

Rancang Bangun *Incubator* dengan Suhu dan Kelembaban Udara Terkendali untuk Penetasan Telur Ulat Sutera

Design of Temperature and Humidity Controlled Incubator for Silkworm Egg Hatchery

Dewa Made Subrata, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, FATETA-IPB, PO Box 220, Kampus IPB Darmaga – Bogor. Email: dewamadesubrata@yahoo.com
Ahmad Nurman Sajuri, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fateta – IPB
Ade Priyadi, Departemen Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan, IPB
Hotnida CH Siregar, Departemen Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan, IPB

Abstract

Silkworms were the poikilothermic animals with life cycle strongly affected by environment condition such as temperature, humidity, light and wind. In other the silkworm's egg hatcheries uniformly at the same day, it was considered necessary to use the temperature and humidity controllable room (incubation room) according to their optimum hatcheries condition. The incubation room consisted of four actuators i.e: the heater, the cooler, the mist maker, and the water content absorber. All of that actuators were controlled based on the output signal from the sensor (SHT11). In this research the temperature was controlled at the value of 25°C, while the humidity was controlled at the value of 75 %. The experimental result of the incubator machine without silkworm egg shown that the incubator was able to control the temperature at the value of 25°C with maximum 25.4°C. It was also able to control humidity at optimum interval i.e: 73.9 % to 76.1 %. Experimental result with silkworm egg showed that the incubator was able to increase the uniformity of the hatcheries day, even though the hatcheries day was late about two days compared to the conventional method.

Key words: *incubator, controllable room, hatchery, silkworms egg.*

Abstrak

Ulat sutera tergolong hewan poikilothermik yaitu siklus hidupnya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (suhu, kelembaban, cahaya dan angin). Supaya telur ulat sutera menetas secara seragam pada hari yang sama, maka perlu digunakan ruang yang suhu dan kelembabannya dapat dikendalikan pada nilai optimum penetasannya. Rancangan ruang inkubasi terdiri dari empat unit aktuator yaitu: pemanas, pendingin, pengkabut dan penyerap uap air. Keempat perangkat tersebut dikendalikan berdasarkan nilai pengukuran yang dihasilkan oleh sensor suhu dan kelembaban jenis SHT11. Pada penelitian ini suhu dikendalikan pada nilai 25°C dan kelembaban pada nilai 75%. Hasil pengujian pada kondisi tanpa telur menunjukkan bahwa *incubator* mampu mempertahankan suhu pada nilai 25°C dengan suhu maksimum 25.4°C demikian juga untuk kelembaban dipertahankan pada selang nilai 73.9 % sampai 76.1 %. Hasil pengujian pada kondisi dengan telur ulat sutera *Bombyx mori* L. menunjukkan bahwa *incubator* mampu meningkatkan keseragaman hari penetasan telur namun penetasannya lebih lambat dua hari dibandingkan dengan metoda konvensional.

Kata kunci: *inkubator, ruang terkendali, penetasan, telur ulat sutera.*

Diterima: 20 Maret 2013; Disetujui: 02 Juli 2013

Pendahuluan

Ulat sutera merupakan serangga penghasil benang sutera yang dikenal kelembutan dan keindahannya. Serat sutera memiliki banyak keistimewaan antara lain: ringan, indah berkilauan, kuat, awet dan bersifat higroskopis sehingga bahan dari sutera mudah menyerap keringat. Keistimewaan sutera tersebut menyebabkan permintaan terhadap

kokon ulat sutera untuk dijadikan kain semakin meningkat.

Kebutuhan benang sutera dunia terus meningkat. Permintaan pada tahun 2002 sebesar 92,742 ton, tiga tahun kemudian (2005) meningkat sekitar 27.3% menjadi 118,000 ton. Direktorat Jenderal Industri Kecil dan Menengah (Anonim, 2006) menjelaskan bahwa rata-rata produksi kokon nasional per tahun baru dapat mencapai sekitar 250

ton kemudian setelah diproses menjadi benang akan menghasilkan sekitar 31,25 ton benang. Kapasitas produksi industri pemintalan benang nasional sebesar 87,5 ton atau masih membutuhkan kokon sebanyak 700 ton.

