

## PENGARUH VARIASI KAPASITAS PEMANAS TERHADAP KONDISI SUHU DAN KELEMBABAN SERTA DURASI PEMANASAN PADA *SCREENHOUSE* BERBASIS *EVAPORATIVE COOLING SYSTEM*

Wirenda Sekar Ayu<sup>1</sup>, Muhamad Anda Falahuddin<sup>2</sup>, Windy Hermawan Mitrakusuma<sup>3</sup>,  
Dian Anggraeni<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Refrigerasi dan Tata Udara Politeknik Negeri Bandung

<sup>4</sup>Fakultas Pertanian Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Email: <sup>1</sup>wirendasekar@polban.ac.id, <sup>2</sup>m.andafalahuddin@polban.ac.id,  
<sup>3</sup>windyhm@polban.ac.id, <sup>4</sup>dian.anggraeni@untirta.ac.id

### Abstrak

*Abstrak*—Perubahan cuaca di Indonesia yang tidak menentu menyebabkan berbagai persoalan bagi sektor pertanian. Salah satunya adalah penurunan produktivitas tanaman petani hingga 40% yang disebabkan oleh kondisi lingkungan yang tidak optimal selama proses pertumbuhan tanaman. Untuk dapat beradaptasi dengan kondisi ini, diperlukan adanya sistem pengondisi lingkungan pertumbuhan tanaman secara optimal. Pada penelitian ini, dirancang sistem pengondisi suhu dan kelembaban *screenhouse* untuk pertumbuhan tanaman tomat sebagai salah satu komoditas hortikultura yang sangat potensial dan bernilai ekonomi tinggi di Indonesia. Perancangan sistem dimodelkan dan diuji melalui simulasi pada software Vensim dengan memvariasikan kapasitas pemanas sebesar 4°C/jam, 6°C/jam, dan 10°C/jam guna melihat pengaruhnya terhadap suhu internal *screenhouse* dan durasi pemanasan. Berdasarkan hasil simulasi perancangan sistem, laju dan durasi pemanasan yang dihasilkan untuk setiap variasi kapasitas pemanas secara berturut-turut yaitu sebesar 4,74°C/jam (135 menit per siklus), 6,9°C/jam (75 menit per siklus), dan 11,76°C/jam (45 menit per siklus). Nilai kapasitas pemanas 10°C/jam dianggap optimal dan lebih hemat energi karena hanya membutuhkan proses pemanasan selama 180 menit per hari guna mempertahankan suhu internal *screenhouse* pada kisaran suhu optimal untuk pertumbuhan tanaman tomat, yaitu 18 – 24 °C dengan nilai *offside* ±0.5 °C. Adapun nilai laju pendinginan yang stabil untuk sistem ini berada pada kisaran 1 – 1,8°C/jam.

**Kata Kunci:** suhu, kelembaban, *screenhouse*, kapasitas pemanas, durasi pemanasan

### Abstract

*The unpredictable weather changes in Indonesia cause various problems for the agricultural sector. One of which is the decline in productivity of farmers' crops up to 40% which is caused by non-optimal environmental conditions during the plant growth process. To be able to adapt to these conditions, it is necessary to have an optimal system of environmental conditioning for plant growth. In this research, a *screenhouse* temperature and humidity conditioning system was designed for the growth of tomato plants as a horticultural commodity with high potential and high economic value in Indonesia. The system design is modeled and tested through simulation on Vensim software by varying the furnace capacity by 4°C/hour, 6°C/hour, and 10°C/hour in order to see its effect on the internal *screenhouse* temperature and heating duration. Based on the simulation results of system design, the heating rate and duration for each furnace*

capacity variation are  $4.74^{\circ}\text{C}/\text{hour}$  (135 minutes per cycle),  $6.9^{\circ}\text{C}/\text{hour}$  (75 minutes per cycle), and  $11.76^{\circ}\text{C}/\text{hour}$  (45 minutes per cycle). The furnace capacity value of  $10^{\circ}\text{C}/\text{hour}$  is considered to be optimal and more energy efficient because it only requires a heating process for 180 minutes per day to maintain the greenhouse internal temperature in optimal temperature range for tomato plant growth, which is  $18 - 24^{\circ}\text{C}$  with an offside value of  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ . The stable cooling rate value for this system is in the range of  $1 - 1.8^{\circ}\text{C}/\text{hour}$ .

**Keywords:** temperature, humidity, greenhouse, furnace capacity, heating duration

## I. PENDAHULUAN

Perubahan iklim di Indonesia yang tidak beraturan menjadi salah satu faktor penyebab kegagalan petani dalam merencanakan masa tanam dan masa panen (Herell, dkk., 2021). Ketidaktepatan hasil prediksi petani ini menyebabkan banyak petani Indonesia mengalami kerugian berupa gagal panen, kerusakan hasil panen, dan penurunan kualitas panen. Dalam kata lain, produktivitas hasil panen petani pun menjadi menurun. Berdasarkan ilmu pengondisian udara, hal tersebut dapat diatasi dengan melakukan pengaturan kondisi lingkungan sesuai kebutuhan pertumbuhan setiap jenis tanaman.

Suhu dan kelembaban merupakan parameter lingkungan yang paling berpengaruh pada pertumbuhan tanaman. Pada suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah, tanaman dapat kehilangan kemampuan fisiologisnya seperti fotosintesis, respirasi, transpirasi, absorpsi air serta nutrisi. Sementara itu, kelembaban yang terlalu rendah akan menyebabkan tanaman kekurangan air untuk proses fotosintesis, dan kelembaban yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan atau pembusukan pada tanaman akibat tumbuh kembang jamur dan bakteri.

