

## UJI KINERJA TEKNOLOGI KONTROL TEPAT GUNA UNTUK PENINGKATAN KUALITAS PRODUKSI SUTERA ALAM

*Performance Testing of an Appropriate Control Technology to Improve the Quality of Raw Silk*

Lilik Sutiarto<sup>1</sup>, Atris Suyantohadi<sup>2</sup>, Hari Purwanto<sup>3</sup>, Radi<sup>1</sup>

### ABSTRACT

*The world demand of raw-silk provides a great opportunity to the development of raw-silk production in Yogyakarta. Recently, only 21% of the overall world demand of raw-silk is fulfilled, whereas Indonesia contributes only 0.1% per year. The main problem is the lack of quality of raw-silk. The optimum growth of silkworm depends on micro environments, i.e. temperature, humidity, aeration, and light intensity. The research aimed at designing an automated "on/off" control technology in the silkworm rearing environmental monitoring in the farming system, while the expected result was high-grade quality of cocoon. In the research, two different conditions of silkworm growing environments were compared, i.e. controlled environment (in the rearing box) and uncontrolled environment.*

*The result indicated that there was increase in the quality of cocoon. Test of cocoons in laboratory showed that the average thickness of cocoons in controlled rearing environment and in rearing environment was 0.033 cm and 0.029 cm, respectively. The percentage of cocoons in controlled rearing environment was higher than cocoons in normal environment.*

**Keyword:** raw-silk, micro environments, controlling, cocoon quality.

### PENDAHULUAN

Peningkatan kebutuhan sutera dunia menyebabkan semakin sulitnya memperoleh serat sutera. Kebutuhan benang sutera dunia yang berasal dari *Bombyx mori* L. (Lepidoptera : *Bombycidae*) sebesar 92.743 ton/tahun, dan baru dapat tercukupi sebanyak 83.393 ton/tahun (Kompas, 2004). Di Indonesia, permintaan benang sutera juga terus meningkat, tingkat konsumsi sutera Indonesia telah mencapai 600 ton/tahun, namun sejauh ini baru dapat terpenuhi 150 ton/tahun dari produk sutera rakyat.

Kondisi ini menggambarkan prospek sutera alam sangat berpotensi. Melihat kenyataan tersebut, agroindustri sutera alam memberikan prospek terhadap usaha pengembangan dan peningkatan produksi kain sutera khususnya di Daerah Istimewa Yogyakarta. Usaha tani sutera alam di Daerah Istimewa Yogyakarta merupakan salah satu usaha tani kelompok (sentra) yang mampu bertahan dan tetap berkembang

di tengah kondisi krisis ekonomi dewasa ini. Namun demikian, permintaan sutera tersebut belum dapat diimbangi oleh sutera yang dihasilkan oleh petani.

Kendala utama dalam usaha pengembangan sutera alam di tingkat perdagangan ekspor adalah kualitas produksi sutera alam mentah (*raw-silk*) sebagai bahan baku industri tekstil belum memenuhi standar yang ditetapkan yaitu grade A. Kondisi saat ini menunjukkan bahwa hasil produksi sutera alam terutama di Daerah Istimewa Yogyakarta sebagian besar masih terkategori pada kualitas sedang dan rendah (grade B dan C) dengan berat rata-rata kokon basah sebesar 500 – 550 per kg.

Untuk dapat memproduksi kokon dengan grade A diperlukan pemeliharaan ulat secara intensif yang hanya dapat dilakukan dengan mengatur kondisi lingkungan pemeliharaan sesuai dengan media pertumbuhan ulat sutera yang benar.

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Pertanian, Fak. Teknologi Pertanian UGM Jl. Sosio Yustisia, Bulaksumur, Yogyakarta 55281.

<sup>2</sup> Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fak. Teknologi Pertanian UGM Jl. Sosio Yustisia, Bulaksumur, Yogyakarta 55281.

<sup>3</sup> Fakultas Biologi UGM

Dalam penelitian ini akan diterapkan teknologi kontrol untuk pemeliharaan ulat sutera guna meningkatkan kualitas produksi kokon di tingkat petani.

