan beberapa jenis *nozzle*. Instalasi perpipaan menggunakan pipa PVC berdiameter ½ inci dengan spesifikasi pipa yang ditentukan berdasarkan JIS K 6742, sedangkan perancangan sistem penyemprotan dan evaluasi karakteristik semprotan mengacu pada ASABE S330.1. Pengujian dilakukan dengan mengamati tekanan, debit, dan *head loss* pada jaringan perpipaan serta membandingkan karakteristik semprotan yang dihasilkan oleh *full cone nozzle* dan *misting nozzle*. Hasil pengujian menunjukkan adanya penurunan tekanan sepanjang jaringan perpipaan akibat kehilangan energi, tetapi fluida masih dapat dialirkan hingga titik penyemprotan terakhir. Penggunaan *full cone nozzle* menghasilkan debit yang lebih besar dan pola penyebaran semprotan yang lebih merata, sedangkan *misting nozzle* menghasilkan butiran cairan yang lebih halus. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan standar JIS K 6742 pada pemilihan pipa dan ASABE S330.1 pada sistem penyemprotan dapat mendukung perancangan sistem penyemprotan tanaman anggur berbasis energi surya yang terintegrasi dan efektif.

Kata Kunci: *sistem penyemprotan overhead, aliran fluida, head loss, nozzle, droplet*

A. Pendahuluan

Tanaman anggur merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan terus mengalami peningkatan minat untuk dibudidayakan di Indonesia. Keberhasilan budidaya tanaman anggur sangat dipengaruhi oleh proses pemeliharaan, khususnya penyemprotan air yang bertujuan menjaga kebutuhan air, kelembapan, serta Kesehatan tanaman. Namun, proses penyemprotan yang masih dilakukan secara manual memiliki berbagai keterbatasan, seperti distribusi cairan yang kurang merata, membutuhkan waktu dan tenaga kerja yang lebih besar, serta menurunkan efisiensi penggunaan air. Kondisi tersebut menyebabkan biaya operasional meningkat dan berpotensi menurunkan produktivitas

tanaman. Selain itu, pada beberapa daerah pertanian masih terdapat keterbatasan akses terhadap sumber listrik konvensional sehingga diperlukan sistem penyemprotan yang lebih sendiri dan hemat energi [1].

Pemanfaatan sistem penyemprotan otomatis berbasis energi surya menjadi salah satu alternatif yang dapat meningkatkan efisiensi proses budidaya. Penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem penyiraman otomatis pada *greenhouse* tanaman anggur menggunakan sensor suhu dan kelembapan yang mampu mengaktifkan pompa secara otomatis sesuai kondisi lingkungan. Meskipun demikian, sistem tersebut masih bergantung pada pasokan listrik konvensional sebagai sumber energi utama [1]. Penelitian lain mengenai sistem irigasi tetes pada budidaya tanaman anggur menunjukkan bahwa distribusi air secara langsung ke area perakaran mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air, namun cakupan penyiramannya masih terbatas pada zona akar sehingga belum mampu memberikan distribusi air secara merata pada seluruh bagian tanaman [2].

Salah satu metode yang berpotensi mengatasi keterbatasan tersebut adalah sistem penyemprotan *overhead*. Sistem ini mendistribusikan air dari atas tanaman melalui jaringan perpipaan dan *nozzle* sehingga menghasilkan pola penyemprotan menyerupai hujan alami dengan cakupan yang lebih merata pada seluruh bagian tanaman [3]. Agar sistem *overhead* dapat bekerja secara optimal, diperlukan perancangan instalasi perpipaan yang sesuai serta pemilihan *nozzle* yang mampu menghasilkan distribusi semprotan secara merata berdasarkan prinsip aplikasi cairan pertanian yang mengacu pada standar ASABE S330.1.

