



Jenis Artikel: *orginal research*

Rancang Bangun Pengontrol Suhu dan Kelembaban di dalam *Solar Dryer* dengan Arduino

Liefson Jacobus¹, Karunia Odaligo Sandroto², Daniel Pianka¹, Emerita Setyowati¹, Surjawirawan Dwiputranto¹

¹Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Komputer, Universitas Kristen Immanuel

² SMA Negeri 1 Hilisalawa'ahe Kabupaten Nias Selatan

Corresponding e-mail: liefson@ukrimuniversity.ac.id

KATA KUNCI: solar dryer, Arduino uno, DHT22 sensor

ABSTRAK. Alat otomatisasi buka tutup katup *solar dryer* berdasarkan nilai kelembaban yang dibaca dari sensor telah berhasil dibuat. Sensor pengukuran dikalibrasi dengan membandingkan nilai pada alat ukur standar (klimaloggpro) dengan nilai toleransi ukur suhu 1°C kelembaban 3%. Rancangan *hardware* menggunakan kotak kayu dengan saklar buka tutup, arduino uno sebagai pengatur buka tutup dihubungkan dengan komputer dan sensor suhu dan kelembaban DHT22 sebagai sumber data pengukuran. Pengumpulan data dilakukan dengan tiga sistem *solar dryer* yaitu sistem tertutup, sistem terbuka dan sistem buka tutup. Sistem buka tutup diatur berdasarkan nilai kelembaban (%) yang dibaca di ruang pengering. Jika membandingkan ketiga sistem pengukuran yaitu sistem terbuka, sistem tertutup dan sistem buka tutup, sistem terbuka lebih baik dibanding sistem buka tutup dan sistem tertutup. Sistem terbuka dapat mengurangi massa air sebanyak 380 gram, sistem tertutup 229 gram, sistem buka tutup 337gram dengan nilai buka tutup 65%-90%.

Diterima: 08 Januari 2022

Direvisi: 05 November 2022

Diterbitkan: 30 Desember 2022

1. Pendahuluan

Matahari merupakan sumber utama energi di bumi. Indonesia yang terletak di kawasan iklim khatulistiwa, mendapatkan jumlah sinar surya rata-rata harian sebesar 4000-5000 Wj/m² (Supranto, 2015). Indonesia adalah negara agraris dan maritim. Ketika musim panen tiba, produk hasil pertanian dan perikanan perlu diawetkan

supaya dapat disimpan dalam waktu yang relatif lama dan dijual dapat dijual ke luar daerah untuk meningkatkan pendapatan. Metode pengawetan yang paling populer adalah pengeringan. Pengeringan selama ini dilakukan dengan cara tradisional dengan menjemur produk di bawah sinar matahari langsung. Pengeringan secara terbuka menimbulkan beberapa masalah yang dapat merugikan para petani misalnya pengeringan yang tidak seragam, banyak kehilangan yang disebabkan binatang liar, kemungkinan terjadi pencemaran tinggi, cuaca yang berubah secara tiba-tiba dan memerlukan tempat yang luas.

Selain cara tradisional, pengeringan bisa menggunakan kayu bakar atau gas (LPG) dengan memanfaatkan panas dari hasil pembakaran. Kayu bakar harga cukup murah namun penggunaan yang cukup banyak akan menyebabkan hutan berkurang dan kerusakan lingkungan. Penggunaan LPG cukup baik karena jumlah gas masih melimpah di bumi. Namun harga gas cukup mahal dan gas masih belum tersedia untuk beberapa pulau di Indonesia.

Untuk mengatasi masalah ini, di laboratorium energi terbarukan Universitas Kristen Immanuel dikembangkan sistem pengering tenaga surya (*solar dryer*). Pada *solar dryer*, terdapat dua komponen yaitu pengumpul surya (kolektor surya) dan ruang pengering. Pengumpul surya merupakan komponen yang terpenting, berfungsi untuk menyerap panas dari sinar surya kemudian dialirkan ke ruang pengering. Dalam ruang pengering terjadi proses pengeringan, udara panas akan menyerap kandungan air pada bahan kemudian dialirkan ke lingkungan. Dengan sistem ini akan mengurangi kerusakan pada bahan yang disebabkan oleh lingkungan.

Salah satu alternatif agar sistem ini dapat efisien yaitu dengan memanfaatkan udara panas yang keluar dari ruang pengering. Udara panas yang keluar dari ruang pengering dialirkan kembali ke pengumpul surya. Dari pengumpul surya udara dialirkan ke ruang pengering dan dialirkan kembali ke pengumpul surya. Dengan sistem ini suhu udara akan terus bertambah sehingga dapat mengeringkan bahan lebih cepat. Namun suhu yang terlalu tinggi tidak terlalu baik karena dapat merusak bahan pertanian. Untuk itu diperlukan suatu sistem otomatis yang dapat mengontrol suhu dan kelembaban. Dalam penelitian ini didesain sistem buka tutup otomatis. Jika suhu dan kelembaban di dalam ruang pengering terlalu tinggi katub akan terbuka dan jika kelembaban rendah dan suhu sistem akan menutup. Hal ini dapat mengoptimalkan pengeringan supaya bahan lebih cepat kering dengan memanfaatkan udara panas yang keluar dari ruang pengering sehingga diharapkan pengeringan dapat berjalan efektif dan efisien serta kualitas bahan yang dikeringkan tetap terjaga.

2. Dasar teori

2.1. Pengeringan

Pengeringan pada dasarnya adalah penghilangan kadar air pada suatu bahan melalui proses penguapan. Metode mekanis dalam menghilangkan cairan dari suatu benda padat tidak disebut sebagai pengeringan. Sebagian besar konsumsi energi selama proses penguapan kandungan air menjadi uap adalah 2258 kJ pada tekanan 101.3 kPa. Air yang terdapat dalam bahan yang dikeringkan dapat berupa kelembaban bebas maupun terikat yang akan mempengaruhi kecepatan pengeringan. Kandungan kelembaban dapat disebut dalam kandungan bola basah maupun kering. Misal rasio kelembaban basah adalah berat uap air per satuan material basah. Jika m_w = massa bahan basah, m_d adalah massa bahan kering maka rasio kelembaban basah X_w dalam satuan kg/kg kelembaban dirumuskan sebagai berikut :

$$X_w = \frac{m_w}{m_w + m_d} \quad (1)$$

sedangkan rasio kelembaban kering X_d merupakan perbandingan massa bahan basah m_w terhadap massa bahan kering m_d yang dirumuskan sebagai berikut (Visavale, G.L., 2012):