Peluang pasar yang masih terbuka, ternyata tidak diikuti dengan peningkatan produksi kokon karena peminat untuk sektor budidaya masih sangat rendah. Tingkat daya tetas yang rendah dalam penetasan ulat sutera merupakan masalah utama dalam pemeliharaan ulat sutera. Permasalahan itu muncul salah satunya disebabkan oleh kondisi Indonesia yang beriklim tropis, sementara bibit ulat sutera berasal dari daerah sub tropis. Untuk meningkatkan daya tetas dan keseragaman waktu penetasan, maka diperlukan kondisi yang menyerupai kondisi daerah asalnya. Atmosoedarjo (2000) menyebutkan kelembaban udara yang baik untuk inkubasi ulat sutera adalah 75 % sampai 80 % dan suhu 23 °C sampai 25 °C. Kelembaban udara yang terlalu tinggi akan menghambat penetasan telur, sedangkan kelembaban udara yang terlalu rendah dapat menyebabkan embrio telur mati karena kekurangan air. Berbeda dengan kelembaban, keadaan suhu lebih berpengaruh pada cepat lambatnya penetasan. Suhu yang lebih tinggi akan mempercepat penetasan telur dan sebaliknya. Agar waktu penetasan seragam dan hasil penetasan optimum, kondisi suhu dan kelembaban harus stabil selama inkubasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang bangun mesin inkubator yang mampu menstabilkan suhu dan RH pada nilai yang dibutuhkan untuk penetasan telur ulat sutera Bombyx mori L.

Metode Penelitian

Bahan dan Alat

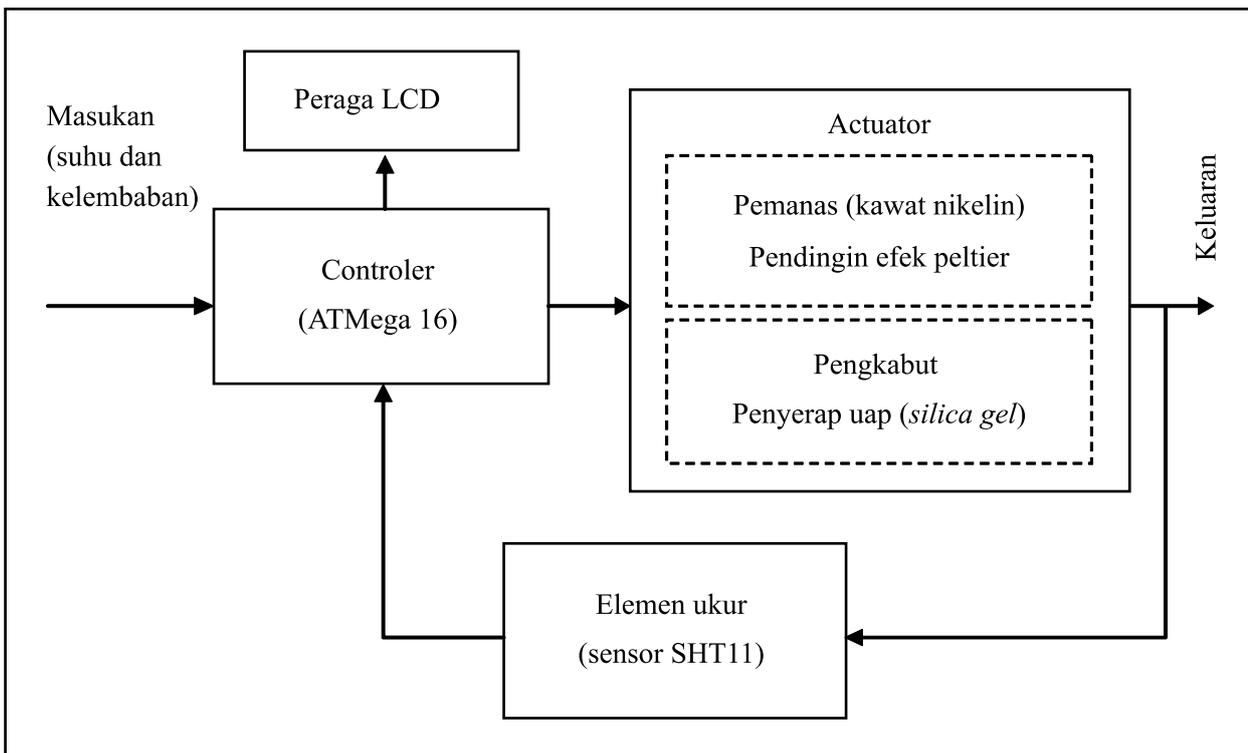
Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini meliputi: akrilik, pemanas (kawat nikelin), pendingin efek peltier tipe TEC1-12706, pengabut, *silica gel*, sensor SHT11, mikrokontroler jenis ATMega 16 dan telur ulat sutera (*Bombyx moro L*). Alat yang dipergunakan adalah: seperangkat komputer dengan bahasa pemrograman *codevisionavr evaluation V2.03.9*, multimeter, alat ukur suhu dan kelembaban udara.

Prosedur Penelitian

Penelitian diawali dengan perancangan mesin *incubator* yang terdiri dari perangkat keras dan lunak.