Sistem perpipaan yang digunakan juga harus memenuhi standar teknis agar mampu mempertahankan tekanan dan debit aliran selama proses penyemprotan berlangsung. Oleh karena itu, pemilihan pipa PVC pada penelitian ini mengacu pada standar JIS K 6742 mengenai pipa PVC-U untuk distribusi air bertekanan. Penerapan standar tersebut diharapkan mampu menjamin kualitas material perpipaan sehingga kehilangan tekanan (*head loss*) akibat karakteristik pipa dapat diminimalkan dan distribusi aliran menuju setiap *nozzle* menjadi lebih seragam.

Kinerja sistem penyemprotan tidak hanya dipengaruhi oleh konfigurasi mekanis, tetapi juga oleh karakteristik aliran fluida di dalam sistem perpipaan. Selama proses pengaliran, fluida mengalami penurunan tekanan akibat gesekan pada dinding pipa maupun hambatan dari sambungan, belokan, katup, dan percabangan yang dikenal sebagai *head loss*. Penurunan tekanan tersebut akan memengaruhi debit aliran, kecepatan fluida, serta kualitas semprotan yang dihasilkan oleh *nozzle*. Oleh karena itu, analisis terhadap parameter debit, tekanan, dan *head loss* menjadi bagian penting dalam perancangan sistem penyemprotan agar distribusi fluida tetap seragam hingga *nozzle* terakhir [4].

Selain karakteristik aliran fluida, jenis *nozzle* juga menjadi faktor utama yang menentukan kualitas penyemprotan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perbedaan jenis *nozzle* menghasilkan variasi pola semprotan dan ukuran *droplet* yang berpengaruh terhadap tingkat keseragaman distribusi cairan pada tanaman [5]. Konfigurasi *nozzle* yang tepat juga mampu meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk cair dan menghasilkan distribusi penyemprotan yang lebih merata [6]. Sementara itu, *full cone nozzle* dilaporkan mampu menghasilkan distribusi semprotan yang homogen dengan ukuran *droplet* sedang sehingga efektif digunakan pada aplikasi penyemprotan tanaman [7]. Di sisi lain, *misting nozzle* mampu menghasilkan *droplet* yang sangat halus dan efektif meningkatkan kelembapan lingkungan melalui pembentukan kabut air [8].

Masing-masing jenis *nozzle* memiliki karakteristik atomisasi yang berbeda. *Full cone nozzle* cenderung menghasilkan *droplet* berukuran sedang hingga kasar sehingga mampu mengurangi kehilangan semprotan akibat terbawa angin (*drift*), sedangkan *misting nozzle* menghasilkan *droplet* yang lebih halus dengan cakupan semprotan yang lebih luas. Pada tanaman anggur, karakteristik *droplet* menjadi aspek penting karena *droplet* yang terlalu besar akan mudah jatuh ke tanah sehingga mengurangi efisiensi penyemprotan, sedangkan *droplet* yang terlalu halus berpotensi terbawa angin sebelum mencapai permukaan daun. Oleh sebab