Berbagai solusi guna meminimalisir dampak perubahan cuaca yang tidak menentu terhadap kondisi lingkungan pertumbuhan tanaman telah banyak dilakukan oleh para ahli bidang pertanian, mulai dari pemuliaan tanaman, penjadwalan musim tanam, hingga menciptakan tempat tumbuh tanaman terkendali. Ruang tumbuh (*growth chamber*), *greenhouse* dan *screenhouse* merupakan beberapa contoh tempat tumbuh tanaman yang dapat diatur kondisi lingkungan didalamnya agar sesuai dengan kebutuhan pertumbuhan tanaman. Pada penelitian ini, akan dikaji lebih mendalam terkait efektivitas penggunaan *screenhouse* dalam mengendalikan dan memonitor pertumbuhan tanaman secara optimal.

Pemilihan *screenhouse* sebagai objek penelitian didasarkan atas karakteristik *screenhouse* yang

dapat melindungi tanaman dari hama dan penyakit, serta kondisi lingkungan *screenhouse* yang relatif mudah untuk dikontrol dan dimonitor. Adapun kondisi lingkungan yang akan dikontrol dan dimonitor pada penelitian ini adalah suhu ruang dan kelembaban udara di dalam *screenhouse*.

*Screenhouse* merupakan bangunan dengan dinding/*screen* yang terbuat dari bahan jaring-jaring, dan atap yang terbuat dari bahan plastik (Wahono dan Yohana, 2014). Manfaat utama dari keberadaan *screenhouse* yakni untuk melindungi tanaman dari serangga penyebab hama dan penyakit tanaman tanpa merubah kondisi lingkungan di dalam *screenhouse* secara signifikan. Pertumbuhan tanaman yang optimal di dalam *screenhouse* tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi internal *screenhouse*, melainkan tetap dipengaruhi oleh kondisi cuaca di luar *screenhouse* yang cenderung sulit untuk dikendalikan.

Penelitian tentang pertanian yang berfokus pada pemanfaatan dan peningkatan kualitas kondisi *screenhouse* sudah banyak dilakukan oleh para peneliti di Indonesia. Penelitian-penelitian ini tidak hanya terbatas pada alih fungsi penggunaan *screenhouse* untuk variasi jenis tanaman yang berbeda, melainkan telah banyak pula dikembangkan inovasi pemanfaatan teknologi untuk pengendalian lingkungan mikro dalam rumah kaca.

Salah satu pengaplikasian teknologi yang banyak digunakan dalam pengondisian *screenhouse* yaitu penggunaan teknologi pemanas. Sehingga sumber referensi terkait aplikasi teknologi pemanas akan sangat mudah ditemukan untuk dijadikan sebagai acuan dalam melakukan pengaturan suhu dan kelembaban di dalam *screenhouse*. Sebaliknya, penelitian terkait aplikasi teknologi pendinginan pada *screenhouse* masih terbilang cukup sedikit, sehingga masih jarang untuk dilakukan dan digunakan pada musim panas.

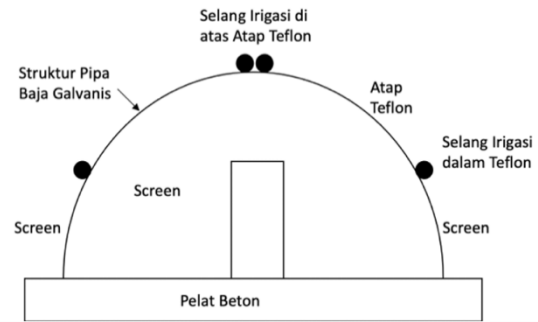
Penelitian terkait proses pemanasan dan pendinginan pada *screenhouse* telah dilakukan oleh penulis. Berdasarkan penelitian tersebut, diperoleh nilai *heating rate* dan *cooling rate* yang dapat

digunakan untuk menstabilkan suhu ruang pada *screenhouse* (Ayu dan Prasetyo, 2022). Namun, pada penelitian tersebut peneliti belum mengkaji lebih dalam terkait pengaruh variasi nilai *heating rate* dan *cooling rate* yang diperoleh. Sehingga pada penelitian ini akan dikaji ulang terkait variasi kapasitas pemanas guna melihat pengaruhnya terhadap suhu internal dan durasi pemanasan yang optimal untuk pertumbuhan tanaman tomat. Berdasarkan hasil tersebut, diharapkan dapat dianalisis lebih lanjut terkait penggunaan energi listrik pada sistem ini sebagai acuan dalam mendesain *screenhouse* yang hemat energi.

## II. METODE

Sistem pengondisian suhu dan kelembaban *screenhouse* pada penelitian ini dirancang dan disimulasikan dengan kondisi lingkungan yang mewakili Indonesia sebagai negara tropis. Secara umum konfigurasi arsitektur *screenhouse* di negara-negara tropis seperti Indonesia, Afrika dan Amerika Selatan menyerupai tipe terowongan pada Gambar 1 (Desmarais dan Raghavan, 1997). Jarak dari dasar *screenhouse* (pelat beton) ke titik tertinggi bangunan setengah silinder adalah 3 meter. Panjang *screenhouse* tipe terowongan biasanya mencapai 20 hingga 32 meter. *Screenhouse* tipe terowongan dapat sepenuhnya ditutup dengan kasa atau bahan plastik pelindung hujan seperti *polyethylene* atau teflon. *Screenhouse* ini juga dilengkapi dengan pintu *zip lock* berukuran 1x2 meter yang seluruhnya tertutup kasa.

