



UJI PERFORMA PROTOTIPE MESIN PENDINGIN AIR KAPASITAS 500 LITER UNTUK MEDIA HIDROPONIK

Eky Roskiana^{1}, Ega Taqwali Berman¹, dan Mutaufiq¹*

¹Departemen Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Pendidikan Indonesia

*Email: ekyroskiana@gmail.com

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 29/04/2018
Naskah Direvisi 30/04/2018
Naskah Disetujui 30/04/2018
Naskah Online 30/04/2018

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data performa sistem pendingin air kapasitas 500 liter. Metode penelitian yang digunakan yaitu eksperimen. Pada penelitian ini kapasitas air sejumlah 500 liter. Penelitian ini difokuskan pada pendinginan air yang di tampung pada bak air kapasitas 500 liter. Penelitian dilakukan dengan tahapan mengisi air pada bak sampai 500 liter, kemudian nyalakan mesin pendingin. Mesin pendingin tersebut menggunakan sistem kompresi uap. Pendinginan air dilakukan selama 12 jam. Parameter yang di ukur adalah perubahan temperatur ($^{\circ}\text{F}$), tekanan discharge (psig), tekanan suction (psig), dan kuat arus (ampere). Parameter dicatat setiap interval 30 menit. Ketika waktu sudah sampai 12 jam maka mesin dimatikan. Hasil penelitian menunjukkan penurunan suhu sebesar $14,8^{\circ}\text{F}$, dari suhu awal $73,4^{\circ}\text{F}$ sampai $58,6^{\circ}\text{F}$. Daya listrik yang di butuhkan mesin adalah sebesar 299 watt. Hasil analisis efek refrigerasi mencapai nilai tertinggi 90 Btu/lb pada menit ke-720. Analisis kerja kompresi mencapai nilai terendah 28,1 Btu/lb pada menit ke-0. Analisis nilai koefisien performa mesin mencapai nilai tertinggi 3,19 pada menit ke-0. Air dingin pada toren disirkulasikan ke reservoir hidroponik sehingga akan berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman hidroponik.

Kata kunci: hidroponik, mesin pendingin, air dingin, zone cooling.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang pertanian semakin tahun semakin pesat. Umumnya petani Indonesia saat ini masih menggunakan teknologi konvensional, sehingga tidak akan memperoleh keuntungan yang maksimal. Peningkatan produktivitas dengan budidaya konvensional semakin sulit dilakukan karena luas lahan yang semakin terbatas, kondisi kesuburan tanah menurun, dan riskan terhadap erosi tanah (Suharto et al, 2016). Sehingga teknologi hidroponik perlu di kembangkan agar petani lebih optimal dalam mengolah pertaniannya.

Tanaman hidroponik harus diperhatikan dalam perawatannya, salah satunya pengelolaan air dan unsur hara sehingga tercapai hasil yang maksimum. Indonesia merupakan kawasan yang dilewati oleh garis khatulistiwa yang menerima sinar radiasi matahari sangat tinggi. Menurut Suhardiyanto et al. (2009), suhu yang terlampaui tinggi di dalam *green house* akan mengakibatkan *stress* pada tanaman. Sejak tahun 1990-

an, telah dikembangkan sistem *zone cooling* (pendinginan terbatas) dimana pendinginan tidak dilakukan terhadap keseluruhan volume udara di dalam rumah tanaman, hanya dikondisikan daerah sekitar tanaman yang paling membutuhkan dengan menggunakan *Air Conditioning* (AC). Budidaya tanaman secara hidroponik akan lebih tepat melakukan pendinginan larutan nutrisi daripada melakukan pendinginan udara lingkungan dengan menggunakan mesin AC. Menurut Hancock et al. (2013), suhu siang hari yang optimum bagi pertumbuhan tanaman kentang adalah sekitar $14-22^{\circ}\text{C}$.

Tingginya suhu udara di wilayah Indonesia merupakan sebuah hambatan bagi petani tanaman hidroponik, sehingga perlu adanya perlakuan khusus untuk mengkondisikan air sebagai media tanam hidroponik supaya pertumbuhannya lebih optimum. Suhardiyanto et al. (2007) melakukan penelitian memanfaatkan suhu di dalam tanah yang lebih rendah daripada di atas tanah yang diharapkan mampu

menurunkan suhu larutan nutrisi sebelum dialirkan ke daerah perakaran dengan murah karena hanya memerlukan pompa untuk mensirkulasikan larutan. Pendinginan terbatas lebih efisien daripada melakukan pengkondisian suhu di rumah tanaman (AC) yang membutuhkan energi sangat besar (Choerunnisa, 2015). Sehingga untuk petani kelas menengah ke bawah akan menjadi beban dalam hal ekonomis karena akan memperhitungkan biaya mesin, konsumsi listrik, dan material pendukungnya.