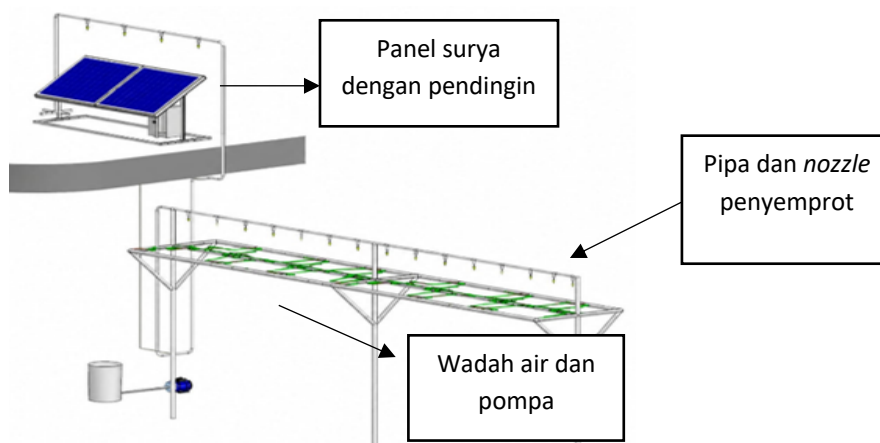
itu, pemilihan jenis *nozzle* harus mempertimbangkan karakteristik distribusi semprotan yang sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu, sebagian besar kajian masih berfokus pada pengembangan sistem penyemprotan otomatis, sistem irigasi, maupun sistem kontrol kelembapan. Sementara itu, kajian yang mengintegrasikan perancangan sistem penyemprotan *overhead* berbasis energi surya dengan analisis karakteristik aliran fluida, kehilangan tekanan pada sistem perpipaan, serta perbandingan karakteristik *droplet* antara *full cone nozzle* dan *misting nozzle* masih terbatas. Padahal, kombinasi ketiga aspek tersebut berperan penting dalam menghasilkan sistem penyemprotan yang efisien, hemat energi, dan mampu mendistribusikan cairan secara merata pada tanaman anggur.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis karakteristik aliran fluida pada sistem perpipaan penyemprotan tanaman anggur serta mengevaluasi pengaruh variasi *full cone nozzle* dan *misting nozzle* terhadap karakteristik *droplet* yang dihasilkan pada instalasi penyemprotan model *overhead* berbasis energi surya. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengembangan sistem penyemprotan tanaman yang memiliki distribusi fluida lebih merata, efisiensi penggunaan air yang lebih baik, serta mendukung penerapan teknologi pertanian berkelanjutan.

B. Metodologi penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental yang bertujuan untuk merancang sistem penyemprotan tanaman anggur yang terintegrasi dengan sistem pendinginan panel surya lalu menganalisis karakteristik aliran fluida pada sistem perpipaan penyemprotan tanaman anggur serta membandingkan karakteristik *droplet* yang dihasilkan oleh *full cone nozzle* dan *misting nozzle*. Penelitian dilakukan di desa Warujaya, Kec. Parung, Kabupaten Bogor, Jawa Barat yang diawali dengan rancangan konsep, mempersiapkan alat dan bahan, fabrikasi, serta media pengujian. Selanjutnya adalah dengan melakukan pengujian menggunakan alat ukur. Penelitian diawali dengan perancangan dan pembuatan sistem penyemprotan *overhead* yang terintegrasi dengan sistem pendinginan panel surya. Tahapan penelitian meliputi perancangan sistem, konfigurasi jaringan perpipaan, perancangan sistem penyemprotan, fabrikasi dan perakitan, pengujian karakteristik aliran, serta analisis hasil pengujian *nozzle*. Sistem penyemprotan menggunakan satu sumber fluida dan satu pompa, dengan pemilihan spesifikasi pipa mengacu pada JIS K 6742 dan perancangan konsep penyemprotan mengacu pada ASABE S330.1.



Gambar 1. Rancangan Sistem Penyemprotan *Overhead* Dengan Pendingin Panel Surya

Rancangan tersebut menjadi dasar dalam menentukan konfigurasi jalur perpipaan, penempatan komponen, dan proses perakitan sistem jalur pipa.

Jalur perpipaan dirancang menggunakan satu pompa sebagai sumber distribusi fluida yang kemudian dibagi menjadi jalur penyemprotan tanaman dan jalur pendinginan panel

surya. Pembagian aliran dikendalikan menggunakan dua *ball valve*, yaitu *Valve 1* untuk mengatur aliran menuju jalur tanaman dan *Valve 2* untuk mengatur aliran menuju jalur pendinginan.