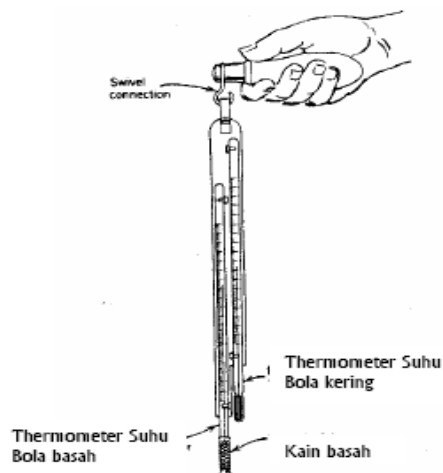
$$X_d = \frac{m_w}{m_d} \quad (2)$$

Pada saat suatu bahan dikeringkan, terjadi dua proses secara bersamaan yaitu perpindahan energi panas dari lingkungan untuk menguapkan air pada permukaan bahan dan perpindahan massa di dalam bahan akibat penguapan pada proses pertama (Arta, 2014).

2.3. Suhu Bola Kering dan Basah serta Diagram Psikrometri

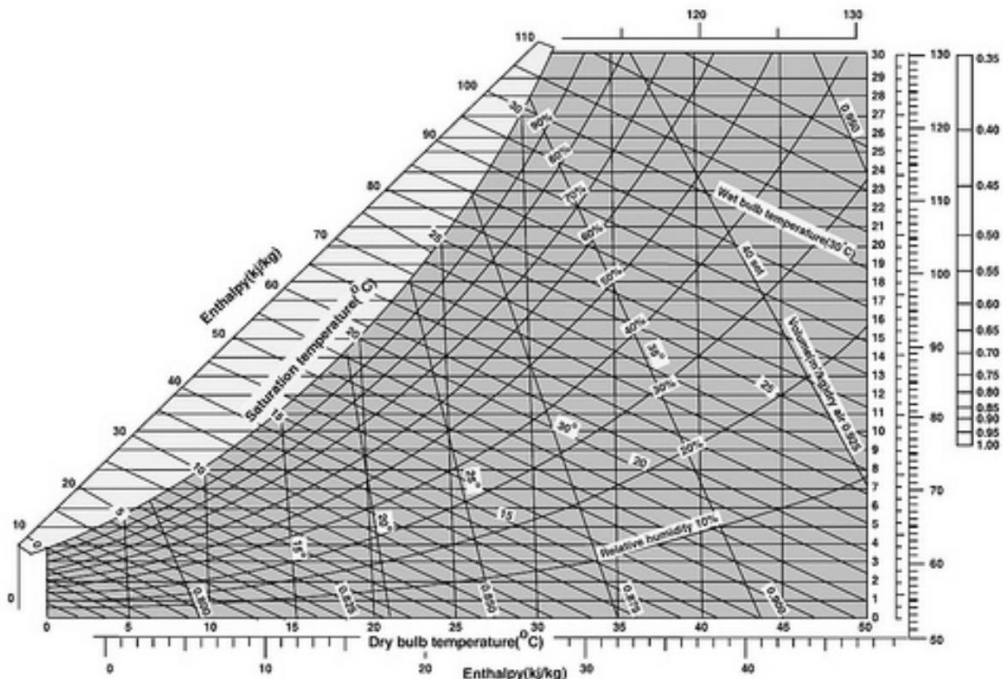
Termometer yang lazim digunakan untuk mengukur suhu adalah termometer bola kering. Sensor panas (*bulb*) termometer yang digunakan untuk mengukur suhu dijaga dalam kondisi kering maka termometernya disebut sebagai termometer bola kering. Hasil pengukuran suhu dengan alat ini disebut sebagai suhu bola kering, dalam keadaan biasa bila ukuran suhu tersebut tidak diberi penjelasan khusus maka dianggap sebagai ukuran bola kering. Sebagai contoh : 20°C bola kering atau cukup dengan : 20°C . Sensor panas termometer yang digunakan sengaja dikondisikan menjadi basah, yaitu sengaja ditutup oleh kain yang higroskopis maka ukuran suhu yang diperoleh disebut sebagai ukuran suhu bola basah, dalam kondisi biasa maka adanya cairan yang melingkupi sensor panas ini maka penunjukkan skala suhu bola basah akan lebih rendah dengan penunjukkan suhu bola kering, tetapi bila kandungan uap air di udara mencapai titik maksimalnya (titik jenuh) maka penunjukkan kedua jenis termometer tersebut menjadi sama.

Waktu udara dalam keadaan jenuh maka cairan yang ada disekeliling *bulb* termometer tidak dapat menguap lagi sehingga penunjukkan termometer basah menjadi sama dengan termometer bola kering, tetapi bila kondisi udara ruang belum mencapai saturasi maka penunjukkan termometer bola basah selalu lebih rendah dari bola kering, akibat adanya efek penguapan cairan yang terjadi pada termometer bola basah. Alat khusus dapat dipergunakan untuk mengukur bola basah dan bola kering disebut *slink psychrometer*. Bentuk dari *slink psychrometer* dapat dilihat pada Gambar 1. (Susanto, 2011).



Gambar 1. *Slink Psychrometer*. (Susanto, 2011)

Dalam pengeringan, fenomena psikrometri sangat penting karena mengacu pada kandungan uap air yang mengontrol kecepatan pengeringan. Pada saat sejumlah panas digunakan untuk pengeringan, suhu dan kecepatan penguapan yang muncul tergantung pada konsentrasi uap air di lingkungan. Ketika cairan bebas atau terdapat permukaan basah, pengeringan terjadi di suhu saturasi. Di sisi lain ketika air di lingkungan solar dryer menguap, suhu penguapan yang muncul akan tergantung pada konsentrasi uap air di sekitar gas. Efeknya, cairan harus dipanaskan sampai suhu tertentu yang mana tekanan uapnya sama atau lebih besar dari tekanan uap gas. Diagram psikrometri (Gambar 2) sangat berguna untuk menjelaskan proses pengeringan (Visavale, G.L., 2012).