Rancangan Peralatan

Perangkat keras mesin *incubator* meliputi ruang inkubasi dan rangkaian elektronika pengendali suhu dan kelembaban. Ruang inkubasi dibuat berbentuk kotak dengan ukuran panjang 40 cm x lebar 30 cm x tinggi 30 cm menggunakan akrilik dengan ketebalan 5 mm. Di dalam ruang inkubasi ditempatkan rak berukuran panjang 30 cm x lebar 30 cm x tinggi 3 cm sebagai tempat *silica gel*, dan ruang berukuran panjang 10 cm x lebar 10 cm x tinggi 20 cm sebagai tempat unit pengkabut. Perangkat keras sistem pengendali suhu dan kelembaban terdiri dari mikrokontroler ATMega 16 sebagai sistem pengendali (*controler*), sensor SHT11 sebagai sensor suhu dan kelembaban, kawat nikelin diameter 0,5 mm sebagai pemanas



Gambar 1. Blok diagram sistim pengendalian peralatan incubator

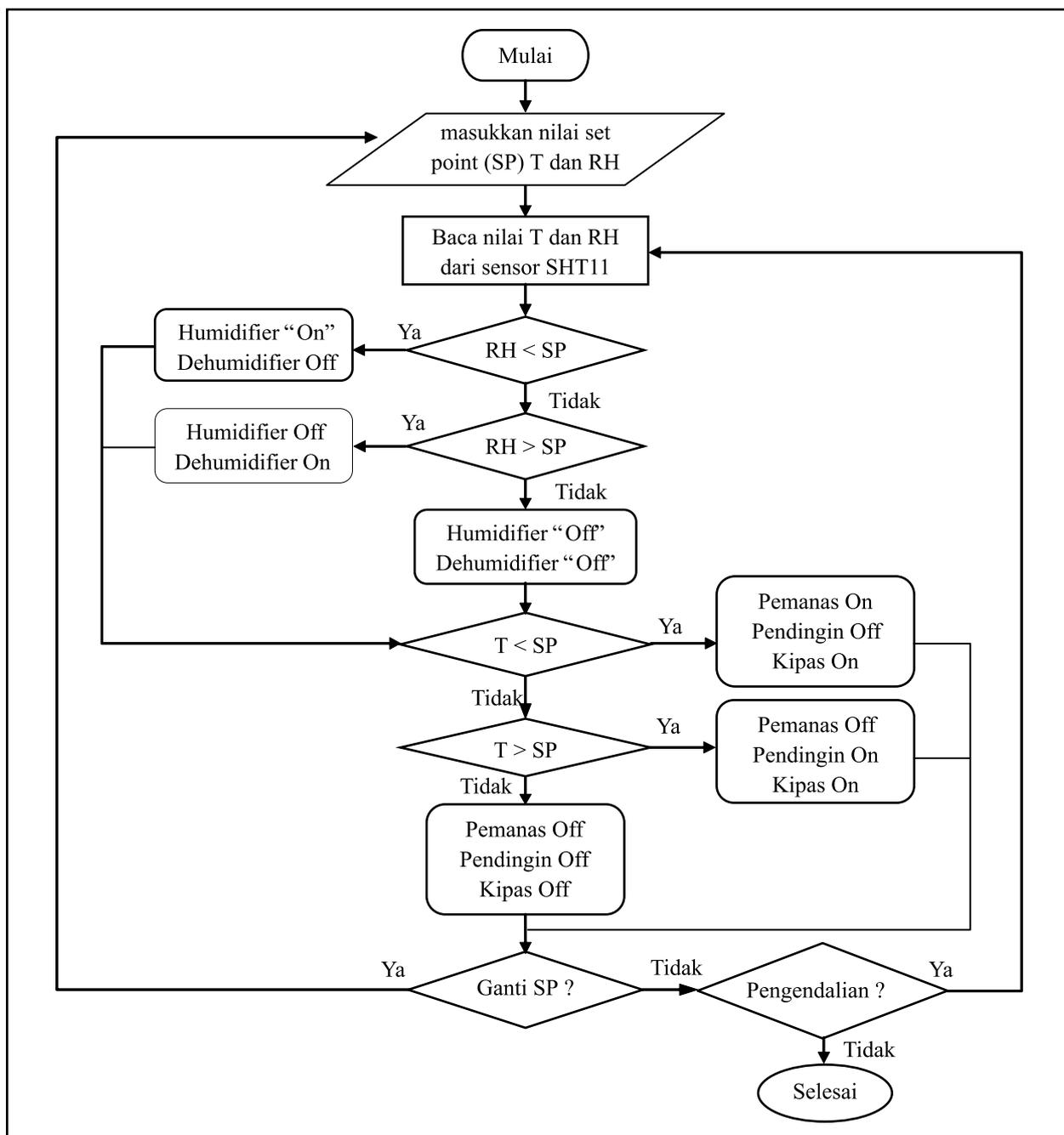
dan pendingin efek *peltier* sebagai pengatur suhu ruangan, *mist maker* sebagai penghasil kabut dan *silica gel* sebagai penyerap uap air, dan *actuator* berupa rangkaian sistem saklar (*on-off system*). Diagram blok sistem pengendalian suhu dan kelembaban dilihat pada Gambar 1.

Rancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak sistim pengendalian suhu dan kelembaban dibuat menggunakan bahasa pemrograman C yang dirubah menjadi bahasa mesin menggunakan *compiler codevisionavr*. Logika pemrograman sistim kendali diperlihatkan pada Gambar 2.

Kalibrasi Sensor

Sebelum dilakukan pengendalian suhu dan kelembaban ruang inkubasi, maka terlebih dahulu dilakukan kalibrasi baik terhadap *sensor* suhu maupun kelembaban. Kalibrasi *sensor* suhu dilakukan dengan membandingkan nilai hasil pembacaan *sensor* dan alat ukur standar, dimulai dari suhu terendah sampai suhu tertinggi yang dapat dicapai mesin inkubasi. Setiap perubahan nilai sebesar 0.1°C pada pembacaan *sensor*, data pembacaan termometer dan pembacaan *sensor* dicatat. Sama seperti kalibrasi suhu, kalibrasi kelembaban juga dilakukan pada rentang nilai kelembaban maksimum dan minimum yang dapat dicapai mesin inkubasi. Setiap perubahan nilai sebesar 2 % pada pembacaan *sensor*, data



Gambar 2. Diagram alir logika pemrograman sistim kendali suhu dan kelembaban

pembacaan alat ukur kelembaban dan pembacaan sensor dicatat. Selanjutnya masing-masing data (suhu dan kelembaban) dibuat grafik hubungan antara nilai pembacaan sensor dengan alat ukur standar.

Uji Fungsional Aktuator Suhu dan Kelembaban

Setelah dilakukan kalibrasi terhadap sensor SHT11 kemudian dilakukan uji fungsional dari unit pemanas, pendingin, pengkabut (*humidifier*) dan *silica gel* (*dehumidifier*) untuk mengetahui apakah masing-masing *actuator* mampu melaksanakan fungsinya dengan baik. Pertama, dilakukan uji fungsional pendingin dengan menurunkan suhu udara dari suhu ruangan sekitar 29°C sampai suhu minimum yang bisa dicapai pendingin, dilanjutkan dengan uji fungsional pemanas dengan menaikkan suhu terendah yang bisa dicapai unit pendingin sampai suhu 50°C.

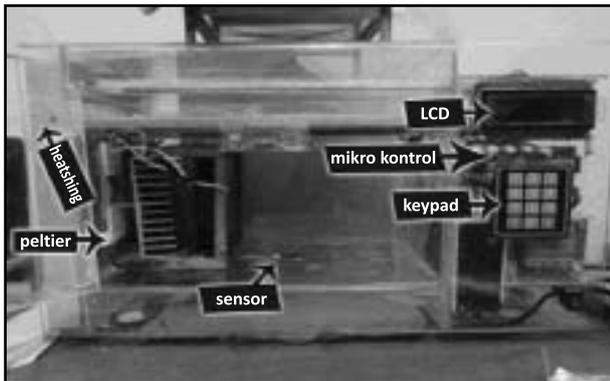
Setelah uji fungsional *actuator* pengendali suhu kemudian dilanjutkan dengan uji fungsional *actuator* pengendali kelembaban udara. Pengujian dimulai dari kondisi kelembaban lingkungan yaitu 85 % diturunkan sampai 65%, dilanjutkan dengan menaikkan kelembaban sampai mendekati kelembaban lingkungan. Data hasil pengujian kemudian dibuat grafik hubungan antara waktu

dengan data pengukuran untuk kemudian dianalisis.

Uji Kinerja Mesin Incubator

Uji kinerja mesin *incubator* dilakukan melalui dua tahap yaitu uji tanpa telur dan uji dengan telur ulat sutera. Uji kinerja tanpa telur dilakukan selama 48 jam dengan interval pengambilan data tiap 15 menit dan jumlah *silica gel* dalam ruang inkubasi sebanyak 250 gram. *Silica gel* tersebut diganti setiap 12 jam pemakaian. Berikutnya dilakukan uji kinerja untuk menginkubasi telur ulat sutera Bombyx mori L., mulai dari tahap awal telur sampai menetas (sekitar 10 hari).