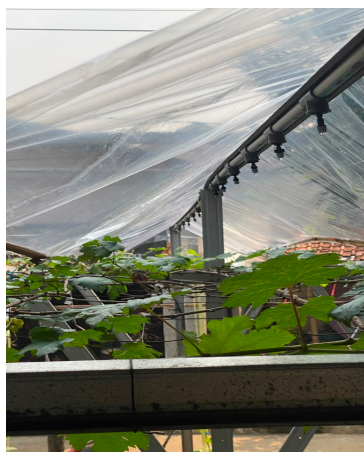
Sistem penyemprotan dirancang dengan konsep *overhead*, yaitu jaringan penyemprotan ditempatkan pada bagian atas area tanaman sehingga fluida diaplikasikan dari arah atas. Konsep penyemprotan mengacu pada ASABE S330.1, sedangkan pemilihan spesifikasi pipa PVC disesuaikan dengan JIS K 6742. Jaringan penyemprotan menggunakan 15 *nozzle* yang ditempatkan sepanjang jalur penyemprotan untuk mendukung distribusi fluida pada area tanaman.

Berikut merupakan langkah-langkah perancangan, fabrikasi, dan pengambilan data selama pengujian ini dilakukan:

- 1) Merancang konsep sistem penyemprotan tanaman dengan model *overhead* berdasarkan acuan ASABE S330.1, serta mengintegrasikan sistem pendingin panel surya.
- 2) Menentukan jarak pemasangan *nozzle* mengacu pada ASABE S330.1 guna mencapai luasan *droplet* yang optimal.
- 3) Menyusun konfigurasi jaringan perpipaan menggunakan pipa PVC kelas AW berdiameter $\frac{1}{2}$ inci yang mengacu pada standar JIS K 6742.
- 4) Memasang komponen kelistrikan surya, serta menyiapkan variasi *full cone nozzle* dan *misting nozzle* pada jalur penyemprotan.
- 5) Mengukur tekanan fluida dan menghitung debit air dengan metode volumetrik secara tiga kali pengulangan pada *nozzle* awal, tengah, dan akhir.
- 6) Mengukur luasan cakupan cairan secara visual pada media uji untuk membandingkan kinerja *full cone* dan *misting nozzle*.
- 7) Menghitung *head loss* berdasarkan data.

C. Pembahasan dan Analisa

Hasil perancangan menunjukkan bahwa sistem penyemprotan *overhead* telah direalisasikan pada area budidaya tanaman anggur. Jaringan perpipaan dipasang pada bagian atas tanaman dan dilengkapi *nozzle* yang tersusun sepanjang jalur penyemprotan. Konfigurasi tersebut menghasilkan sistem aplikasi fluida dari arah atas sesuai dengan konsep penyemprotan *overhead* yang digunakan dalam perancangan. Pipa yang digunakan berjenis AW agar aman untuk digunakan dalam aliran yang bertekanan. Hal ini sesuai dengan standar JIS K 6742 yang dijadikan acuan sebagai pemilihan pipa.



Gambar 2. Sistem penyemprotan overhead

Berdasarkan hasil realisasi, posisi jaringan perpipaan berada di atas tajuk tanaman sehingga memungkinkan fluida diaplikasikan dari arah atas. Pemasangan *nozzle* secara berurutan pada jaringan menunjukkan bahwa rancangan penyemprotan telah diwujudkan

sesuai konfigurasi yang direncanakan. Hasil ini menjadi dasar untuk tahap pengujian karakteristik aliran dan performa *nozzle* pada sistem.



Gambar 3. Konfigurasi jalur pipa

Hasil realisasi menunjukkan bahwa sistem penyemprotan *overhead* tanaman anggur diintegrasikan dengan sistem pendinginan panel surya menggunakan satu pompa dan satu wadah air sebagai sumber fluida yang sama. Fluida dari wadah dialirkan oleh pompa menuju jaringan perpipaan yang terhubung dengan kedua sistem. Pembagian aliran menuju sistem penyemprotan dan pendinginan diatur menggunakan dua *ball valve* sesuai dengan fungsi masing-masing jalur. Integrasi tersebut memungkinkan kedua sistem bekerja dalam satu instalasi dengan sumber fluida dan pompa yang sama.

Hasil fabrikasi tersebut kemudian dilakukan penelitian, dimulai dengan menguji variasi *nozzle* untuk menganalisa aliran dalam pipa, debit air, tekanan fluida, dan *head loss* berdasarkan *droplet* yang dihasilkan.