## BAHAN DAN METODE

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di lokasi salah satu tempat tinggal petani "Sutera Ngremboko" di Dusun Gondangan, Desa Sardonoharjo, Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Penelitian ini juga menggunakan Laboratorium Energi dan Mesin Pertanian, Jurusan Teknik Pertanian, UGM untuk pembuatan sistem kontrol dan KOPSA Merapi sebagai tempat penjualan kokon di Kab. Sleman.

### Alat dan Bahan Penelitian

Elemen-elemen kontrol yang digunakan dalam penelitian ini antara lain thermometer, luxmeter, hygrometer dan anemometer. Bahan yang digunakan dalam penelitian dapat dikelompokkan dalam dua kategori, yaitu bahan utama dan pendukung. Bahan utama tersebut adalah : (i) ulat sutera Instar III *Bombyx mori* L. (ii) daun murbei *Morus* sp. sebagai bahan pakan, (iii) kaporit dan kapur gamping sebagai desinfektan (*sterilisasi*) ruangan, (iv) silica gel, arang aktif, kapur tohor, dan penyerap air untuk mengurangi kelembaban. Sedangkan bahan pendukungnya meliputi bahan untuk pembuatan kandang (kayu, triplek, bambu), perangkat alat untuk pemeliharaan ulat sutera (kandang, sasak, kertas koran, ayakan, pisau, jaring strimin, karung bagor, seriframe).

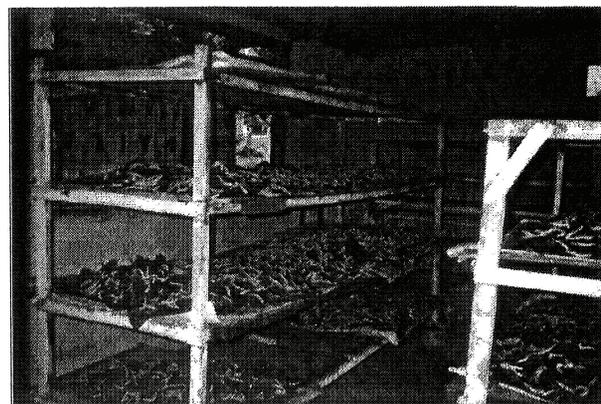
### Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam empat tahap, yaitu (i) penyiapan pakan (ii) pembuatan ruang pemeliharaan, (iii) pembuatan sistem kontrol ruangan, baik perangkat keras dan lunak, (iv) pemeliharaan ulat sutera.

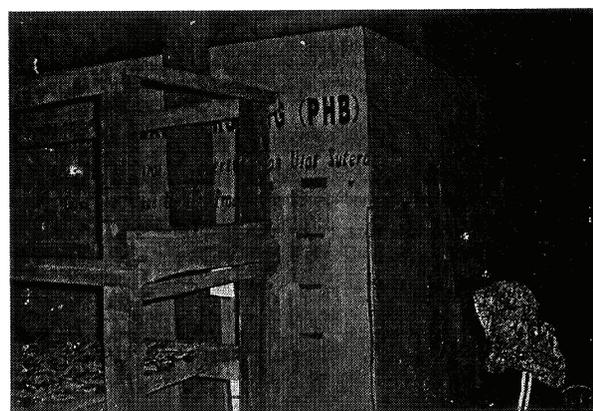
**Penyiapan pakan.** Tanaman pakan yang digunakan adalah murbei *Morus* sp. Tanaman ini dipelihara sehingga dapat menghasilkan daun yang berkualitas. Penyiapan pakan ini meliputi kegiatan penyiangan & pemupukan, pemangkasan dan pemetikan.

**Pembuatan ruang pemeliharaan.** Ruang pemeliharaan ulat sutera disiapkan dengan ukuran 5m x 3m x 3m. Meja pemeliharaan ulat sutera dibuat dengan ukuran 4m x 1,5m x 1m dengan alas meja bagian atas dibuat dari anyaman bambu. Sebagai kontrolnya digunakan model pemeliharaan tradisional yang banyak dilakukan oleh petani (Gambar 1).