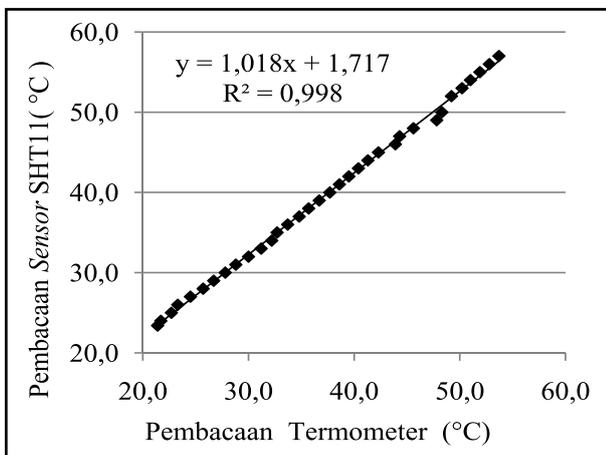
Sifat hibernasi telur terlebih dahulu dihilangkan dengan merendam telur dalam larutan formalin 2% pada suhu ruang selama 2 menit. Telur dikeringkan dan dimasukkan ke larutan HCl (BJ = 1,0642) pada suhu 46°C selama 5 menit. Setelah itu telur dicuci dalam air mengalir pada suhu 27°C selama 1 jam, lalu diangin-anginkan sampai kering dengan menggunakan kipas angin pada suhu ruang (Damayanti 2002). Sebanyak 180 butir telur ulat sutera diujikan dalam penelitian ini. Sebanyak 90 butir dimasukkan ke dalam cawan untuk pengujian dalam ruang inkubasi dan sebanyak 90 butir sisanya dimasukkan ke dalam cawan untuk ditetaskan pada ruang tidak terkendali. Lama pengujian dibatasi hanya sampai 10 hari. Uji inkubasi ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan mesin *incubator* dalam menyeragamkan waktu penetasan telur ulat sutera Bombyx mori L.



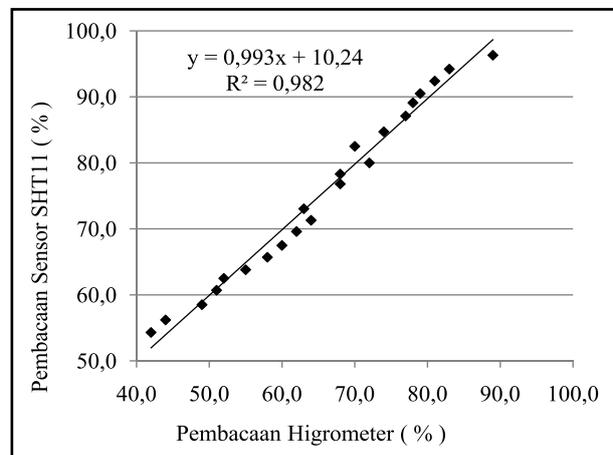
Gambar 3. Photo *prototype* ruang inkubasi ulat sutera *Bombyx mori* L.

Hasil dan Pembahasan

Prototipe mesin *incubator* telah dibuat menggunakan akrilik transparan ketebalan 5 mm seperti terlihat pada Gambar 3. Pada bagian depan mesin *incubator* dipasang pintu untuk memasukkan telur ulat sutera dan mengganti *silica gel*. Pada bagian kanan pintu dipasang *keypad* untuk memasukkan



Gambar 4. Grafik kalibrasi sensor suhu SHT11



Gambar 5. Grafik kalibrasi sensor kelembaban SHT11

nilai *set point* suhu dan kelembaban. Di atas *keypad* dipasang layar LCD untuk menampilkan nilai *set point* dan nilai pengendalian. Pada bagian dalam dinding kiri dipasang unit pendingin beserta *heatsink* dan kipas penyedot udara dingin. Disamping pendingin dipasang unit pemanas dari kawat nikelin beserta kipas penyedot udara panas. Pada dinding atas ruang inkubasi dipasang rak untuk menaruh *silica gel* beserta kipas sirkulasi udara.

Kalibrasi Suhu dan Kelembaban

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa proses kalibrasi perlu dilakukan terhadap mesin untuk mengetahui apakah mesin yang dirancang mampu melakukan pengukuran suhu dan kelembaban. Grafik kalibrasi berupa hubungan antara nilai hasil pengukuran *thermo hygrometer* dengan hasil pembacaan *sensor* SHT11 diperlihatkan pada Gambar 4 dan 5.

Dari Gambar 4 terlihat bahwa grafik kalibrasi *sensor* suhu tersebut berupa garis lurus dengan kemiringan mendekati 45° dan koefisien korelasi mendekati 1 yang berarti bahwa *sensor* SHT11 mampu mengukur suhu dengan baik.

Dari Gambar 5 terlihat bahwa grafik kalibrasi *sensor* kelembaban tersebut membentuk garis lurus dengan kemiringan hampir 45° dan koefisien korelasi 0,98. Meskipun ketelitian pengukuran kelembaban lebih rendah dari ketelitian pengukuran suhu namun *sensor* SHT11 tersebut juga dapat