Gambar 2. Diagram psikometrik pengeringan (Visavale, G.L., 2012)

2.4. Mikrokontroler

AVR ATmega8 adalah mikrokontroler CMOS 8-bit berarsitektur AVRISC yang memiliki 8K *byte in-System Programmable Flash*. Mikrokontroler dengan konsumsi daya rendah ini mampu mengeksekusi instruksi dengan kecepatan maksimum 16MIPS pada frekuensi 16MHz. Jika dibandingkan dengan ATmega8L, perbedaannya hanya terletak pada besarnya tegangan yang diperlukan untuk bekerja. Untuk ATmega8 tipe L, mikrokontroler ini dapat bekerja dengan tegangan antara 2,7 - 5,5 V sedangkan untuk ATmega8 hanya dapat bekerja pada tegangan antara 4,5 - 5,5 V (Agung M.B., 2014).

2.5. Arduino Uno

Arduino Uno adalah board berbasis mikrokontroler pada ATmega328 yang memiliki 14 pin digital input / output (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, 16 MHz osilator kristal, sebuah koneksi USB, sebuah konektor sumber tegangan, sebuah header ICSP, dan sebuah tombol reset. Arduino Uno memuat segala hal yang dibutuhkan untuk mendukung sebuah mikrokontroler. Hanya dengan menghubungkannya ke sebuah komputer melalui USB atau memberikan tegangan DC dari baterai atau adaptor AC ke DC sudah dapat menggunakannya.



Gambar 3. Arduino Uno. (Agung M.B, 2014)

Arduino Uno menggunakan ATmega16u2 yang diprogram sebagai *USB to-serial converter* untuk komunikasi serial ke komputer melalui port USB.m. Tampak atas Arduino Uno dapat dilihat pada Gambar 3.

2.6. Sensor suhu dan kelembaban

DHT 22 adalah modul sensor suhu dan sensor kelembaban udara yang mempunyai jangkauan pengukuran suhu antara (-40)-80 °C dan jangkauan pengukuran kelembaban udara 0-100% RH Modul sensor ini memiliki akurasi pengukuran suhu sekitar 0,5 °C dan memiliki akurasi pengukuran kelembaban 2% RH Adapun Gambar sensor yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan Gambar 4.



Gambar 4. DHT22 Sensor Suhu dan Kelembaban (Wijaya, 2016)

Sensor ini merupakan sensor dengan kalibrasi sinyal digital yang mampu memberikan informasi suhu dan kelembaban. Sensor ini tergolong komponen yang memiliki tingkat stabilitas yang sangat baik dan termasuk elemen resistif pengukur suhu (NTC). Selain Memiliki kualitas yang sangat baik, respon cepat, dan harga yang terjangkau. DHT 22 juga memiliki fitur kalibrasi yang sangat akurat. Koefisien kalibrasi ini disimpan dalam program memori, sehingga ketika internal sensor mendeteksi sesuatu, maka modul ini membaca koefisien sensor tersebut. Modul ini cocok digunakan untuk banyak aplikasi pengukuran suhu dan kelembaban. Tabel 1 menunjukkan spesifikasi teknis sensor suhu DHT22. (Wijaya, 2016)

Tabel 1. Spesifikasi Sensor DHT22

No	Spesifikasi	
1.	Tegangan <i>suply</i>	+5 Volt
2.	<i>Range</i> temperature	-40 – 80 °C
3.	Presisi pengukuran temperatur	0,5°C
4.	<i>Range</i> kelembaban	0 – 100% RH
5.	presisi pengukuran kelembaban	2% RH
6.	Output	Digital

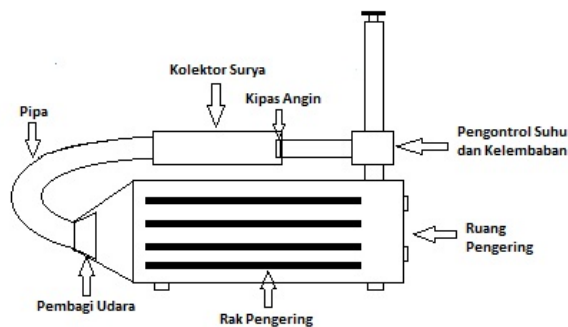
2.7. Motor servo

Motor *servo* adalah sebuah motor DC dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi rotor-nya akan diinformasikan kembali kerangkaian kontrol yang ada di dalam motor *servo*. Motor ini terdiri dari motor DC, serangkaian *gear*, potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran *servo*. Sedangkan sudut dari sumbu motor *servo* diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor. Keunggulan dari penggunaan motor *servo* adalah tidak bergetar dan tidak ber-resonansi saat beroperasi, daya yang dihasilkan sebanding dengan ukuran dan berat motor, penggunaan arus listrik sebanding dengan beban yang di berikan, resolusi dan akurasi dapat diubah dengan hanya mengganti *ecoder* yang dipakai dan tidak berisik saat beroperasi dengan kecepatan tinggi (Anonim, 2014).

3. Metode Penelitian

3.1. Rancang Bangun Instrumen

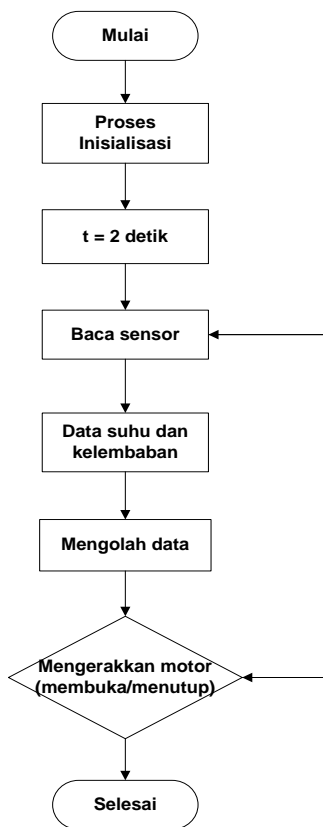
Perangkat terbuat dari kayu dengan panjang 46 cm, lebar 23 cm dan tinggi 23 cm. Bagian luar kotak dilapisi oleh *styrofoam* supaya panas pada proses pengeringan tidak keluar ke lingkungan. Di dalam perangkat pengontrol suhu dan kelembaban terdapat bagian yang berfungsi untuk membuka dan menutup berdasarkan nilai kelembaban yang digerakkan oleh motor *servo* dan dikontrol oleh Arduino. Bentuk dari perangkat dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Rancang bangun instrumen

3.2. Rancang Bangun Software

Proses rancang bangun program dapat dilihat pada *flow chart*. yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Alur rancang bangun program

3.3 Pengujian Sistem

Perangkat yang sudah selesai dibangun, selanjutnya masuk dalam tahap pengujian dengan cara dirangkai seperti Gambar 7. Perangkat pengujian terdiri dari ruang pengering, kolektor dan alat buka tutup.