**Pembuatan sistem kontrol ruangan.** Kontrol pemeliharaan ulat sutera dikembangkan dengan sistem kontrol *on-off* untuk melakukan fungsi-fungsi pengendalian ruang pemeliharaan



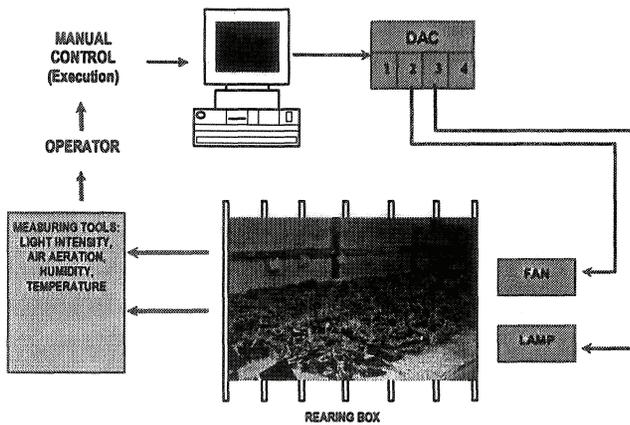
(a)



(b)

Gambar 1. (a)Rak ulat sutera buatan petani  
(b) Ruang pemeliharaan ulat sutera terkontrol

selama phase pertumbuhan ulat sutera yang meliputi pengaturan temperatur, kelembaban udara, aerasi udara dan pencahayaan ruangan. Tahapan yang dilakukan dalam menyusun sistem kontrol ruang pemeliharaan adalah: (i) penyusunan perangkat lunak (*software*) sebagai program pengendali sistem kontrol ruangan dan sekaligus untuk *data recording*, (ii) instalasi/pemasangan perangkat keras sistem kontrol (*hardware*) di dalam ruang pemeliharaan, antara lain : motor penggerak, relay, jaringan. Dalam penelitian ini coba diterapkan sistem pengendalian ruang pertumbuhan ulat sutera sebagai kelanjutan dari penelitian tahun I, yang mengarah pada penerapan teknologi tepat guna. Untuk itu tidak semua perangkat keras (*Hardware*) diterapkan pada penelitian ini. Secara skematis rancangan model sistem kontrol dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Rancangan model sistem kontrol dan instrumentasinya

Pemeliharaan ulat sutera. Ulat sutera *Bombyx mori* L. dipelihara di ruangan yang telah disiapkan. Pada interval waktu tertentu suhu dan kelembaban udara diamati dan dikontrol, serta dijaga agar tetap stabil sesuai dengan kondisi yang optimal. Kondisi ideal untuk pemeliharaan ulat sutera dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi ideal pertumbuhan kepompong ulat sutera

Instar	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Laju aerasi (m/s)	Intensitas cahaya (lux)
I	26-28	85		
II	26-28	85		
III	24-26	80	0,1-0,3	15-30
IV	24-25	75		
V	23-24	70		
Coccon	Max. 26	60-70		

Source : \*) Krishnaswami et al., 1973

\*) Veda et al., 1997

Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilakukan dengan tiga kali pemeliharaan (Pemeliharaan I, Pemeliharaan II, dan Pemeliharaan III). Pada Pemeliharaan I, yang dikendalikan hanya aerasi dan cahaya, sedang untuk pemeliharaan II dan II ditambahkan pengaturan kelembaban. Pengambilan data untuk masing-masing parameter dilakukan pada 8 titik. Pencatatan data dilakukan empat kali dalam sehari, yaitu jam 6 pagi, jam 12 siang, jam 6 sore dan jam 12 malam. Pengambilan data mulai dari instar III hingga pengokonan. Pada setiap ulangan, ulat sutera yang dipelihara disesuaikan dengan persediaan pakan daun murbai. Dalam setiap kali memelihara, bibit ulat selalu dibagi dua yaitu sebagian dipelihara didalam ruangan pemeliharaan dengan

sistem kontrol dan sebagian dipelihara di luar pada tempat pemeliharaan milik petani sutera tanpa pengontrolan sebagai pembandingan.