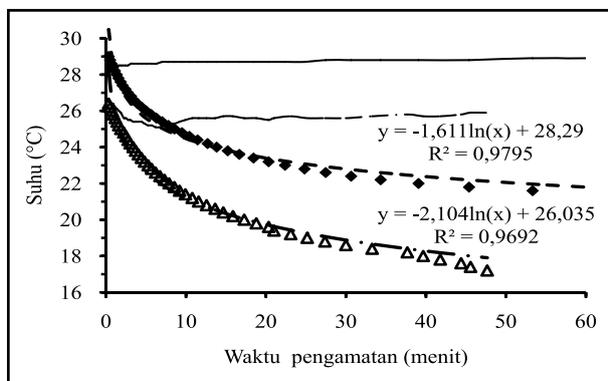
dipercaya mampu mengukur kelembaban dengan baik. Persamaan kalibrasi untuk pengukuran suhu adalah $Y = 1,018 X + 1,717$ dimana Y adalah nilai pembacaan *sensor* SHT11 dalam °C sedangkan X adalah nilai pembacaan termometer. Persamaan kalibrasi untuk pengukuran RH adalah $Y = 0,993X + 10,24$ dengan Y adalah nilai pembacaan *sensor* dalam %, sedangkan X adalah nilai pembacaan higrometer.

Hasil Uji Fungsional Aktuator Suhu

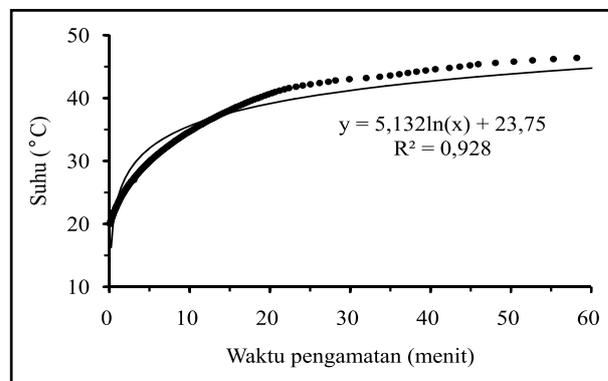
Actuator suhu terdiri dari unit pemanas dan pendingin. Hasil pengujian fungsional unit pendingin diperlihatkan pada Gambar 6 dan unit pemanas pada Gambar 7.

Uji fungsional ini dilakukan dua kali dengan suhu awal yang berbeda yaitu 29°C dan 26.6°C. Pada uji pertama unit pendingin efek *peltier* mampu menurunkan suhu dari 29°C sampai 21.2°C, sedangkan pada pengujian kedua pendingin mampu menurunkan suhu dari 26.6°C sampai 17°C. Dari hasil dua percobaan tersebut diketahui bahwa unit pendingin mampu menurunkan suhu sebesar 7.5°C di bawah suhu lingkungan. Suhu yang diperlukan untuk inkubasi ulat sutera adalah 25°C itu berarti suhu inkubasi tercapai dalam waktu 10 menit dari suhu lingkungan 29°C.

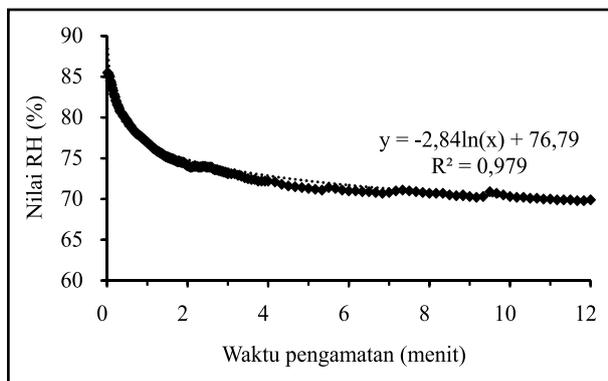
Dari grafik pada Gambar 7, terlihat bahwa unit pemanas mampu menaikkan suhu dari 20°C sampai di atas suhu lingkungan (50°C), meskipun untuk



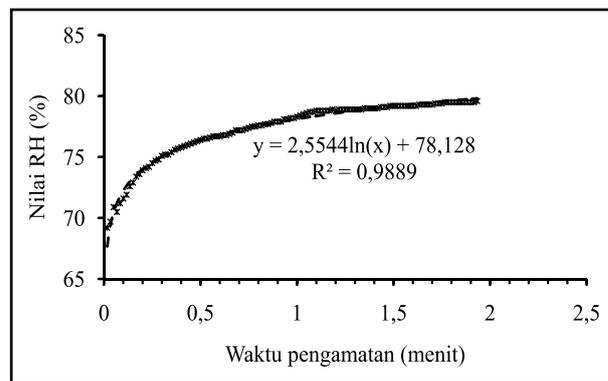
Gambar 6. Grafik uji fungsional unit pendingin



Gambar 7. Grafik uji fungsional unit pemanas



Gambar 8. Grafik uji fungsional *silica gel* sebagai penyerap uap air



Gambar 9. Grafik uji fungsional unit pengabut

ruang inkubasi hanya perlu dinaikkan sampai suhu 25°C. Diperlukan waktu antara 1.5 sampai 2 menit untuk menaikkan suhu dari 20°C sampai 25°C.