Tanaman yang diasumsikan dibudidayakan di dalam *screenhouse* ini adalah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.), yang merupakan salah satu komoditas dengan tingkat produksi tinggi di Indonesia. Tanaman tomat termasuk sayuran yang pertumbuhannya tidak dipengaruhi oleh lama penyinaran. Tanaman tomat idealnya tumbuh pada cuaca dingin, kering dan dataran tinggi (1000 – 1250 mdpl) (Syakur, 2012). Suhu optimum untuk pertumbuhan tanaman tomat adalah 18 – 24 °C dengan suhu minimum 14 °C dan suhu maksimum 26 °C (Nasir, 1999). Pada penelitian ini suhu optimum pertumbuhan tanaman tomat digunakan sebagai spesifikasi suhu internal *screenhouse* yang harus dijaga atau dikendalikan dengan sistem pengondisian suhu. Sementara itu, nilai kelembaban optimum untuk pertumbuhan tanaman tomat adalah 80% (Balai Besar Pelatihan Pertanian Lembang, 2012).



Gambar 1. Konfigurasi Arsitektur *Screenhouse*

Kondisi iklim lingkungan yang akan disimulasikan dalam penelitian ini berupa suhu rata-rata per jam di Kota Bandung. Pemilihan Kota Bandung sebagai lokasi penelitian didasarkan pada rencana pembangunan *screenhouse* di kota ini untuk penelitian selanjutnya. Sehingga proses perancangan sistem yang dilakukan pada penelitian ini disesuaikan dengan kondisi iklim yang sebenarnya dimana *screenhouse* akan dibuat nantinya. Rata-rata suhu dan kelembaban per jam di Kota Bandung pada tahun 2020/2021 berdasarkan data dari *The Weather Channel* dapat dilihat pada Tabel 1.

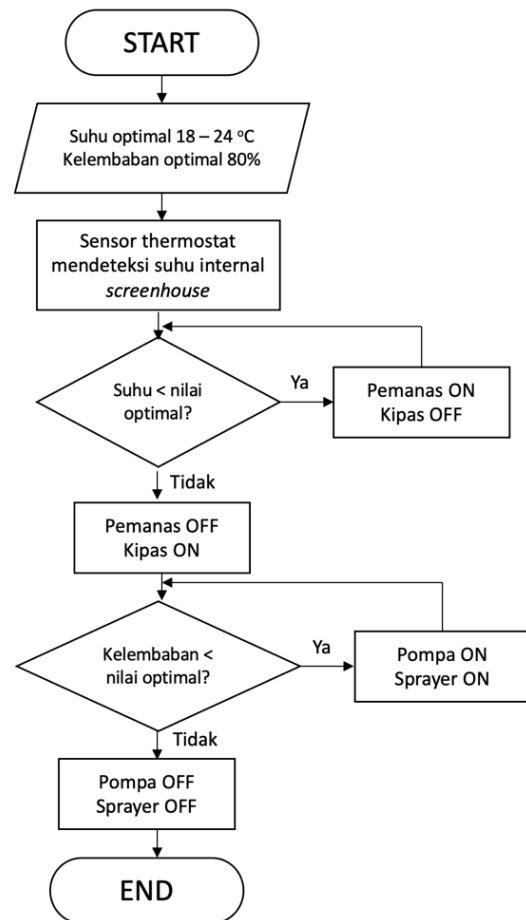
Tabel 1. Nilai Rata-rata Suhu dan Kelembaban di Kota Bandung pada Tahun 2020/2021

Waktu	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
00.00	23	98
01.00	23	100
02.00	23	99
03.00	23	100
04.00	23	100
05.00	23	100
06.00	23	100
07.00	24	96
08.00	26	90
09.00	27	84
10.00	29	77
11.00	29	75
12.00	30	75
13.00	29	76
14.00	29	79
15.00	28	81
16.00	27	83
17.00	26	86
18.00	25	89
19.00	25	92
20.00	24	94
21.00	24	95
22.00	23	97
23.00	23	98

Secara umum, sistem energi pada *screenhouse* berasal dari sumber energi berupa jaringan listrik PLN maupun sel surya, beserta peralatan pemakai energi seperti alat pengatur suhu dan kelembaban, alat penambah kadar CO<sub>2</sub>, serta alat pengairan dan penerangan (Sugiyono, 1998). Pada penelitian ini, pengaturan suhu dan kelembaban *screenhouse* akan dilakukan dengan memanfaatkan *Evaporative Cooler* (EC).

*Evaporative cooler* merupakan sebuah sistem pendingin yang menggunakan prinsip *evaporative cooling*, yang mana proses pengondisian udara dilakukan dengan menggunakan air sebagai media pendinginan dan menambah kelembaban pada aliran udara (Anesty, dkk., 2018). Secara umum, cara kerja sistem pendinginan *evaporative cooler* yaitu pompa akan dihidupkan untuk mendorong air menuju *evaporative pads*. Kemudian udara dari lingkungan luar akan dihisap oleh blower hingga melewati *evaporative pads* yang sebelumnya telah dikondisikan dengan air. Pada *evaporative pads* inilah akan terjadi sirkulasi antara udara panas dan udara dingin yang selanjutnya akan dihembuskan ke lingkungan internal *screenhouse* (Anesty, dkk., 2018).