Analisa Kinerja Sistem Kontrol dan Kualitas Kokon

Analisa kinerja sistem kontrol dilakukan lewat analisa data yang ditunjukkan pada alat ukur, tujuannya untuk menganalisa dan melakukan tindakan penyetelan ulang terhadap parameter yang diatur apabila terjadi penyimpangan keluaran yang tidak sesuai dengan yang diharapkan. Untuk mengetahui dampak dari penggunaan sistem kontrol dilakukan analisa kualitas kokon yang meliputi beberapa parameter, yaitu (i) panjang kokon, (ii) diameter luar kokon, (iii) tebal kokon dan (iv) persentase kulit kokon, serta (v) berat kokon.

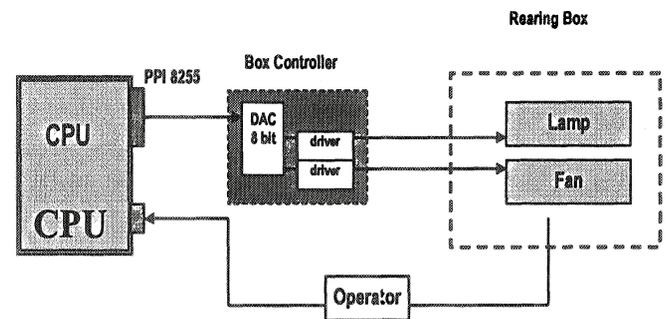
Analisa Ekonomi Pemeliharaan Ulat Sutera

Analisa ekonomi dilakukan untuk menilai sejauh mana aspek-aspek yang mempengaruhi proyek yang akan diteliti. Kemudian untuk masing-masing aspek tersebut dianalisa, sehingga kita bisa mendapat gambaran kelayakan dari masing-masing aspek.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Instalasi Hardware dan Software Sistem Kontrol

Berdasarkan desain sistem kontrol yang diterapkan maka terdapat dua parameter yang dikendalikan yaitu; (i) aerasi udara dan (ii) pencahayaan dalam ruangan seperti terlihat Gambar 3.



Gambar 3. Skema sistem kontrol

Komputer dalam sistem pengontrolan berfungsi sebagai pusat pengendali dari jalannya semua komponen sistem dengan menjalankan program (software) sistem kontrol serta data recording ke dalam media penyimpan. Programmable peripheral interface (PPI) 8255 berfungsi untuk menyesuaikan besarnya tegangan, arus, dan daya

dari peranti peripheral dengan yang ada di dalam komputer, terutama berkaitan dalam kecepatan pengolahannya. DAC (*Digital-to-Analog Converter*) berfungsi mengubah sinyal dari komputer yang berupa digital menjadi analog untuk mengendalikan rangkaian *driver* (Gayakwad and Sokoloff, 1988). Jenis DAC yang digunakan yaitu *Octal 8-Bit Digital-to-Analog Converters Type TLV 5628C*. Output dari DAC inilah yang akan mengatur tegangan yang dikenakan pada beban 220V AC. Sedangkan ADC (*Analog-to-Digital Converter*) sudah terintegrasi menjadi satu unit dalam mikrokontroler yang menghubungkan antara sensor dengan komputer. Penggerak (*driver*) berfungsi untuk mengatur dan menentukan besarnya tegangan yang masuk ke beban (*peripheral*), dalam penelitian ini terhubung dengan lampu dan kipas. Tegangan yang keluar dari DAC sebesar 0 – 5 volt dan diubah menjadi tegangan AC sebesar 0 – 220 volt. Aktuator (motor berfungsi untuk mengubah sistem sinyal output listrik menjadi aksi fisik. Ada dua aktuator yang dipasang dalam rangkaian sistem kontrol, yaitu ;(i) 6 buah lampu untuk pencahayaan ruang dengan kekuatan masing-masing 40 watt, dan (ii) kipas angin untuk aerasi udara.