Gambar 7. Rangkaian alat pengujian

3.3 Analisis

Analisa data pengukuran menggunakan diagram psikrometrik dan menimbang massa massa air yang berkurang dengan cara menghitung massa air awal dan massa air akhir setelah proses pengukuran selesai.

4. Hasil

4.1. Kalibrasi Sensor DHT22

Kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukkan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukur yang mampu telusur kestandar nasional untuk satuan ukuran atau internasional. Selisih nilai pada masing-masing sensor dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Selisih nilai sensor

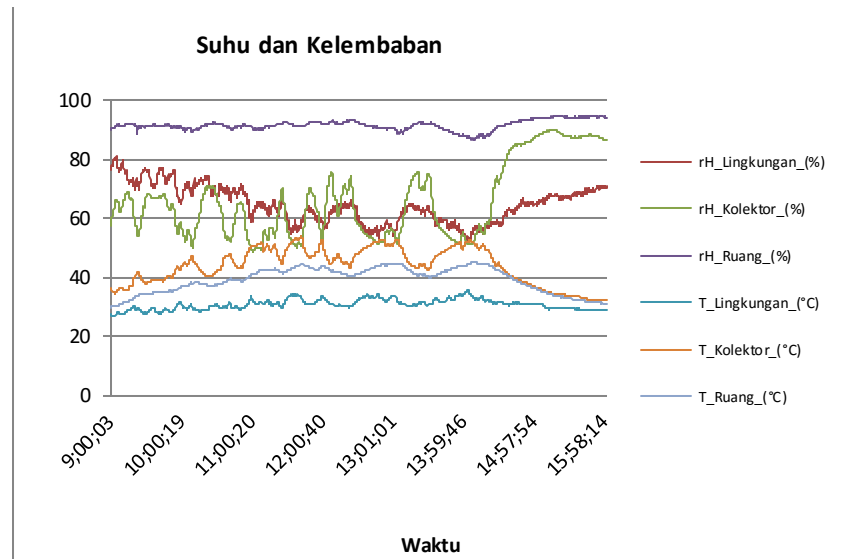
Waktu	Sensor 1		Sensor 2		Sensor 3	
	rH %	T °C	rH %	T °C	rH %	T °C
21:37:27	10,6	0,8	6,6	0,8	10,1	1
21:42:28	11	0,8	7,1	0,8	10,9	1
21:47:29	11,2	0,8	7,4	0,8	11	1
21:52:30	11,3	0,8	7,6	0,8	11,2	1
21:57:31	11,6	0,8	7,8	0,9	11,4	1,1
22:02:32	11,8	0,8	7,9	0,9	11,6	1,1
22:07:33	11	0,9	7,1	1	10,9	1,2
22:12:34	11,1	1	7,2	1	11,6	1,2
22:17:35	11,3	1,1	7,3	1,1	11,6	1,3
22:22:36	11,4	1,1	7,4	1,1	11,8	1,3
22:27:37	11,5	1,2	7,7	1,2	11,9	1,4
22:32:38	12,7	1,3	8,9	1,3	13	1,5

Dalam penelitian ini kalibrasi sensor dilakukan dengan cara membandingkan nilai suhu dan kelembaban sensor DHT22 dengan nilai suhu dan kelembaban pada alat ukur yang sudah standar yaitu KlimaLoggPro.

KlimaLoggPro memiliki nilai toleransi untuk suhu 1°C kelembaban 3 % sedangkan sensor pengukuran nilai paling kecil suhu 1,3 °C kelembaban 8,9 % artinya sensor pengukuran tidak terlalu baik.

4.2. Pengukuran Suhu dan Kelembaban Sistem Tertutup

Hasil pengukuran pada proses tertutup dapat dilihat pada Gambar 8.

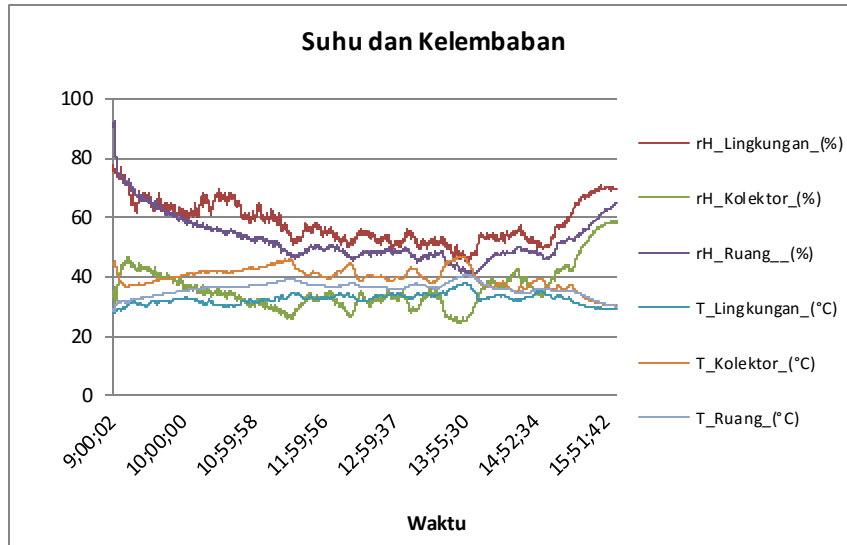


Gambar 8. Grafik suhu dan kelembaban pada sistem tertutup.