Hasil Uji Fungsional Actuator Kelembaban

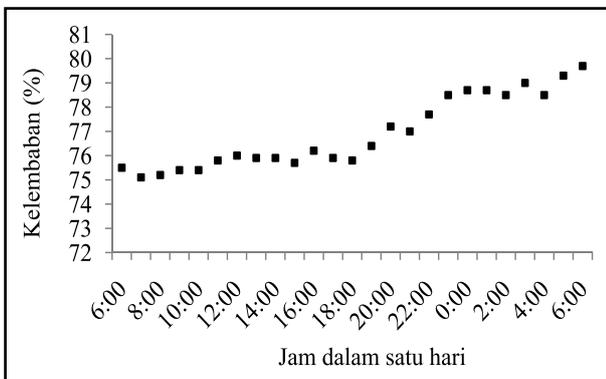
Actuator kelembaban terdiri dari unit pengabut (*mist maker*) dan unit penyerap uap air (*silica gel*). Hasil pengujian fungsional *silica gel* diperlihatkan pada Gambar 8. Jumlah *silica gel* yang dipergunakan adalah 250 gram. Pengujian dilakukan mulai dari kelembaban 85 % sampai 69 %. Dari hasil pengujian dapat dinyatakan bahwa *silica gel* berfungsi dengan baik dan mampu menurunkan kelembaban dari nilai 85 % menjadi 75 % dalam waktu 1 menit 33 detik.

Hasil pengujian fungsional unit pengabut diperlihatkan pada Gambar 9. Pengujian ini dilakukan mulai dari kelembaban 69 % sampai kelembaban 79 %. Dari hasil pengujian ini dapat dinyatakan bahwa unit pengabut berfungsi dengan baik dan mampu menaikkan kelembaban dari 69 % sampai 75 % dalam waktu 18 detik.

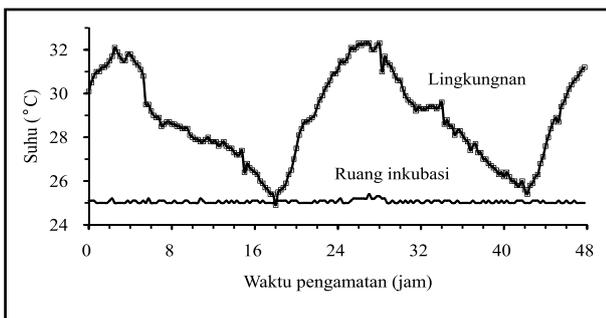
Hasil Uji Kinerja Silica Gel dalam Mempertahankan Kelembaban

Pada pengujian ini *silica gel* dalam kondisi baru sebanyak 200 gram ditempatkan dalam ruang inkubasi, kemudian sistem kendali suhu dan kelembaban dioperasikan selama 24 jam. Grafik hasil percobaan ditunjukkan pada Gambar 10.

Dari Gambar 10 terlihat bahwa *silica gel* hanya mampu mempertahankan kelembaban selama



Gambar 10. Kemampuan silica gel mengendalikan kelembaban



Gambar 11. Grafik kinerja mesin incubator dalam mengendalikan suhu 25°C

12 jam setelah itu kemampuan menyerap uap air menurun, sehingga kelembaban ruang inkubasi meningkat. Dengan demikian jika mesin *incubator* ini dioperasikan untuk mengendalikan kelembaban, maka *silica gel* perlu diganti dengan yang baru setiap 12 jam.

Hasil Uji Kinerja Inkubator tanpa Telur Ulat Sutera

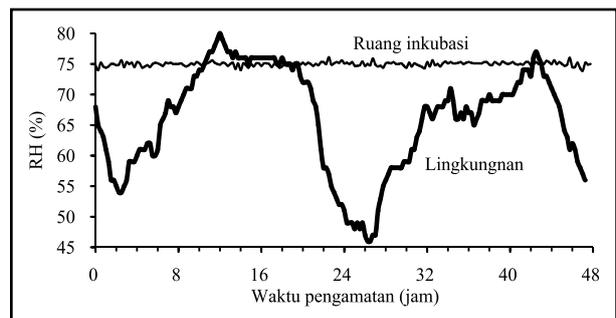
Hasil pengujian *incubator* tanpa telur ulat sutera selama 48 jam menunjukkan bahwa mesin bekerja cukup baik dalam mempertahankan suhu dan kelembaban di dalam ruang inkubasi. Kinerja pengendalian suhu (Gambar 11) dan pengendalian kelembaban (Gambar 12) di dalam ruang inkubasi cukup baik terlihat dari nilai suhu dan kelembaban yang relatif stabil pada nilai *set poin* ($T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $\text{RH} = 75\%$), walaupun suhu dan kelembaban lingkungan berfluktuasi dengan amplitudo yang cukup tinggi. Nilai suhu tertinggi di dalam ruang inkubasi adalah 25.4°C dan suhu terendah adalah 25.0 °C, *error* rata-rata = 0.1 °C, *accuracy* suhu 99.6 %. Nilai kelembaban tertinggi di dalam ruang inkubasi adalah 76.1 % dan terendah adalah 73.9 %, *error* rata-rata 1.1 %, *accuracy* kelembaban udara = 98.5 %.