Proses pengaturan intensitas cahaya dan kecepatan aerasi udara dilakukan dengan metode PWM (*pulse width modulation*). Metode ini dipakai karena sistem kontrol yang digunakan untuk keduanya adalah sistem kontrol terbuka (*open loop control system*), artinya tegangan masukan dari sensor tidak akan mempengaruhi kerja dari lampu and kipas.

Penelitian pemeliharaan ulat sutera dengan sistem kontrol ini menggunakan perangkat lunak (*software*) Builder atau Visual C++ sebagai bahasa pemrograman untuk membuat aplikasi *interfacing* komputer dan mikrokontroler berbasis Windows. Program ini digunakan untuk mengontrol semua fungsi-fungsi sistem kontrol mulai dari *running* sistem sampai proses kendali sistem. Empat langkah utama pengendalian yang dilakukan oleh program, yaitu (i) *start*, (ii) inisialisasi, (iii) *run* dan (iv) *stop*, dilakukan apabila kegiatan pemeliharaan sudah selesai sampai tahap pengokonan.

### Mekanisme Kerja Sistem Kontrol

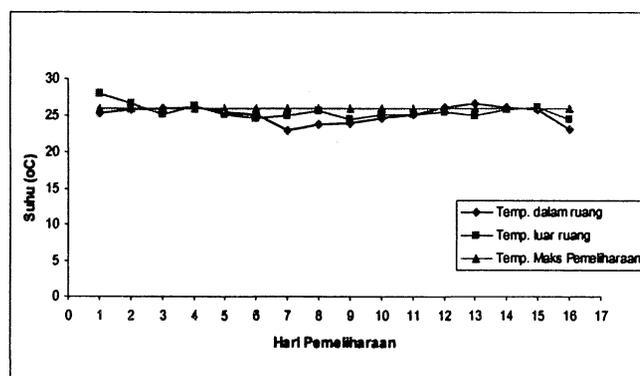
Semua komponen baik *hardware* dan *software* dirangkai dan diinstalasi menjadi satu sistem kontrol terintegrasi dalam ruang pemeliharaan. Pada saat peralatan dihidupkan, pengontrolan dimulai dari penentuan *setting point* seperti terlihat pada layar monitor. Panel pengaturan meliputi panel pengaturan lampu (lumen) dan kipas (aerasi). Setelah ditetapkan pada nilai (angka) tertentu, maka semua komponen sistem kontrol segera bekerja begitu program dieksekusi (tekan tombol “*start*”).

Setelah semua instruksi selesai dilakukan, selanjutnya pengiriman aksi ke PPI8255 sebagai *interface* ke *box controller*.

Dalam *box controller* data dari PPI8255 tersebut diubah oleh konverter D/A TLV5628C untuk dijadikan tegangan (data) analog. Tegangan analog tersebut didistribusikan kepada 2 motor (*actuator*) yang ada untuk dilakukan aksi. Pada aksi pengontrolan lampu dan kipas angin digunakan sistem kontrol terbuka dengan pertimbangan kurang signifikan / tidak ada gangguan dari luar melalui *driver*. Demikian proses ini berlangsung terus menerus sampai dihasilkan kondisi lingkungan mikro sesuai dengan yang dikehendaki seperti *setting point*.

### Analisis Kinerja Sistem Kontrol

**Pengaturan Temperatur.** Hasil dari pengolahan data pengamatan temperatur secara manual baik untuk kondisi dalam ruang pemeliharaan maupun rak pemeliharaan di luar (tanpa kontrol) dapat dilihat pada Gambar 4.