Alat pengatur suhu pada sistem ini dapat berupa pemanas, kipas angin, dan sensor thermostat. Apabila sensor thermostat mendeteksi suhu di bawah yang dikehendaki, maka pemanas akan dinyalakan. Begitu pula sebaliknya, apabila sensor thermostat mendeteksi suhu di atas level yang dikehendaki, maka pemanas akan dimatikan bersamaan dengan kipas yang dinyalakan untuk sirkulasi atau penghisap udara. Adapun peralatan lainnya yang menggunakan energi adalah pompa untuk irigasi dan lampu penerangan. Kedua alat ini hanya dinyalakan pada waktu tertentu saat dibutuhkan, misalnya penggunaan pompa pada sore hari dan lampu penerangan pada malam hari. Diagram alir cara kerja sistem secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.

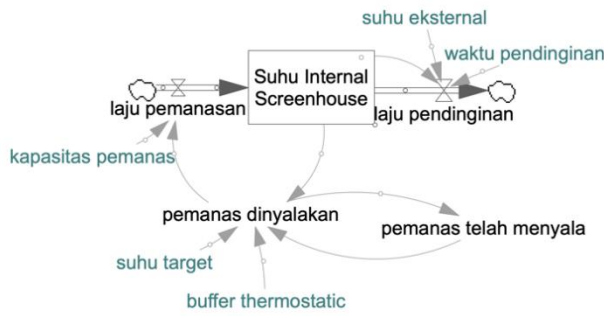


Gambar 2. Diagram Alir Cara Kerja Sistem Keseluruhan

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada dasarnya sistem pengondisian udara terdiri dari proses pemanasan, pendinginan, penambahan uap air (*humidifying*), dan pengurangan uap air (*dehumidifying*). Sistem pengondisian suhu pada penelitian ini dirancang untuk dapat menjaga suhu internal *screenhouse* dalam kisaran suhu yang diharapkan, tanpa menyalakan dan mematikan pemanas secara terus menerus. Guna melakukan hal tersebut, sistem kontrol harus memiliki batas rentang sehingga pemanas hanya akan menyala ketika suhu kurang dari batas bawah kisaran suhu, dan akan mati ketika suhu naik melebihi batas atas kisaran suhu. Jika suhu internal berada dalam kisaran suhu yang diharapkan, maka pemanas akan tetap menyala saat menyala, dan tetap mati saat mati.

Model desain sistem yang disimulasikan pada simulator Vensim dapat dilihat pada Gambar 3. Suhu awal *screenhouse* diasumsikan sebesar 25 °C, dengan nilai suhu eksternal menggunakan data suhu rata-rata harian di Kota Bandung.