Menurut Sumarni et al. (2013) suhu perakaran mempengaruhi proses fisiologi pada akar, seperti penyerapan air, nutrisi dan mineral. Menurut Matsuoka et al. (1992) suhu daerah perakaran tanaman tomat yang dipertahankan pada tingkat 21 sampai 23 °C ternyata mendukung pertumbuhan tanaman lebih baik dalam sistem NFT. Menurut Lovatt et al. (1997) suhu ideal untuk pementukan ubi adalah sekitar 15-20 °C. Kelembaban rata-rata untuk pertumbuhan tanaman kentang adalah 80-90%. Kelembaban berpengaruh terhadap evapotranspirasi dan proses transport air dan nutrisi dari akar ke tajuk tanaman (Struik, 2008). Menurut Choerunnisa et al. (2015) sehingga untuk mendapatkan suhu larutan nutrisi 20 °C pada posisi outlet dari pipa utama berbahan pvc ¾ inchi tanpa insulasi dengan panjang pipa 20 m maka suhu larutan nutrisi pada posisi outlet harus 18.06 °C, jika pipa menggunakan insulasi maka suhu larutan nutrisi cukup dengan 20 °C karena suhu sepanjang pipa akan seragam.

Upaya yang dilakukan untuk menurunkan temperatur air larutan nutrisi sebagai cara meningkatkan hasil panen tanaman hidroponik telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya. Suhardiyanto et al. (2007) melakukan penelitian memanfaatkan suhu dingin permukaan dalam tanah untuk sistem hidroponik, penempatan tangki air dalam tanah terdapat selisih 1,2 sampai 2,7 °C dengan di atas permukaan tanah. Selanjutnya, air dalam tangki dipompa sehingga mengalir melalui pipa vertikal menuju ke emiter. Metode pendinginan dengan efek lingkungan di dalam tanah dapat digunakan untuk *zone cooling* dengan menempatkan tangki di dalam tanah dengan kedalaman tertentu. Kemudian Sumarni et al. (2013) melakukan penelitian pendinginan zona perakaran (*root zone cooling*) pada produksi benih kentang menggunakan sistem aeroponik, bahwa kendala budidaya kentang di dataran rendah adalah suhu yang tinggi. Suhu yang tinggi akan menyebabkan *stress* dan menghambat inisiasi umbi kentang, oleh karena itu dilakukan penelitian dengan tiga suhu pendinginan pada zona perakaran yaitu dilakukan perlakuan pada suhu 10, 15, dan 20 °C dan pada suhu ruangan rumah kaca sebagai kontrol. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah dan bobot umbi tertinggi selama 90 hari diperoleh pada suhu zona pendinginan akar 10 °C disusul dengan suhu zona akar 15 dan 20 °C, sedangkan pada perlakuan kontrol tidak menghasilkan umbi.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang bangun prototipe mesin pendingin air kapasitas 500 liter untuk media hidroponik. Penelitian ini diharapkan

memberikan manfaat kepada masyarakat. Khususnya para petani dan pembudidaya tanaman hidroponik.

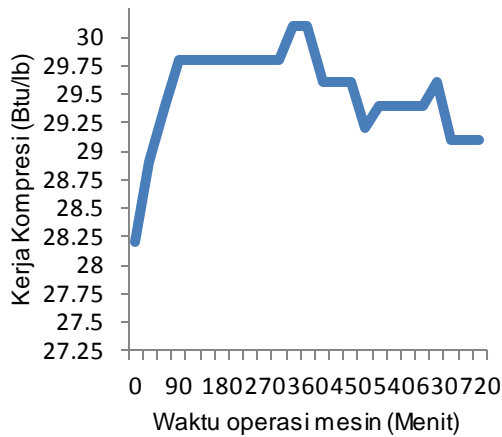
2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan di *workshop* Refrigerasi dan Tata Udara, Departemen Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Pendidikan Teknik dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah: 1.) Alat ukur seperti tang *ampere* tipe SMC87, *manifold gauge* merk Robinair, dan *thermometer digital*; 2.) Alat utama adalah kompresor merk Fuji-Kobe kapasitas ¼ Pk, kondensor jenis *air cooled* ukuran 10 U, pipa kapiler ukuran ID 0,3 mm dengan panjang 3 meter, dan evaporator jenis *plate* ukuran 82 cm x 24 cm; 3.) Komponen tambahan adalah refrigerant R134a merk Klea, *fan* kondensor dan pompa air merk Multi-pro kapasitas daya 125 watt.