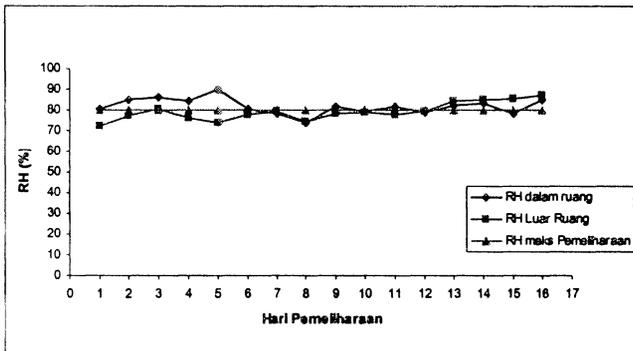
Gambar 4. Suhu di dalam ruang pemeliharaan dan rak buatan petani

Dari grafik hasil pengamatan temperatur secara manual di atas dapat diketahui bahwa temperatur di dalam ruang pemeliharaan lebih rendah daripada di luar ruangan (rak pemeliharaan tanpa kontrol). Temperatur di dalam ruang tidak pernah melebihi batas maksimum temperatur pemeliharaan, yaitu 26°C dan tercatat umumnya di bawah 26°C serta tidak pernah mencapai 20°C. Hal ini sudah sesuai dengan referensi kondisi temperatur pemeliharaan antara 20°C - 26°C. Jadi, berdasarkan grafik di atas maka dapat dikatakan bahwa kondisi optimum suhu pemeliharaan dapat dicapai.

**Pengaturan kelembaban.** Pengendalian kelembaban menggunakan silika gel, penaburan kapur pada lantai, arang aktif, dan penyerap air. Penggunaan bahan-bahan tersebut dilakukan untuk menyesuaikan kemampuan petani. Sebenarnya ada peralatan dehumidifier, namun harganya diluar jangkauan petani sehingga tidak digunakan. Pengambilan data

kelembaban dilakukan secara manual dengan menggunakan termohygro seperti pengukuran suhu. Hasil dari pengolahan data pengamatan kelembaban secara manual baik untuk kondisi dalam ruang pemeliharaan maupun rak pemeliharaan di luar (tanpa kontrol) dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. menunjukkan bahwa kelembaban dikendalikan sebesar 80 (maksimum), namun dalam kenyataanyaselama beberapa hari pemeliharaan kelembaban ruangan diatas seting poin yang diberikan. Hal in disebabkan karena plan yang digunakan tidak mampu menurunkan kelembaban ruang karena masih menggunakan pengurang kelembaban manual seperti silica gel dan kapur tohor.