Dari hasil pengujian dengan kondisi tanpa telur ini bisa dinyatakan bahwa mesin *incubator* yang dirancang dapat dipergunakan untuk inkubasi telur ulat sutera.

Hasil Uji Kinerja Incubator dalam Menginkubasi Telur Ulat Sutera

Seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa sebanyak 90 butir telur diletakkan dalam ruang inkubasi dengan pengesetan suhu pada nilai 25 °C dan kelembaban pada nilai 75 %. Pada pengujian ini *silica gel* yang dipergunakan untuk mengendalikan kelembaban hanya diganti dengan *silica gel* baru sampai hari ke dua, namun hari berikutnya digunakan *silica gel* bekas yang dijemur di bawah sinar matahari. Data hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 1.

Dari Tabel 1 terlihat bahwa keseragaman penetasan mesin incubator lebih baik, sebagian besar (90%) menetas pada hari yang sama yaitu



Gambar 12. Grafik kinerja mesin incubator dalam mempertahankan kelembaban 75 %

Tabel 1. Data uji kinerja mesin incubator dalam menetas telur ulat sutera

Menetas (hari ke-)	Mesin <i>incubator</i>		Ruang tidak terkendali	
	(butir)	(%)	(butir)	(%)
8	0	0	32	35.56
9	3	3.33	50	55.55
10	81	90	6	6.67

hari ke-10 dan hanya 3.3 % pada hari ke-9. Daya tetas telur untuk standar komersial adalah di atas 90 % (Nuraeni dan Putranto 2007). Oleh karena itu kinerja mesin *incubator* masih memenuhi standar komersial tersebut. Meskipun hari menetasnya lebih seragam namun mulai menetasnya lebih lambat dibandingkan penetasan pada ruang tidak terkendali yang sudah mulai menetas pada hari ke-8. Namun demikian masih berada dalam selang waktu tetas telur optimum untuk ulat sutera *B. mori* yaitu 9 ~ 12 hari (Anonim, 1992). Waktu tetas merupakan faktor yang sangat penting dalam budidaya ulat sutera. Penggunaan tenaga kerja dan peralatan akan lebih efisien jika waktu tetas telur seragam. Selain itu waktu tetas yang seragam akan mempermudah pemberian pakan awal bagi ulat yang baru menetas (Sihombing, 1999).

Simpulan

1. Prototipe mesin *incubator* untuk penetasan telur ulat sutera *Bombyx mori* L., telah dibuat menggunakan bahan akrilik ketebalan 5 mm.
2. Mesin *incubator* ini mampu mempertahankan suhu dan kelembaban sesuai kebutuhan untuk penetasan telur ulat sutera yaitu 25°C dengan nilai maksimum 25.4°C dan nilai minimum 25.0°C.
3. Mesin *incubator* juga mampu mempertahankan kelembaban pada daerah optimum dengan nilai minimum 73.9 % dan nilai maksimum 76.1 %. Mesin inkubasi mampu menyeragamkan waktu penetasan sebesar 90 % dibandingkan penetasan dalam ruang tidak terkendali yang memiliki keseragaman hanya 55.5 %.

Daftar Pustaka

- Atmosoedarjo, S., J. Kartasubrata, M. Kaomini, W. Saleh, Moerdoko, Pramoediby, dan S. Ranoeprawiro. 2000. *Sutera Alam Indonesia*. Yayasan Sarana Wana Jaya, Jakarta, Indonesia.
- Anonim. 2006. *Prospek Pesuteraan Alam Indonesia Sangat Besar*. Gema Industri Kecil : 3-5. Direktorat Jenderal Industri Kecil Menengah [Ditjen IKM]. Jakarta, Indonesia.
- Anonim. 1992. *Petunjuk Teknis Budidaya Ulat Sutera*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan, Departemen Kehutanan.
- Damayanti, D.I., 2002. Pengaruh konsentrasi asam klorida (HCL) terhadap daya tetas telur ulat sutera (*Bombyx mori* L.), [Skripsi], Departemen Ilmu Produksi dan Teknologi Peternakan, Fakultas Peternakan, IPB – Bogor.
- Nuraeni, S., B. Putranto. 2007. Aspek biologis ulat sutera (*Bombyx mori* L.) dari dua sumber bibit di Sulawesi Selatan. *Jurnal Perennial* 4(1) : 10-17.
- Sihombing, D.T.H. 1999. *Satwa Harapan I. Pengantar Ilmu dan Teknologi Budidaya*. Pustaka Wirausaha Muda, Bogor, Indonesia.