Mesin pendingin air yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1 yang telah dirancang untuk mendapatkan data penelitian. Parameter data yang diambil adalah tekanan *suction* (psig), tekanan *discharge* (psig), kuat arus (ampere), pencapaian temperatur air (°C), h_1 adalah entalpi awal evaporasi (Btu/lb), h_2 adalah entalpi akhir evaporasi (Btu/lb), dan h_3 adalah entalpi akhir kompresi (Btu/lb). Pengambilan data dilakukan setiap 30 menit sekali selama 12 jam.

Prinsip kerja mesin pendingin air hidroponik ini adalah sama dengan sistem kompresi uap. Secara prinsip, mesin pendingin ini sama halnya dengan chiller yang mana evaporator di tanam di dalam tangki penampung air dengan refrigerant primer R134a. Diawali dengan proses kompresi yang dilakukan oleh kompresor terhadap refrigerant wujud uap dimana tekanan dan temperatur refrigerant naik, pada keadaan ini terjadi proses entropik dimana entalpi refrigerant meningkat sedangkan entropinya tetap. Kemudian refrigerant masuk ke kondensor, terjadi pertukaran kalor antara sistem dengan lingkungan maka terjadi perubahan fasa pada kondensor ini refrigerant berubah dari uap menjadi cair (mengembun). *Fan* berfungsi sebagai alat pembantu mempercepat pertukaran kalor. Setelah meninggalkan kondensor refrigerant masuk ke alat ekspansi, pada bagian ini terjadi penurunan tekanan dan temperatur pada refrigerant. Wujud refrigerant pada bagian ini adalah campuran (*mix*), dan terjadi proses isoentalpi dimana kandungan entalpi adalah konstan. Kemudian refrigerant masuk ke dalam evaporator. Pada bagian ini wujud refrigerant adalah cair dengan suhu rendah, terjadi perubahan fasa pada refrigerant menjadi uap karena adanya pertukaran temperatur dengan produk yang berupa air. Sehingga akan menghasilkan air dingin pada bagian ini. Terjadi proses isobar dimana tekanan refrigerant adalah konstan.

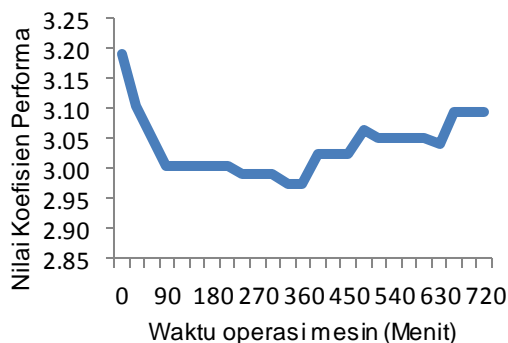
Langkah kerja untuk mengoperasikan mesin ini pertama adalah isi air pada bak penampung sampai penuh 500 liter. Langkah berikutnya masukan *bulb thermometer digital* pada air yang ada di dalam toren. Kemudian hubungkan tang amper dengan kabel *power supply*. Selanjutnya sambungkan kabel *power supply* ke sumber listrik. Kemudian tekan saklar pada panel



Gambar 3. Nilai kerja kompresi mesin pendingin air hidroponik terhadap waktu operasi mesin

3.3 Koefisien Performa Sistem

Ketika mesin *running* dari menit ke-0 hingga menit ke-90 nilai koefisien performa mesin turun signifikan dari 3,19 menjadi 3,00. Kemudian dari menit ke- 90 sampai menit ke- 210 nilai koefisien performa adalah konstan pada nilai 3,00. Selanjutnya dari menit ke- 210 hingga menit ke- 360 masih terjadi penurunan nilai koefisien dari 3,00 menjadi 2,97. Pada menit ke- 390 hingga menit ke- 480 mengalami kenaikan nilai koefisien performa dari 3,02 menjadi 3,07. Nilai koefisien turun kembali pada menit ke- 510 sampai menit ke- 630 dari nilai 3,05 menjadi 3,04. Nilai koefisien performa meningkat dan konstan menjadi 3,09 dari menit ke- 660 sampai menit ke- 720. Indikator terbaik suatu mesin pendingin adalah memiliki nilai koefisien performa yang tinggi. Gambar 4 menggambarkan grafik nilai koefisien performa mesin. Kenaikan dan penurunan nilai koefisien performa mesin dipengaruhi oleh nilai efek refrigerasi dan kerja kompresi. Semakin besar nilai efek refrigerasi dan semakin kecil nilai kerja kompresi akan menghasilkan performa mesin yang baik (Berman dan Hasan, 2015).