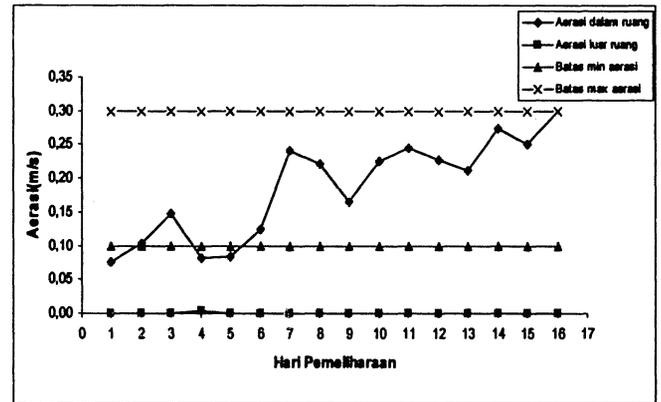


Gambar 5. Kelembaban ruang pemeliharaan dan rak buatan petani

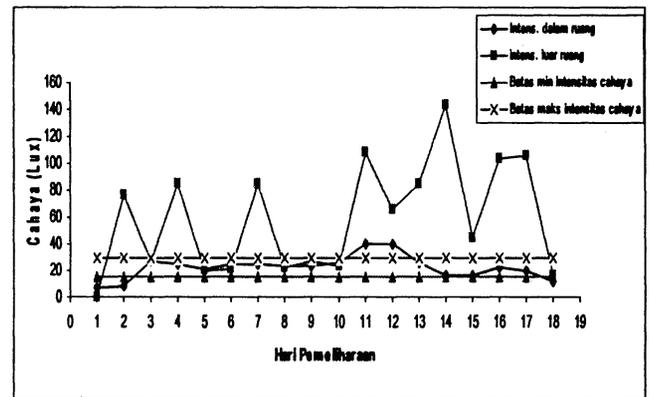
**Pengaturan aerasi udara dan intensitas cahaya.** Proses pengaturan intensitas cahaya dan aerasi digunakan metode sistem kontrol terbuka. Intensitas lampu dan aerasi dirubah dengan mengatur tegangan yang digunakan oleh beban (lampu dan kipas angin). Data pengamatan menunjukkan bahwa nilai rata-rata laju aerasi masih berada pada batas yang diinginkan walaupun ada beberapa titik pengamatan yang tidak sesuai dengan nilai *setting point*. Hal ini lebih disebabkan karena adanya gangguan internal pada sistem (Gambar 6). Hal yang sama juga terjadi pada sistem pengendalian intensitas cahaya.

Kondisi perubahan intensitas cahaya baik dalam dan luar ruang dapat dilihat pada Gambar 7. Gambar tersebut menunjukkan kemampuan kontrol dalam mengatur cahaya dalam ruangan. Secara nyata, kontrol mampu mengatur intensitas cahaya dalam ruang sesuai setting poin yang diberikan.

Beberapa gangguan pada sistem ini yang menyebabkan kestabilan sistem terganggu berasal dari gangguan internal dan eksternal. Gangguan internal antara lain pengaruh fluktuasi tegangan listrik PLN yang menyebabkan lampu seperti berkedip-kedip, sehingga merubah intensitas cahaya aktual.



Gambar 6. Laju aerasi di ruang pemeliharaan dan rak buatan petani



Gambar 7. Intensitas cahaya di dalam ruang pemeliharaan dan rak buatan petani

**Analisis Kualitas Kokon**

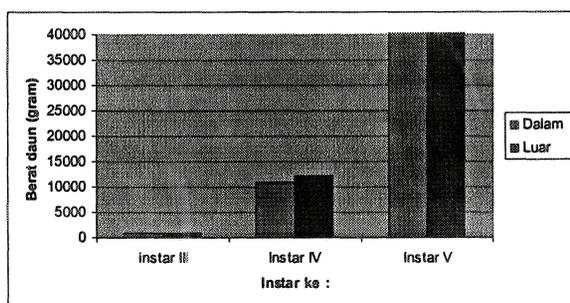
Untuk mengetahui dampak dari aplikasi sistem kontrol terkait dengan peningkatan kualitas kokon yang dihasilkan dari proses pemeliharaan ulat sutera dapat dilihat dan dipertimbangkan dalam beberapa parameter, yaitu : panjang, tebal, diameter luar, persentase kulit kokon, berat kokon. Hasil uji kualitas kokon dari penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan kualitas kepompong: ruang terkendali dan rak buatan petani

No	Parameter of Cocoon Quality	Farmer-made Rack	Controlled Rearing Box
1	Length (cm)	2,747	2,719
2	Outer-dim (cm)	1,662	1,688
3	Thickness (cm)	0,029	0,033
4	Percentage of cocoon skin (%)	16,920	17,750
5	Weight (gr/10 cocoon)	1.279,700	1.352,160

### Analisa Kebutuhan Pakan

Pada Gambar 8. menunjukkan rerata banyaknya daun yang dikonsumsi pada pemeliharaan ulat sutera selama tiga tahap penelitian. Pada penelitian penerapan teknologi ini, pakan diberikan bebas tanpa pembatasan jumlah. Dari grafik tersebut terlihat bahwa kebutuhan pakan terbesar pada instar V. Dengan basis ini maka petani dapat menyiapkan lahan pakan yang akan digunakan untuk memelihara sejumlah ulat sutera.