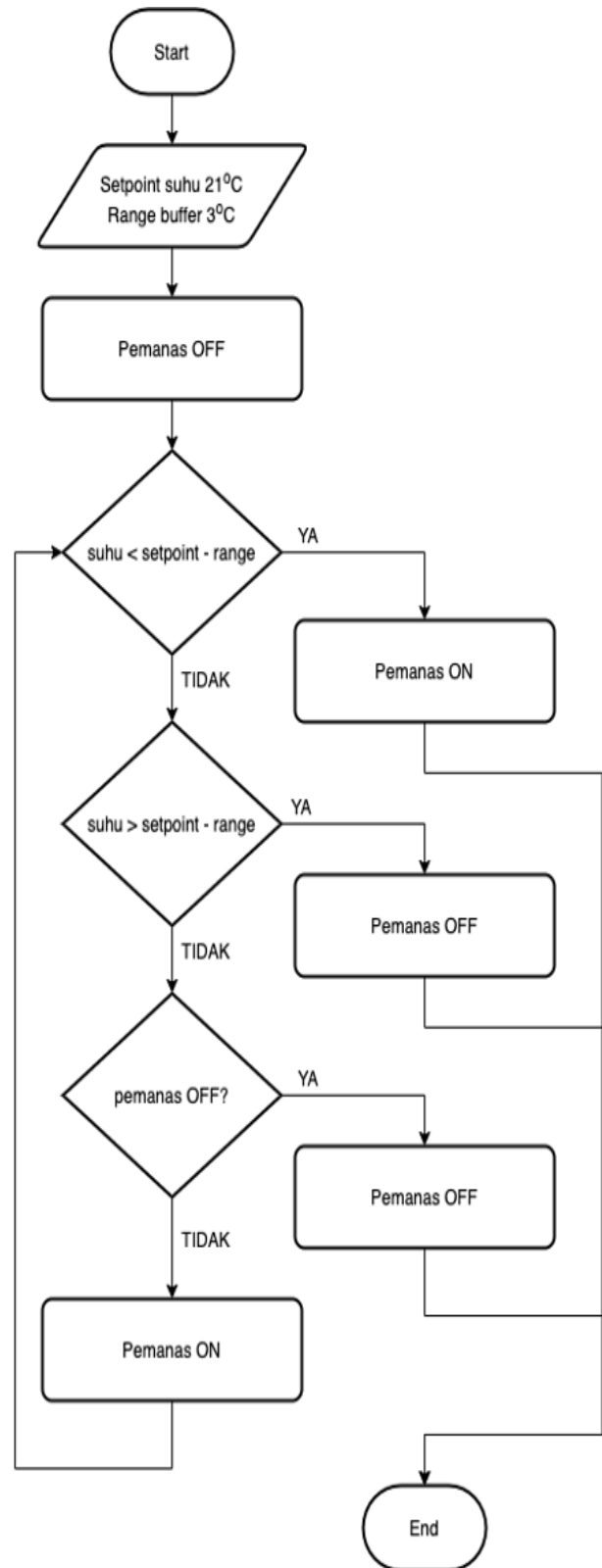


Gambar 3. Model Desain Sistem pada *Software Vensim*

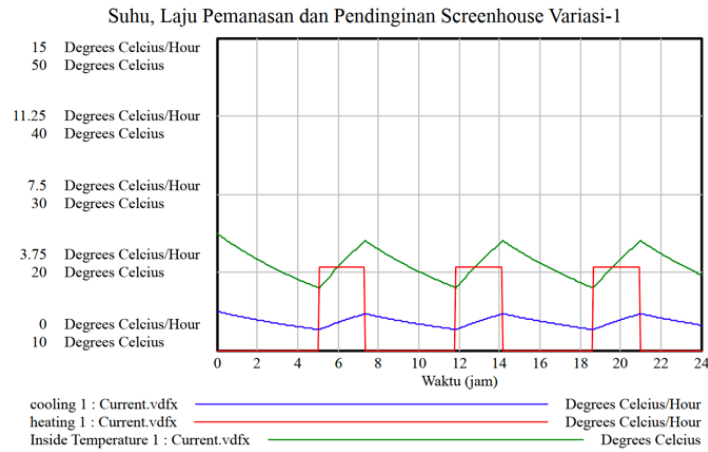
Tanaman tomat yang akan dibudidayakan di *screenhouse* memiliki suhu pertumbuhan optimum pada kisaran 18 – 24°C. Untuk mengontrol suhu internal *screenhouse* dapat diatur nilai suhu target 21°C dengan rentang batas  $\pm 3^\circ\text{C}$ , sehingga pemanas akan menyala ketika sensor suhu (thermostat) mendeteksi suhu *screenhouse* di bawah 18°C ( $21^\circ\text{C} - 3^\circ\text{C}$ ) dan mati saat suhu *screenhouse* naik di atas 24°C ( $21^\circ\text{C} + 3^\circ\text{C}$ ). Cara kerja pemanas untuk sistem pengondisi suhu ditampilkan dalam diagram alir seperti pada Gambar 4.

Kapasitas pemanas merupakan nilai maksimum yang dapat diberikan oleh pemanas untuk memanaskan lingkungan internal *screenhouse*. Pada penelitian ini, kapasitas pemanas merupakan variabel yang akan divariasikan guna melihat pengaruhnya terhadap efektifitas pengondisian suhu dan kelembaban *screenhouse*, beserta pengaruhnya terhadap konsumsi energi listrik. Maka dari itu, dipilih 3 variasi nilai kapasitas pemanas, yakni 4°C/jam (*screenhouse* variasi-1), 6°C/jam (*screenhouse* variasi-2) dan 10°C/jam (*screenhouse* variasi-3).

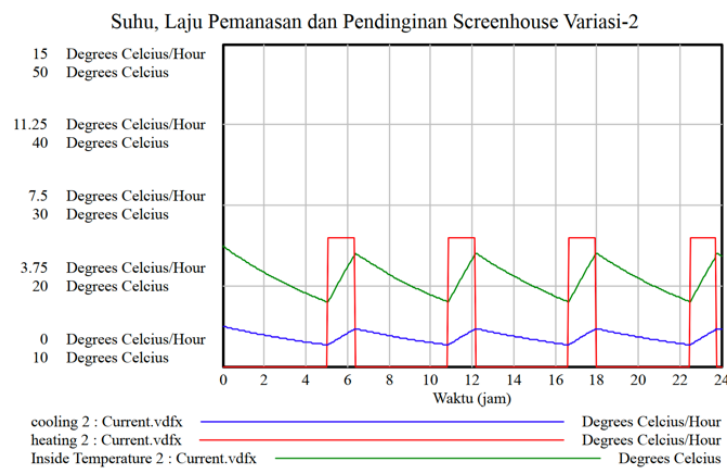
Sementara itu, untuk proses pendinginan akan dilakukan perbandingan antara suhu internal dengan suhu lingkungan luar *screenhouse*. Jika pemanas mati, maka efek pendinginan direpresentasikan sebagai perbedaan antara suhu internal dan eksternal selama waktu pendinginan. Waktu pendinginan merupakan waktu yang dibutuhkan untuk meminimalisir selisih suhu eksternal dan internal sebesar 60% saat pemanas dalam kondisi mati. Lamanya waktu pendinginan pada penelitian ini diasumsikan 8 jam. Hasil simulasi temperatur internal, laju pemanasan dan laju pendinginan pada *screenhouse* variasi-1 hingga variasi-3 dapat dilihat pada Gambar 5 sampai Gambar 7.