Tabel 1. Distribusi debit *nozzle*

No.	Titik Pengukuran	<i>Full cone</i> (L/menit)	<i>Misting</i> (L/menit)
1	<i>Nozzle 1</i>	1,05	0,29
2	<i>Nozzle 8</i>	1,18	0,29
3	<i>Nozzle 15</i>	1,20	0,22
Rata-rata		1,14	0,27

Debit aliran dihitung menggunakan metode volumetrik berdasarkan perbandingan antara volume fluida yang tertampung dengan waktu pengukuran, yang dinyatakan dengan persamaan:

$$Q = \frac{v}{t}(1)$$

Keterangan:

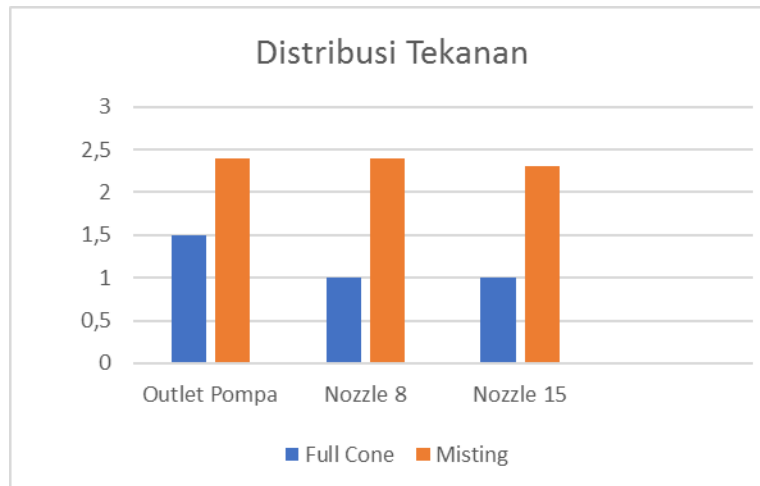
Q = debit aliran (L/s)

v = volume fluida (L)

t = waktu pengukuran (s)

Berdasarkan Tabel 1, distribusi debit menunjukkan bahwa penggunaan *full cone nozzle* menghasilkan debit yang lebih tinggi dibandingkan *misting nozzle* pada seluruh titik pengukuran. Pada *nozzle 1*, *full cone* menghasilkan debit sebesar 1,05 L/menit, kemudian meningkat menjadi 1,18 L/menit pada *nozzle 8* dan 1,20 L/menit pada *nozzle 15*. Sementara itu, *misting nozzle* menghasilkan debit sebesar 0,29 L/menit pada *nozzle 1* dan *nozzle 8*,

kemudian menurun menjadi 0,22 L/menit pada *nozzle* 15. Nilai rata-rata debit *full cone* sebesar 1,14 L/menit, sedangkan *misting nozzle* sebesar 0,27 L/menit. Perbedaan debit antara kedua jenis *nozzle* dipengaruhi oleh karakteristik konstruksi *nozzle*. *Full cone nozzle* memiliki bukaan aliran yang memungkinkan debit lebih besar sehingga volume air yang disemprotkan lebih banyak. Sebaliknya, *misting nozzle* memiliki *orifice* yang lebih kecil sehingga debit yang dihasilkan lebih rendah, tetapi proses atomisasi menjadi lebih baik.