Gambar. 8. Berat daun murbei terkonsumsi

Dari pengamatan selama pemeliharaan, terlihat bahwa ulat yang berada dalam ruang terkontrol mengalami molting yang lebih lambat. Ini menunjukkan bahwa kondisi ruangan menyebabkan ulat makan pada waktu yang lebih panjang. Dengan demikian korelasi antara makanan dan besar ulat dapat dipastikan bahwa ulat yang dikontrol atau dikendalikan iklim mikronya mempunyai peluang besar untuk menghasilkan kokon yang lebih baik. Namun dalam penelitian ini belum diteliti dengan seksama pengaruh molting ini terhadap kualitas kokon yang dihasilkan ulat.

### Analisa Ekonomi Pemeliharaan Ulat Sutera

Analisa ekonomi dilakukan untuk mengetahui tingkat kelayakan dari investasi yang dilakukan. Dalam penelitian ini digunakan analisa *Payback Period* dan analisa *Net Present Value (NPV)*. Dengan analisa ini dihasilkan nilai *payback period*nya sebesar 1,82 tahun sehingga dengan asumsi umur ekonomis proyek 5 tahun maka proyek ini layak dikembangkan. Dari analisa di atas dapat disimpulkan bahwa *Net Present Value (NPV)* pemeliharaan ulat sutera dengan menggunakan sistem kontrol sebesar Rp 1.713.720,87 lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai *Net Present Value (NPV)* pemeliharaan dengan tanpa sistem kontrol yaitu sebesar Rp 1.940.837,25 yang berarti bahwa secara finansial pemeliharaan tradisional lebih menguntungkan.

Pada dua pemeliharaan mempunyai hasil berat produksi kokon yang relatif sama. Perbedaannya adalah kualitas kokon. Pemeliharaan dengan menggunakan sistem kontrol tepat guna menghasilkan produk kokon yang lebih bersih daripada tanpa sistem kontrol. Akan tetapi parameter yang digunakan untuk

menentukan harga ulat sutera di tingkat petani KOPSA merapi hanya memperhatikan berat atau presentasi kulit yang dihasilkan. Parameter kebersihan kokon kurang diperhatikan atau belum bisa dihargai secara riil rupiah di tingkat KOPSA Merapi. Untuk mencapai grade A maka parameter ini menjadi pertimbangan sehingga pengontrolan harus dilakukan.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Sistem kontrol ruang pemeliharaan ulat sutera yang dirancang untuk mengendalikan temperatur, kelembaban, aerasi udara dan intensitas cahaya dapat berfungsi baik sesuai dengan nilai yang ditentukan (*setting point*).

Pengendalian aerasi udara dan intensitas cahaya yang disain secara kontrol terbuka (*open loop system*) relatif lebih stabil dengan sedikit gangguan dari luar sistem. Sedangkan untuk pengendalian kelembaban masih dilakukan secara manual yaitu dengan menggunakan arang aktif, kapur, dan penyerap air.

Penggunaan sistem kontrol atau dengan pengeluaran biaya yang dipakai dalam pemeliharaan ulat sutera dengan sistem kontrol bisa meningkatkan kualitas kokon tetapi belum mampu memberikan keuntungan finansial bagi para petani.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan menggunakan dana penelitian Hibah Bersaing XII/1 Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Tahun Anggaran 2004. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Radi, Yogi Sudraji, Yanuar Sapta Aji, Purno Nugroho dan Adi Cahyono, keluarga Bpk Wakidi atas kontribusinya dalam pelaksanaan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2004). *Ronald Geroldus, Maju Bersama Sutra Sulawesi*. Harian Kompas 16 September 2004, Jakarta.
- Atmosoedarjo, S., Kartasubrata J., Kaomini, M., Saleh, W., dan Moerdoko, W. (2000). *Sutera Alam Indonesi.*, Yayasan Sarana Wana Jaya. Jakarta.
- Gayakwad, R., dan Leonard Sokoloff. (1988). *Analog and Digital Control System*. Prentice-Hall, Inc. New Jersey.
- Suyantohadi, A. (2002). *Optimasi Pertumbuhan Ulat Sutera Untuk Peningkatan Kualitas Kokon*. Laporan Penelitian DIKS Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Veda, K., I. Nagai, dan M. Horikumi. (1997). *Silkworm Rearing*. Science Publisher Inc. New Hampshire, USA