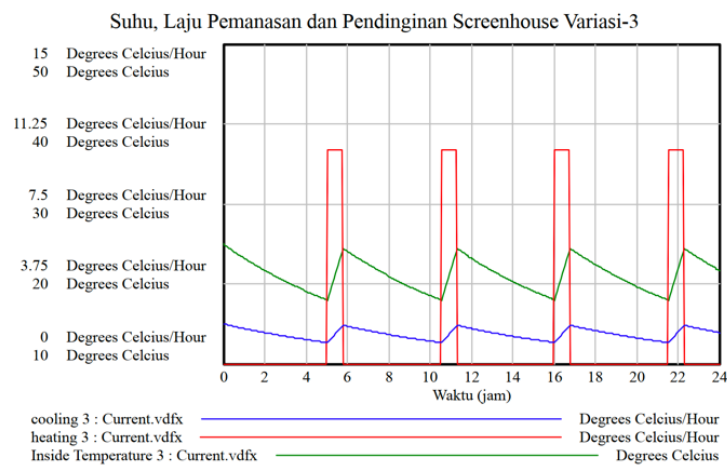
Gambar 4. Diagram Alir Cara Kerja Pemanas



Gambar 5. Hasil Simulasi *Screenhouse* Variasi-1



Gambar 6. Hasil Simulasi *Screenhouse* Variasi-2



Gambar 7. Hasil Simulasi *Screenhouse* Variasi-3

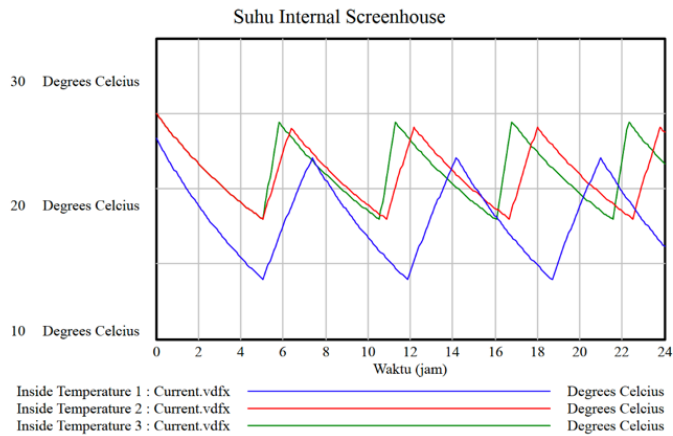
Berdasarkan hasil simulasi di atas dapat dilihat bahwa suhu internal *screenhouse* (grafik hijau) sangat dipengaruhi oleh proses pemanasan (grafik biru) dan pendinginan (grafik merah) yang terjadi di dalamnya. Osilasi pada grafik suhu internal disebabkan oleh proses pemanasan dan pendinginan

yang terus terjadi secara bergantian selama 24 jam sistem beroperasi. Pada proses awal, pemanas diatur dalam kondisi OFF sedangkan pendingin dalam kondisi ON sesuai dengan spesifikasi sistem. Hal ini dilakukan untuk memastikan suhu internal tidak terus naik melampaui batas atas suhu optimal seiring

dengan peningkatan suhu eksternal. Akibatnya, nilai suhu internal akan menurun seiring dengan proses pendinginan yang ditandai dengan penurunan laju pendinginan.

Ketika suhu internal mencapai batas bawah kisaran suhu optimal untuk pertumbuhan tanaman tomat, yaitu 18 °C, maka pemanas akan ON dengan nilai laju pemanasan sesuai spesifikasi kapasitas pemanas yang diatur. Perubahan status pemanasan dari OFF ke ON disertai dengan peningkatan laju

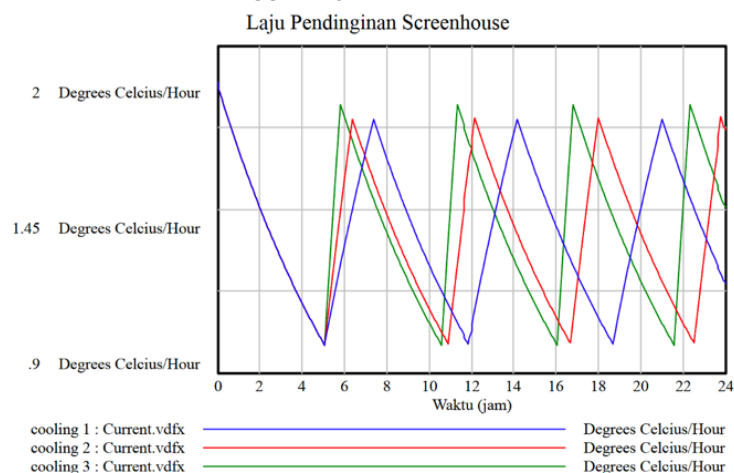
pendinginan sehingga suhu internal tidak akan terus naik melebihi batas atas kisaran suhu optimal untuk pertumbuhan tanaman tomat. Ketika suhu internal telah mencapai batas atas nilai kisaran suhu optimal, pemanas akan dimatikan dan laju pendinginan akan berkurang sehingga nilai suhu internal dapat dipertahankan pada kisaran suhu optimal. Suhu internal *screenhouse* untuk ke-3 variasi pemanas dapat dilihat secara lebih jelas pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Grafik Nilai Suhu Internal *Screenhouse*

Berdasarkan grafik pada gambar di atas, terlihat bahwa suhu internal *screenhouse* untuk variasi-2 dan variasi-3 selalu berada dalam kisaran suhu yang diharapkan yaitu 18–24 °C, dengan nilai *offside* sebesar ±0,5 °C. Nilai *offside* yang terjadi pada batas atas rentang suhu internal *screenhouse* kemungkinan disebabkan oleh pemilihan waktu pendinginan yang terlalu besar, sehingga laju

pendinginan yang dihasilkan tidak mampu mengompensasi perubahan suhu eksternal secara akurat. Nilai ini berbeda dengan *screenhouse* variasi-1 yang tidak dapat mempertahankan suhu internal *screenhouse* pada nilai optimalnya. Grafik perubahan nilai laju pendinginan untuk ke-3 variasi pemanas *screenhouse* dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Grafik Laju Pendinginan pada *Screenhouse*