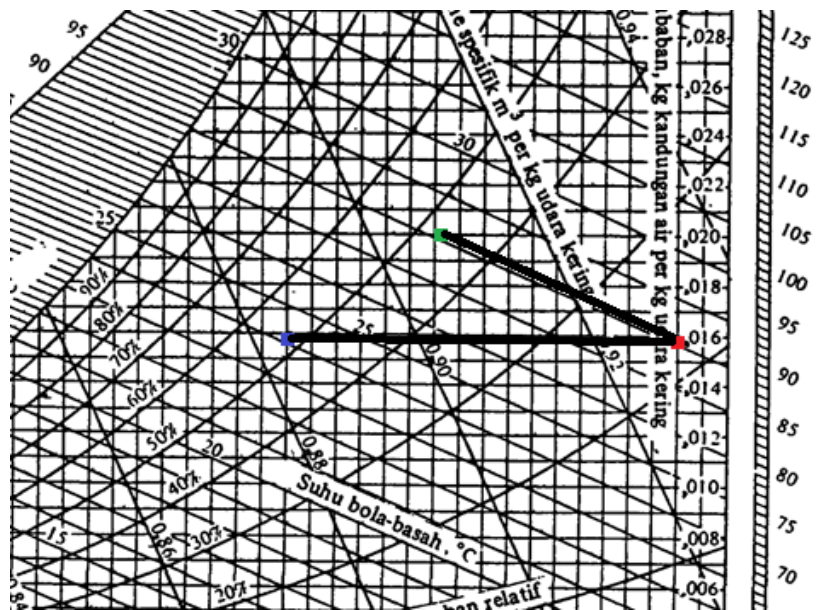
Dengan sistem ini massa air di dalam spons yang berkurang sebanyak 229 gram. Sistem ini tidak terlalu banyak menyerap air karena massa air yang diserap tidak dapat keluar ke lingkungan. Sistem ini sangat baik ketika cuaca dalam keadaan mendung seperti pada jam 14:00 WIB. Suhu di dalam ruang pengering masih cukup tinggi sehingga proses pengeringan masih dapat berlangsung.

4.3. Pengukuran Suhu dan Kelembaban Sistem Terbuka

Hasil pengukuran sistem terbuka dapat dilihat pada Gambar 9. Sistem pengeringan ini adalah sistem pengeringan yang digunakan sebelumnya. Pada sistem ini massa air yang diserap sebanyak 380 gram. Dengan menggunakan diagram psikrometrik dapat diketahui seberapa banyak massa air yang diserap seperti pada Gambar 10 sebanyak 4 g/kg massa air yang diserap pada saat kondisi dan keadaan sama untuk setiap datanya.



Gambar 9. Grafik suhu dan kelembaban pada sistem terbuka.



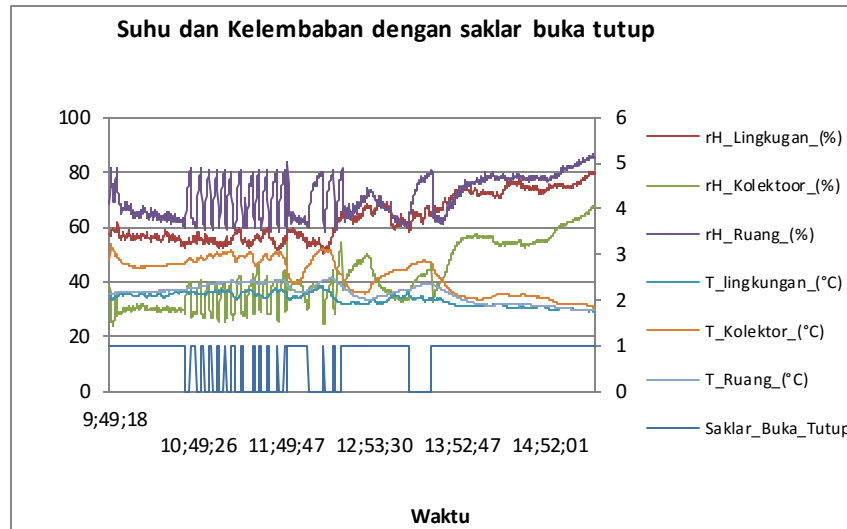
Gambar 10. Hasil pengukuran dengan diagram psikometrik (Visavale, G.L., 2012).

4.4. Pengukuran Suhu dan Kelembaban Sistem Buka Tutup

Sistem buka tutup diatur berdasarkan nilai kelembaban di dalam ruang pengering. Nilai ini terdiri dari nilai membuka dan nilai untuk menutup sistem. Oleh karena itu data diambil pada nilai kelembaban yang bervariasi.

Kelembaban 60%-80%

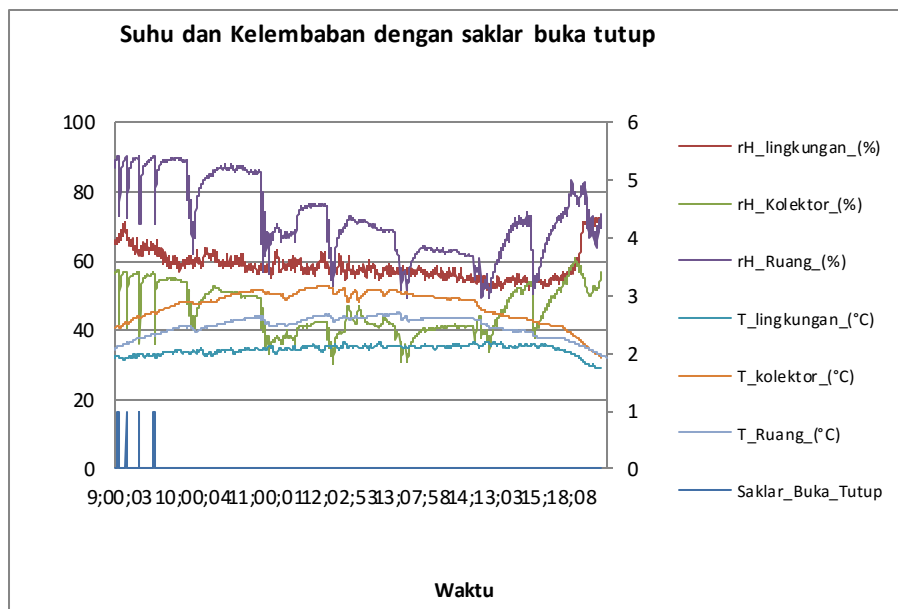
Kelembaban 60 % - 80 % artinya adalah sistem akan buka ketika kelembaban lebih dari 80 % dan tutup ketika kelembaban kurang dari 60 %. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 11. Dari grafik dapat dilihat proses buka tutup pada alat berfungsi dengan baik. Grafik menunjukkan proses buka tutup terjadi dari jam 10:40 WIB sampai jam 13:30 WIB. Di atas jam 13:30 sistem menjadi terbuka ini terjadi karena suhu kolektor turun maka suhu di dalam ruang pengering juga ikut turun. Jika suhu turun maka kelembaban menjadi naik, kelembaban tidak pernah kurang dari 60% sehingga sistem tidak dapat tutup.



Gambar 11. Grafik suhu dan kelembaban dengan saklar buka tutup pada kelembaban 60%-80%.