Gambar 4 Grafik distribusi tekanan antara kedua nozzle

Berdasarkan grafik distribusi tekanan, terlihat adanya perbedaan karakteristik tekanan antara penggunaan *full cone nozzle* dan *misting nozzle* sepanjang jaringan perpipaan. Pada *full cone nozzle*, tekanan pada *outlet* pompa sebesar 1,5 bar kemudian mengalami penurunan menjadi 1,0 bar pada *nozzle* ke-8 dan tetap sebesar 1,0 bar hingga *nozzle* ke-15. Kondisi tersebut menunjukkan adanya penurunan tekanan sebesar 0,5 bar sepanjang jaringan. Sementara itu, pada *misting nozzle* tekanan *outlet* pompa sebesar 2,4 bar dan tetap sebesar 2,4 bar pada *nozzle* ke-8, kemudian sedikit menurun menjadi 2,3 bar pada *nozzle* ke-15. Dengan demikian, penurunan tekanan pada *misting nozzle* hanya sebesar 0,1 bar. Perbedaan distribusi tekanan tersebut menunjukkan bahwa karakteristik *nozzle* turut mempengaruhi kondisi aliran fluida di dalam sistem perpipaan. *Full cone nozzle* membutuhkan debit yang lebih besar sehingga kehilangan energi sepanjang pipa menjadi lebih tinggi. Sebaliknya, *misting nozzle* bekerja dengan debit yang lebih kecil sehingga tekanan dapat dipertahankan hingga mendekati ujung sistem perpipaan.

Secara umum, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem perpipaan PVC berdiameter ½ inch masih mampu mendistribusikan tekanan ke seluruh jaringan *nozzle* pada kedua variasi pengujian. Meskipun terjadi penurunan tekanan, tekanan yang tersedia pada *nozzle* terakhir masih berada dalam rentang kerja yang memungkinkan *nozzle* menghasilkan penyemprotan sesuai fungsinya.

Untuk menganalisis aliran fluida dalam pipa, digunakan persamaan yang sesuai dengan penelitian sebelumnya [4]. Untuk mengukur kecepatan fluida menggunakan persamaan:

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

Keterangan:

v = Kecepatan atau laju aliran (m/s)

Q = Debit aliran (m³/s)

A = Luas penampang pipa (m²)

Selanjutnya untuk menghitung *head loss* atau kehilangan energi akibat gesekan sepanjang pipa (*head loss mayor*) dihitung menggunakan persamaan Darcy-Weisbach, yaitu:

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

Keterangan:

h_f = *head loss* mayor (m)

f = faktor gesek (didapatkan dari diagram *moody*)

L = Panjang pipa (m)

D = Diameter pipa (m)

v = kecepatan aliran fluida dalam pipa (m/s)

g = Gravitasi bumi = 9,81 (m/s²)

untuk menghitung kehilangan energi pada komponen perpipaan seperti sambungan dan katup dihitung sebagai *head loss* minor menggunakan persamaan:

$$h_M = k \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

Keterangan:

h_M = *head loss* minor (m)

k = koefisien kehilangan

v = kecepatan aliran (m/s)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

Tabel 2. Data perhitungan

Parameter	Nilai
Panjang pipa vertikal	2,0 m
Panjang pipa horizontal	5,8 m
Panjang total pipa	7,8 m
Diameter dalam pipa	0,0158 m
Debit pompa	25 L/menit = 0,0004167 m ³ /s
Faktor gesek Darcy	0,022
Percepatan gravitasi	9,81 m/s ²
Kecepatan aliran	2,07 m/s
<i>Head loss</i> mayor	2,34 m
<i>Head loss</i> minor	2,50 m
Total <i>head loss</i>	4,84 m

Berdasarkan Tabel 2, sistem perpipaan memiliki panjang total 7,8 m yang terdiri atas pipa vertikal sepanjang 2,0 m dan pipa horizontal sepanjang 5,8 m, dengan diameter dalam pipa sebesar 0,0158 m. Pada debit pompa sebesar 25 L/menit atau 0,0004167 m³/s, kecepatan aliran yang diperoleh sebesar 2,07 m/s. Nilai tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan kehilangan energi selama fluida mengalir melalui jaringan perpipaan. Berdasarkan perhitungan Darcy-Weisbach, diperoleh *head loss* mayor sebesar 2,34 m, sedangkan *head loss* minor yang berasal dari komponen seperti sambungan dan katup sebesar 2,50 m. Dengan demikian, total *head loss* yang terjadi pada sistem mencapai 4,84 m. Nilai *head loss* minor yang lebih besar dibandingkan *head loss* mayor menunjukkan bahwa komponen lokal pada jaringan perpipaan memberikan kontribusi kehilangan energi yang

cukup besar selain gesekan sepanjang pipa. Hasil tersebut menunjukkan bahwa konfigurasi jaringan perpipaan, panjang pipa, diameter pipa, serta keberadaan sambungan dan katup perlu diperhatikan dalam perancangan agar kehilangan energi dapat dikendalikan dan tekanan yang tersedia pada *nozzle* tetap mencukupi.