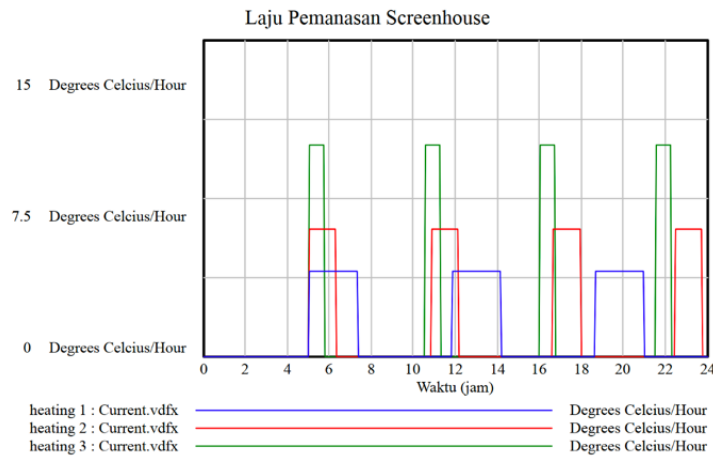
Berdasarkan gambar di atas, dapat dilihat bahwa penurunan nilai laju pendinginan terjadi pada saat pemanas dalam kondisi OFF. Sedangkan kenaikan nilai laju pendinginan terjadi pada saat pemanas

dalam keadaan ON untuk mencegah suhu internal terus naik melebihi batas maksimum kisaran suhu optimal. Saat sistem pertama kali dihidupkan, nilai laju pendinginan adalah 1,9 °C/jam. Kemudian seiring dengan penurunan suhu internal akibat efek

pendinginan, nilai laju pendinginan akan menurun hingga mencapai nilai minimum 1 °C/jam. Ketika laju pendinginan berada pada nilai minimumnya, suhu internal juga telah mencapai nilai minimum untuk kisaran suhu optimal, sehingga pemanas akan ON untuk mencegah penurunan suhu internal yang berlebihan.

Selama pemanas ON, nilai laju pendinginan akan terus meningkat hingga mencapai nilai

maksimumnya yaitu 1,8 °C/jam. Pada nilai laju pendinginan maksimum ini, suhu internal juga telah mencapai nilai maksimum kisaran suhu optimal, sehingga pemanas akan OFF dan laju pendinginan akan menurun untuk menjaga suhu internal *screenhouse* dalam kisaran suhu optimal yang telah diatur.



Gambar 10. Grafik Laju Pemanasan pada Screenhouse

Laju pemanasan dengan variasi nilai kapasitas pemanas dapat dilihat pada Gambar 10 di atas. Selama 24 jam waktu operasional sistem, untuk *screenhouse* variasi-2 dan variasi-3 telah terjadi 4 kali proses pemanasan. Sedangkan proses pemanasan pada *screenhouse* variasi-1 hanya terjadi sebanyak 3 kali. Laju dan durasi pemanasan yang dihasilkan bergantung pada nilai kapasitas pemanas yang diatur. Saat nilai kapasitas pemanas 4°C/jam (*screenhouse* variasi-1), dihasilkan laju pemanasan sebesar 4,74°C/jam dengan durasi pemanasan 135 menit per siklus. Kemudian saat nilai kapasitas pemanas 6°C/jam (*screenhouse* variasi-2), dihasilkan laju pemanasan sebesar 6,9°C/jam dengan durasi pemanasan 75 menit per siklus. Sedangkan saat nilai kapasitas pemanas 10°C/jam (*screenhouse* variasi-3), dihasilkan laju pemanasan sebesar 11,76°C/jam dengan durasi pemanasan 45 menit per siklus.

Berdasarkan deskripsi di atas, dapat disimpulkan bahwa nilai kapasitas pemanas berbanding lurus dengan laju pemanasan yang dihasilkan. Semakin besar nilai kapasitas pemanas, maka laju pemanasan yang dihasilkan akan semakin tinggi. Hal ini menyebabkan durasi pemanasan yang akan semakin cepat. Begitu juga sebaliknya, semakin kecil nilai kapasitas pemanas, maka laju pemanasan akan semakin rendah, yang menyebabkan durasi pemanasan menjadi semakin lama.

Durasi proses pemanasan tentunya akan berpengaruh pada energi listrik yang dikonsumsi oleh sistem. Dalam hal ini, pemanas dengan nilai kapasitas pemanas terendah membutuhkan proses pemanasan selama 405 menit (135 menit x 3) per hari guna mengompensasi pengaruh fluktuasi suhu eksternal terhadap suhu internal *screenhouse*. Sementara itu, pemanas dengan kapasitas pemanasan tertinggi membutuhkan proses pemanasan selama 180 menit (45 menit x 4) per hari. Perbedaan durasi pemanasan yang hingga mencapai lebih dari 2 kali lipat ini menunjukkan bahwa pemanas dengan kapasitas pemanasan terendah membutuhkan konsumsi energi listrik yang tinggi. Sehingga dalam merancang sistem pengondisi suhu dan kelembaban *screenhouse* yang lebih hemat energi dibutuhkan komponen pemanas dengan kapasitas pemanasan yang tinggi.

Sementara itu, variasi kapasitas pemanas memiliki pengaruh yang tidak langsung terhadap kelembaban *screenhouse*. Kapasitas pemanas merupakan jumlah panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu pada suatu sistem sebesar 1°C, dan dapat mempengaruhi suhu di dalam *screenhouse* dengan cara menyerap atau melepaskan energi panas. Proses ini kemudian dapat mempengaruhi kelembaban di dalam *screenhouse*.