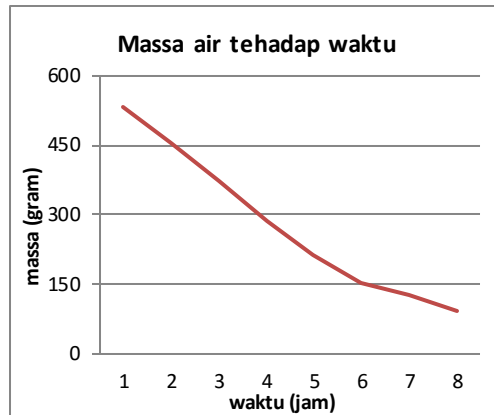
Kelembaban 75%-90%

Kelembaban 75 % - 90 % artinya adalah sistem akan buka ketika kelembaban lebih dari 90 % dan tutup ketika kelembaban kurang dari 75 %. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Grafik suhu dan kelembaban dengan saklar buka tutup pada kelembaban 75%-90% dan menimbang setiap satu jam.

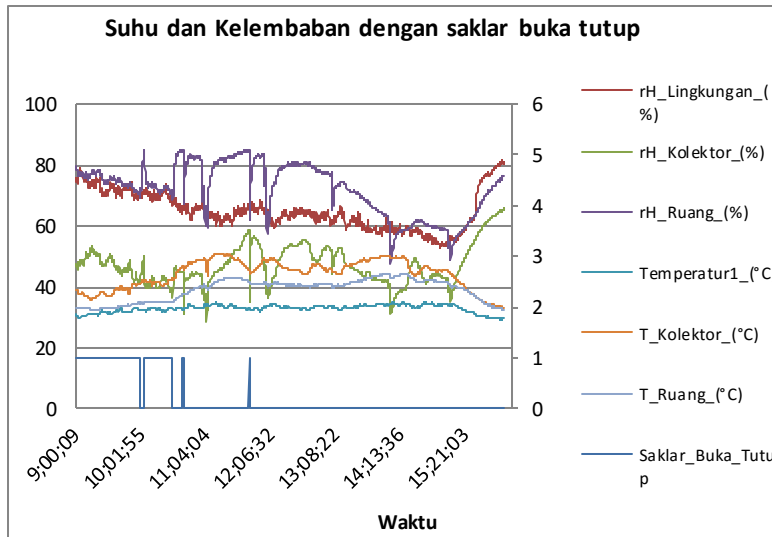
Dari grafik dapat dilihat bahwa setiap melakukan pengukuran massa air yang berkurang di dalam ruang pengering, kelembaban di dalam ruang berkurang dengan cepat tetapi suhu berkurang tidak terlalu cepat. Ketika membuka ruang pengering udara panas yang bercampur air ikut keluar. Menimbang setiap jam mengganggu proses pengeringan. Proses membuka menutup hanya terjadi di awal, kelembaban hanya mencapai 88%, tidak pernah lebih dari 90% sehingga sistem tidak pernah buka. Dengan sistem ini dapat mengeringkan sebanyak 440 gram massa air. Proses berkurangnya massa air di dalam ruang pengering dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Grafik massa air yang berkurang di dalam ruang pengering terhadap waktu.

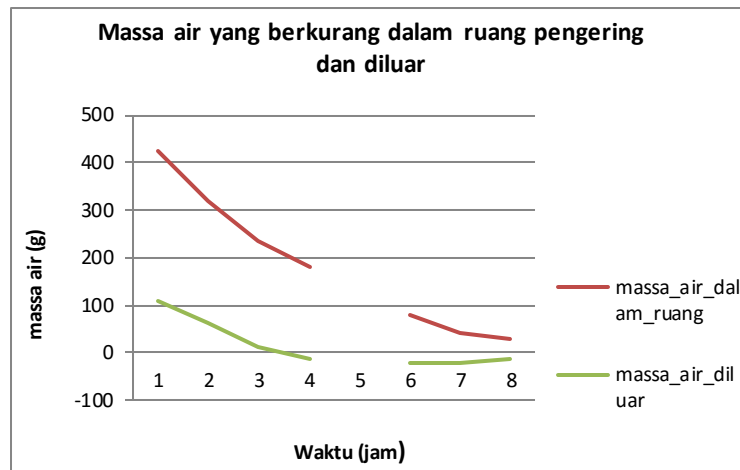
Kelembaban 70%-85%

Nilai 70%-85% berdasarkan hasil proses pengukuran kelembaban 75%-90%. Pada proses 75%-90% dapat dilihat pada Gambar 14. Dari gambar 14. dapat dilihat nilai maksimal kelembaban hanya mencapai 88%. Dengan menimbang massa air setiap satu jam dan dibandingkan dengan cara tradisional. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik suhu dan kelembaban dengan saklar buka tutup pada kelembaban 70%-85% dan menimbang setiap satu jam.

Dengan nilai kelembaban 70%-85% seharusnya membuka menutup dapat berlangsung dengan baik. Tetapi proses membuka dan menutup tidak bekerja dengan baik. ini mungkin disebabkan karena menimbang setiap satu jamnya atau instalasi alat kurang baik.

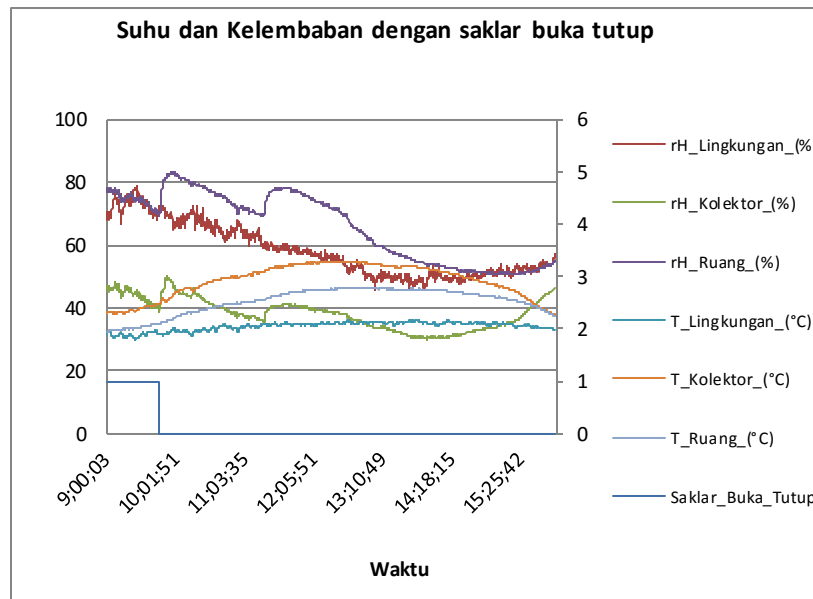


Gambar 15. Grafik massa air yang berkurang di dalam ruang pengering dan di luar dengan cara tradisional.