Tabel 3. Data hasil pengujian

No.	Parameter	<i>Full cone</i>	<i>Misting</i>
1	Tekanan <i>outlet</i> pompa (bar)	1,5	2,4
2	Tekanan <i>nozzle</i> ke-8 (bar)	1,0	2,4
3	Tekanan <i>nozzle</i> ke-15 (bar)	1,0	2,3
4	Penurunan tekanan (bar)	0,5	0,1
5	Debit rata-rata <i>nozzle</i> (L/menit)	1,14	0,27
6	Luasan <i>droplet</i> (cm)	25	30

Berdasarkan Tabel 3, terdapat perbedaan karakteristik kinerja antara *full cone nozzle* dan *misting nozzle* pada sistem penyemprotan *overhead*. Pada *full cone nozzle*, tekanan *outlet* pompa sebesar 1,5 bar mengalami penurunan menjadi 1,0 bar pada *nozzle* ke-8 dan tetap sebesar 1,0 bar pada *nozzle* ke-15, sehingga penurunan tekanan total mencapai 0,5 bar. Sementara itu, *misting nozzle* memiliki tekanan *outlet* pompa sebesar 2,4 bar, kemudian menjadi 2,4 bar pada *nozzle* ke-8 dan 2,3 bar pada *nozzle* ke-15 dengan penurunan tekanan sebesar 0,1 bar. Perbedaan penurunan tekanan tersebut menunjukkan bahwa karakteristik aliran pada masing-masing *nozzle* memengaruhi respons tekanan sepanjang jaringan perpipaan. Dari sisi debit, *full cone nozzle* menghasilkan debit rata-rata sebesar 1,14 L/menit, sedangkan *misting nozzle* hanya sebesar 0,27 L/menit. Kondisi tersebut sejalan dengan hasil pengukuran luasan droplet, yaitu 25 cm pada *full cone nozzle* dan 30 cm pada *misting nozzle*. Dengan demikian, *full cone nozzle* memberikan debit dan luasan penyebaran yang lebih besar, sedangkan *misting nozzle* menghasilkan debit yang lebih rendah dengan karakteristik atomisasi yang lebih halus. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemilihan *nozzle* perlu disesuaikan dengan kebutuhan aplikasi penyemprotan, karena perbedaan karakteristik *nozzle* menghasilkan perbedaan tekanan, debit, dan cakupan penyemprotan pada sistem *overhead*.

D. Penutup

Berdasarkan hasil penelitian, perancangan dan fabrikasi sistem penyemprotan *overhead* berbasis panel surya berhasil direalisasikan dengan menggunakan jaringan perpipaan PVC ½ inci yang mengacu pada JIS K 6742 serta konsep dan penempatan *nozzle* yang mengacu pada ASABE S330.1. Sistem yang dibuat mampu mendistribusikan fluida dari pompa hingga *nozzle* terakhir dan terintegrasi dengan sistem pendinginan panel surya.

Hasil analisis aliran menunjukkan adanya kehilangan tekanan sepanjang jaringan perpipaan. Berdasarkan perhitungan diperoleh *head loss* mayor sebesar 2,34 m, *head loss* minor sebesar 2,50 m. Meskipun terjadi kehilangan energi, sistem masih mampu mengalirkan fluida hingga titik penyemprotan terakhir.