Gambar 4. Nilai koefisien performa mesin pendingin air hidroponik terhadap waktu operasi mesin

3.4 Daya Aktif

Daya aktif merupakan daya listrik yang terpakai untuk melakukan energi sebenarnya. Pada saat *running* hingga mesin berhenti jumlah arus yang terukur adalah konstan. Arus yang terukur adalah 1,7 Ampere. Untuk

mengetahui jumlah daya aktif yang dibutuhkan mesin menggunakan rumus:

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

Daya aktif disimbolkan dengan P satuannya adalah watt. Tegangan listrik disimbolkan dengan V satuannya adalah volt, umumnya tegangan listrik untuk 1 fasa adalah 220 volt. Kuat arus disimbolkan dengan I satuannya adalah ampere. Sedangkan $\cos \phi$ adalah faktor daya, umumnya faktor daya memiliki nilai 0,7 – 0,8, namun pada analisis ini di ambil faktor daya yang terbesar. Sehingga diperoleh daya aktif yang terhitung pada mesin pendingin air adalah sebesar 299 watt.

4. KESIMPULAN

Penelitian uji performa prototipe mesin pendingin air kapasitas 500 liter untuk media hidroponik telah selesai dilaksanakan. Menggunakan kompresor kapasitas 2300 Btu/hr (1/4 Pk) mampu menurunkan suhu air sebesar 14,8 °F, dari suhu awal 73,4 °F sampai 58,6 °F selama 720 menit (12 jam). Daya aktif yang terhitung adalah 299 watt. Jumlah refrigerant yang terisi adalah sebanyak 100 gram menghasilkan efek refrigerasi terbaik yaitu 90 Btu/lb pada menit ke- 720. Kerja kompresi kecil 29,1 Btu/lb pada menit ke-0. Nilai koefisien performa mesin terbaik 3,19 pada menit ke- 0.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Berman, E.T., Hasan, S., (2015). "Analisis Performa Refrigeran R 290 pada Sistem AC yang menggunakan *Accumulator Heat Exchanger*". Jurnal Energi dan Manufaktur, Vol. 8(1): 95-98.
- Choerunnisa, N., Suhardiyanto, H. (2015). "Analisis Pindah Panas pada Pipa Utama Sistem Hidroponik dengan Pendinginan Larutan Nutrisi". JTEP Jurnal Keteknikan Pertanian. 3(1): 1-8.
- Correa, R.M., J.E.B.P. Pinto, A.A.B.P. Pinto, V. Faquin, E.S. Reis, A.B. Monteiro, W.E. Dyer. (2008). "A comparison of potato seed tuber yields in beds, pots and hydroponic systems". Sci. Hort. 116:17-20.
- Hancock, R. D., Morris, W. L., Ducreux J. A. et al. (2013). "Physiological, Biochemical and Molecular Responses of the Potato (*Solanum tuberosum* L.) Plant to Moderately Elevated Temperature". Plant, Cell and Environment. Vol. 37(2): 439-450.
- Lovatt, J. L. (1997). Potato Information Kit. The Agrilink Series. The State of Queensland, Departement of Primary Industries. Australia
- Matsuoka, T., Suhardiyanto, H. (1992). "Studies on a Zone Cooling System in a Greenhouse (2): Evaluation of a System for Microclimate Modification in a Plastic Greenhouse During Hot Weather". Environment Control in Biology 30 (4): 143-151.
- Struick, P. C. (2008). The Canon of Potato Science: Minitubers. Potato res 50: 305-308.
- Suhardiyanto, H., Faudi, M, M., Widianingrum, Y. (2007). "Analisis Pindah Panas Pada Pendinginan Dalam Tanah untuk Sistem Hidroponik". JTEP Jurnal Keteknikan Pertanian. 21(4): 1-8.
- Suhardiyanto, H. (2009). "Teknologi Rumah Tanaman untuk Iklim Tropika Basah". Pemodelan dan Pengendalian Lingkungan. IPB Press. Bogor.
- Suharto, Y.B., Suhardiyanto, H. (2016). "Pengembangan Sistem Hidroponik untuk Budidaya Tanaman Kentang (*Solanum Tuberosum* L.)". JTEP Jurnal Keteknikan Pertanian. 3, (2), p 211-218.
- Sumarni, E, A., Suhardiyanto, H., K.B. Seminar., dan S.K. Saptomo. (2013). "Pendinginan Zona Perakaran (Root Zone Cooling) Pada Produksi Benih Kentang Menggunakan Sistem Aeroponik". Jurnal Agronomi Indonesia 41(2): 154-159.