Hasil simulasi pada penelitian ini telah selaras dengan sifat massa thermal suatu bahan. Apabila bahan yang digunakan pada *screenhouse* memiliki kapasitas pemanas yang tinggi, maka bahan tersebut



akan menyerap lebih banyak energi panas dan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk memanaskan. Hal ini dapat membantu untuk menstabilkan suhu di dalam *screenhouse* dan mencegah terjadinya perubahan suhu yang cepat sehingga dapat menyebabkan fluktuasi kelembaban *screenhouse*. Begitu juga sebaliknya, apabila bahan yang digunakan memiliki kapasitas pemanas yang rendah, maka bahan tersebut akan cepat panas dan dapat mengakibatkan fluktuasi suhu dan kelembaban yang lebih cepat di dalam *screenhouse*.

#### IV. PENUTUP

##### Kesimpulan

Proses pendinginan dan pemanasan berperan penting dalam mengondisikan lingkungan internal *screenhouse* untuk proses pertumbuhan tanaman secara optimal. Pada sistem yang telah dirancang, nilai laju pendinginan yang stabil berada pada kisaran 1 - 1,8 °C/jam. Adapun variasi nilai kapasitas pemanas berpengaruh pada laju dan durasi pemanasan yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai kapasitas pemanas, maka laju pemanasan yang dihasilkan akan semakin tinggi pula. Hal ini menyebabkan durasi pemanasan yang semakin cepat. Begitu juga sebaliknya, semakin rendah kapasitas pemanas, maka laju pemanasan akan semakin rendah, yang menyebabkan durasi pemanasan menjadi semakin lama.

Dalam kasus ini, nilai kapasitas pemanas 10°C/jam dianggap optimal dan mampu mengontrol atau mempertahankan suhu internal *screenhouse* pada kisaran suhu optimal untuk pertumbuhan tanaman tomat, yaitu 18 – 24 °C dengan nilai *offside* ±0.5 °C. Nilai kapasitas pemanas ini menghasilkan laju pemanasan sebesar 11,76 °C/jam dan durasi pemanasan 45 menit per siklus (total 4 siklus per hari). Sehingga proses pemanasan hanya terjadi selama 180 menit (45 menit x 4) dalam 1 hari guna mengompensasi pengaruh fluktuasi suhu eksternal terhadap suhu internal *screenhouse*. Nilai ini menunjukkan konsumsi listrik yang lebih rendah dan hemat energi dibandingkan pemanas dengan kapasitas pemanas terendah (4°C/jam) yang membutuhkan proses pemanasan selama 405 menit per hari. Adapun variasi kapasitas pemanas ini berpengaruh secara tidak langsung pada nilai kelembaban di dalam *screenhouse*.

##### Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini tidak akan terwujud tanpa dukungan dana dari Politeknik Negeri Bandung dengan nomor kontrak B/114.88/PL1.R7/PG.00.03/2022.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- Admin, 2012. Balai Besar Pelatihan Pertanian Lembang. [www.bbpp-lembang.info](http://www.bbpp-lembang.info). [Online].
- Anestyana, D. R., Wijaksana, H., dan Suarnadwipa, I.N., 2018. "Study Eksperimental Performansi Evaporative Cooling Pad dengan Penggunaan Aliran Paksa Udara Dingin dengan Saluran Udara berbentuk Persegi Empat". Jurnal Ilmiah Teknik Desain Mekanika Vol. 7, No. 2, pp. 182-188.
- Ayu, W. S., dan Prasetyo, B. Y., 2022. "Simulation of IoT-Based Temperature and Humidity Conditioning System in Screen House". International Journal of Applied Technology Research, Vol. 3, No. 1, pp. 46 – 54.
- Desmarais, G., dan Raghavan, G. S. V., "Thermal Characteristics of Screenhouse Configurations in a West-African Tropical Climate", Acta Horticulturae. DOI: 10.17660/ActaHortic.1997.443.4.
- Herell, M.D., Ganesh, A. H. P., dan Kinguanto, K., 2021. "Sistem Pemantauan Cuaca dan Pengendali Sistem Irigasi dengan Penjadwalan Berbasis Evapotranspirasi pada screen house". Institut Teknologi Bandung.
- Redmond R. Shamshiri, Iva Bojic, Eldert van Henten, Siva K. Balasundram, Volker Dworak, Muhammad Sultan, Cornelia Weltzien, 2020. "Model-based evaluation of greenhouse microclimate using IoT-Sensor data fusion for energy efficient crop production", Journal of Cleaner Production, Volume 263, 2020, 121303, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121303>.
- Sugiyono, A., 1998. "Kendali Sistem Energi untuk Pertanian Rumah Kaca". Prosiding Seminar Nasional Penerapan Teknologi Kendali dan Instrumentasi pada Petanian, pp. S5-5.1 – S5-5.4.
- Syakur, A., 2012. "Pendekatan Satuan Panas (*Heat Unit*) untuk Penentuan Fase Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Tomat di dalam Rumah Tanaman (*Greenhouse*)", J. Agroland 19 (2): 96-101, ISSN: 0854-641X.
- Wahono, S., Sugiyanto, dan Yohana, E., 2014. "Eksperimen Pengaturan Suhu dan Kelembaban pada Rumah Tanaman (*Greenhouse*) dengan Sistem Humidifikasi". Jurnal Teknik Mesin, S-1, Vol. 2, No.1.