Pada variasi *nozzle*, *full cone nozzle* menghasilkan debit rata-rata sebesar 1,14 L/menit dengan luasan penyebaran 25 cm, sedangkan *misting nozzle* menghasilkan debit rata-rata sebesar 0,27 L/menit dengan luasan penyebaran 30 cm. Berdasarkan hasil pengujian, *misting nozzle* menjadi *nozzle* yang paling sesuai untuk aplikasi penyemprotan tanaman karena menghasilkan butiran yang lebih halus serta cakupan penyemprotan yang lebih luas dan merata. Penerapan ASABE S330.1 dalam penentuan konsep *overhead* dan jarak pemasangan *nozzle* mendukung tercapainya distribusi droplet yang lebih merata pada area tanaman.

Dengan demikian, *misting nozzle* lebih unggul untuk kebutuhan penyemprotan tanaman anggur, sedangkan *full cone nozzle* lebih unggul dalam menghasilkan debit yang lebih besar.

Kekurangan dalam penelitian ini adalah pengoperasian sistem untuk penyemprotan yang masih manual, sehingga saran untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan sistem penyemprotan menjadi lebih otomatis dengan menambahkan rangkaian kontrol yang dapat mengatur kerja pompa berdasarkan kondisi yang telah ditentukan. Sistem dapat dilengkapi sensor suhu dan kelembapan untuk menentukan waktu penyemprotan serta mengatur sistem pendinginan panel surya secara otomatis. Dengan penambahan sistem kontrol tersebut, diharapkan pengoperasian sistem menjadi lebih praktis dan responsif terhadap kondisi lingkungan

Daftar Pustaka

- [1] D. Trias *et al.*, “Perancangan Sistem Penyiraman Otomatis Pada Greenhouse Guna Meningkatkan Kualitas Bibit Tanaman Anggur (*Vitis vinifera*) Di Daerah Sidoarjo,” *JEECOM*, vol. 4, no. 1, 2022.
- [2] E. Apriliasi, “EFEKTIVITAS IRIGASI TETES (DRIP IRRIGATION) PADA TANAMAN ANGGUR DI WILAYAH AGROWISATA KAMPUNG KERANGGAN,” *axial : jurnal rekayasa dan manajemen konstruksi*, vol. 13, no. 2, p. 095, Aug. 2025, doi: 10.30742/axial.v13i2.4679.
- [3] S. Wahyudi, E. Noerhayati, and Azizah Rachmawati, “Sistem Kinerja Alat Irigasi Curah (Sprinkler) Berbasis MikrokontrolerIoT (Internet Of Things),” 2021.
- [4] M. Luthfi and T. Yulianto, “Rancang Bangun Prototipe Fluid Friction Apparatus untuk Menganalisis Kehilangan Energi (*Head loss*) dengan Varias Diameter Pipa,” *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, vol. 5, no. 1, pp. 29–35, Jun. 2023, doi: 10.26740/proteksi.v5n1.p29-35.
- [5] V. I. Sari and A. D. Prasetyo, “PERBEDAAN PENGGUNAAN *NOZZLE* POLIJET DAN FLAT FAN PADA KALIBRASI PENYEMPROTAN KNAPSACK SPRAYER,” *Jurnal Pertanian Presisi (Journal of Precision Agriculture)*, vol. 5, no. 1, pp. 1–12, 2021, doi: 10.35760/jpp.2021.v5i1.3682.
- [6] D. Shofa *et al.*, “Rancang Bangun Mesin Pemberi Pupuk Cair Otomatis Hemat Daya Berbasis Iot untuk Budidaya Tanaman Organik,” 2021. [Online]. Available: <https://jurnal.polines.ac.id/index.php/rekayasa>
- [7] G. Pramuhadi, A. J. Sidik, and A. M. Haljauhari, “Analysis of the Performance of Liquid Fertilization in Cucumber Cultivation,” *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, vol. 12, no. 2, p. 374, Apr. 2023, doi: 10.23960/jtep-l.v12i2.374-383.
- [8] D. K. Anta, “COVER SISTEM KONTROL KELEMBAPAN BERBASIS NEURO FUZZY PADA CLOSED PLANT PRODUCTION SYSTEM,” 2022.