Pada proses pengukuran ini massa air yang diserap sebanyak 392 gram. Proses berkurangnya massa air di dalam spons pada ruang pengering dan cara tradisional dapat dilihat pada Gambar 15. Di ruang pengering dengan waktu 2 jam 30 menit mengeringkan sebanyak 200 gram. Dengan luas tempat yang sama *solar dryer* lebih banyak mengeringkan karena memiliki 4 rak pengeringan. Jika membandingkan dengan salah satu rak pada ruang pengering yang dapat mengeringkan lebih banyak yaitu rak nomor 4 dengan pengeringan tradisional. Pada waktu 2 jam 30 menit di rak 4 mengeringkan sebanyak 74 gram sedangkan cara tradisional mencapai 111 gram, artinya cara tradisional lebih cepat namun membutuhkan tempat yang cukup luas.

Kelembaban tanpa menimbang massa air 70%-85%

Hasil pengukuran 70% - 85% tanpa menimbang massa air setiap jamnya dapat dilihat pada Gambar 16.



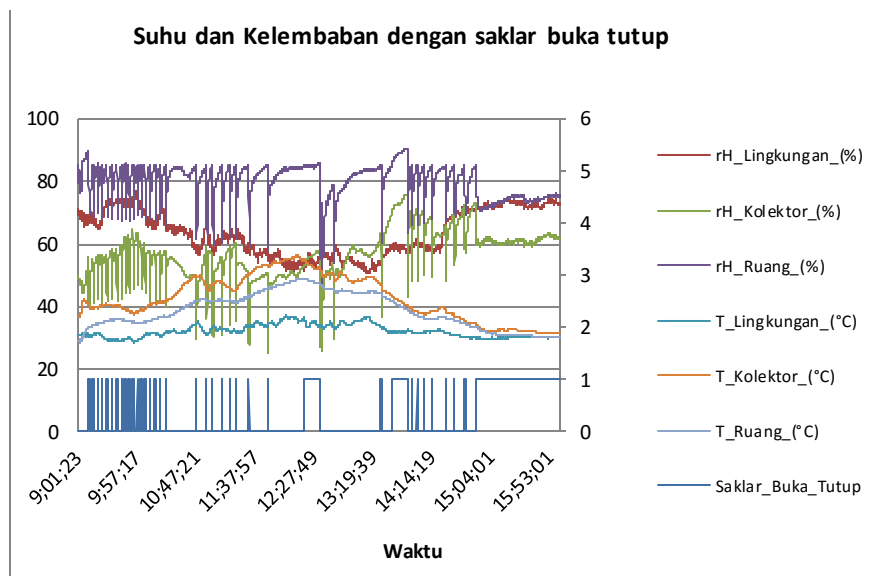
Gambar 16. Grafik suhu dan kelembaban dengan saklar buka tutup pada kelembaban 70%-85% tanpa menimbang setiap satu jam.

Dari Gambar 16. dapat dilihat bahwa proses buka tutup hanya terjadi sekali selama proses pengukuran. Proses buka terjadi diawal pengukuran selanjutnya sistem tertutup sampai proses pengukuran selesai. Ternyata Jacobus, L., Odaligo, K.S., Pianka, D., Setyowati, E., Rancang Bangun Pengontrol Suhu Vol 3 (4), 2022 liefson@ukrimuniversity.ac.id 65

hal ini disebabkan oleh sambungan antara alat buka tutup dan kolektor sebagian terlepas. Mungkin ini menjadi salah satu penyebab proses buka tutup tidak bekerja dengan baik Pada proses pengukuran sebelumnya yang telah dilakukan dan mungkin juga penyebab proses pengeringan lebih cepat.

Kelembaban 70%-85%

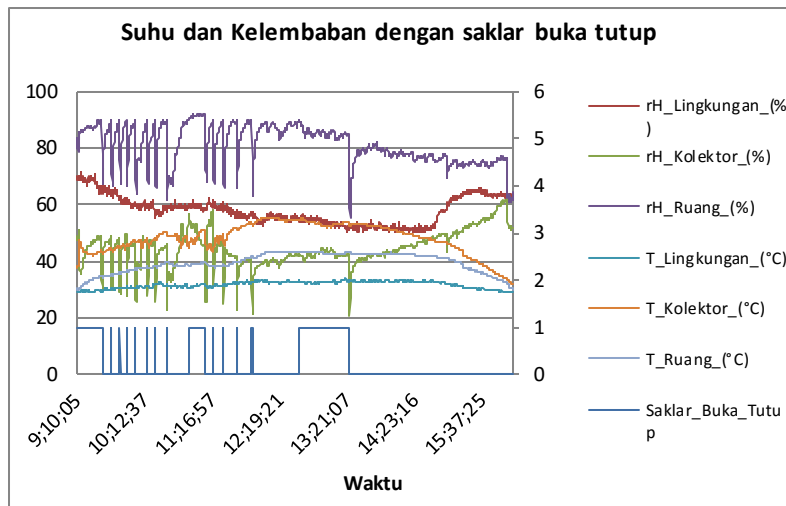
Hasil pengukuran 70 % - 85 % tanpa menimbang setiap jamnya dapat dilihat pada Gambar 17. Pada proses ini tidak dilakukan penimbangan setiap satu jam, dan keadaan sambung antara alat buka tutup dan kolektor telah diperbaiki. Pada Gambar 17. proses buka tutup bekerja dengan baik seharusnya dapat mengeringkan air lebih banyak. Namun proses ini mengurangi massa air di dalam spons sebanyak 285 gram. Jika dibandingkan dengan proses sebelumnya yaitu menimbang setiap satu jam dengan nilai kelembaban buka tutup sama, selisih massa air yang diserap sebanyak 107 gram. Ketika sambungan antara kolektor dan alat buka tutup lepas memiliki selisih sebesar 16 gram. Membuka ruang pengering pengaruhnya lebih besar pada proses pengeringan.



Gambar 17. Grafik suhu dan kelembaban dengan saklar buka tutup pada kelembaban 70%-85% tanpa menimbang setiap satu jam.

Kelembaban 75%-90%

Kelembaban 75 % - 90 % hampir sama pada proses sebelumnya namun kali ini tidak dilakukan penimbangan massa air setiap satu jam. Menimbang massa air hanya dilakukan pada awal dan akhir penelitian. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 17.

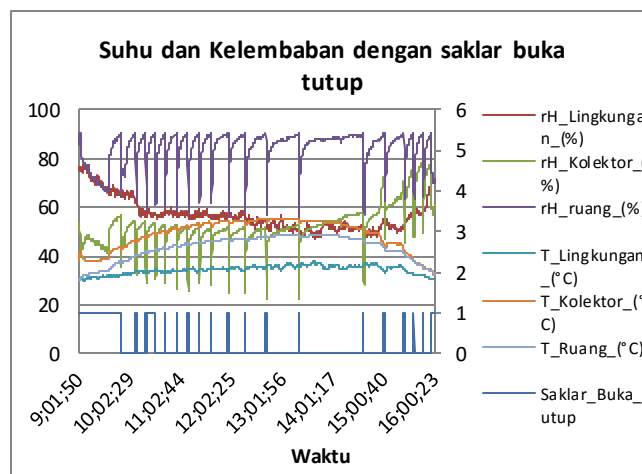


Gambar 18. Grafik suhu dan kelembaban dengan saklar buka tutup pada kelembaban 75%-90% tanpa menimbang setiap satu jam.

Pada Gambar 18. dapat dilihat bahwa jika tidak melakukan penimbangan setiap satu jam maka proses buka tutup berjalan dengan baik. Namun massa air yang dikeringkan tidak sama pada proses sebelumnya. massa air pada spons yang berkurang sebanyak 332 gram sedangkan pada proses sebelumnya dengan menimbang setiap satu jam mengeringkan sebanyak 440 gram. Artinya ketika sistem membuka tidak semua kelembaban keluar sistem sudah menutup.

Kelembaban 65%-90%

65 % - 90 % hampir sama pada proses sebelumnya namun kali ini baru tutup ketika Kelembaban dibawah 65 %. Tujuannya agar ketika buka lebih banyak udara panas yang bercampur air yang keluar ke lingkungan dengan membuat jarak tutup yang jauh. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 19. Grafik suhu dan kelembaban dengan saklar buka tutup pada kelembaban 65%-90% tanpa menimbang setiap satu jam.

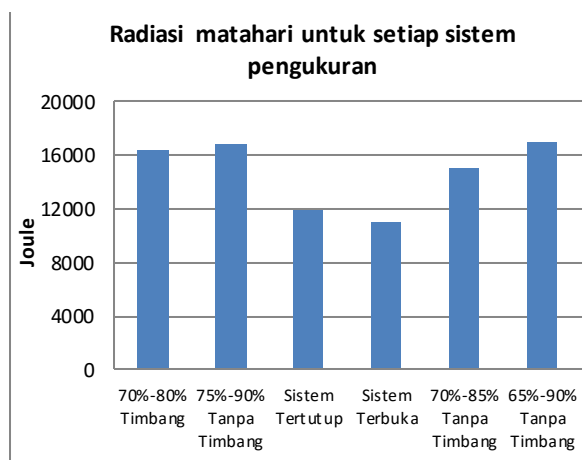
Proses buka tutup pada nilai kelembaban ini sangat baik. Buka tutup terjadi dari awal proses pengukuran sampai pada proses pengukuran selesai dapat dilihat pada Gambar 19. Ternyata pada proses sebelumnya saklar buka tutup ketika tutup tidak tertutup dengan rapat saat proses pengukuran sudah berlangsung lama. Saat

memulai pengukuran saklar tutup dengan rapat namun ketika panas sudah mulai tinggi maka saklar buka tutup menjadi renggang dengan kotak sehingga udara dapat keluar.

Namun dengan membuat jarak yang jauh untuk membuka dan menutup seperti pada Gambar 19. berpengaruh pada hasil pengeringan namun pengaruh tidak sampai sebesar pada proses 75%-90% dengan menimbang setiap satu jam. Jika hasil ini dibandingkan dengan hasil pada proses 75%-90% dengan menimbang setiap satu jam, perbedaannya masih terlalu besar. Mungkin yang lebih baik untuk dilakukan dengan membuat waktu tunggu pada saat sistem tutup. Agar kelembaban dapat keluar lebih banyak sehingga proses pengeringan akan lebih baik lagi.

4.5. Radiasi Matahari

Radiasi matahari digunakan sebagai pembanding energi yang masuk pada setiap pengukuran. Hasil pengukuran radiasi matahari dapat dilihat pada Gambar 20. Jika melihat nilai radiasi seharusnya pada proses 65%-90% dan 75%-90% dapat mengeringkan lebih banyak dibanding dengan sistem pengukuran yang lain. Namun pada hasil pengukuran, proses sistem terbuka lebih banyak mengeringkan dibanding pada proses buka tutup 65%-90% dan 75%-90%.



Gambar 20. Grafik radiasi matahari untuk setiap sistem pengukuran.

5. Pembahasan

Dari ketiga sistem pengeringan yaitu tertutup, terbuka dan buka tutup. Sistem pengeringan tertutup hanya dapat mengeringkan massa air di dalam spons sebanyak 229 gram. Sistem terbuka dapat mengeringkan sebanyak 380 gram air di dalam spons. Jika memilih salah satu yang terbaik pada sistem buka tutup dan keadaan pengukuran sama pada sistem tertutup dan sistem terbuka yaitu tanpa menimbang massa air setiap jam. Maka 65%-90% lebih baik dibanding dengan yang lainnya. Pada proses 65%-90% dapat mengeringkan massa air sebanyak 337 gram. Sistem terbuka masih lebih baik dibanding dengan kedua sistem lainnya.

Jika membandingkan radiasi matahari pada ketiga sistem maka radiasi 65%-90% jauh lebih baik dari pada sistem tertutup dan sistem terbuka. Jika ketiga sistem dibandingkan maka sistem terbuka lebih baik dalam hal mengering meskipun radiasi matahari tidak terlalu baik. Artinya sistem buka tutup masih tidak terlalu diperlukan dalam solar dryer karena dengan menggunakan sistem terbuka dapat mengeringkan lebih banyak dibandingkan dengan sistem buka tutup. Sistem tertutup jelas tidak banyak mengeringkan karena kelembaban atau massa air yang diserap tidak dibuang keluar.

Namun tidak tertutup kemungkinan sistem buka tutup bisa lebih baik dibanding dengan sistem terbuka karena pada penelitian ini menggunakan spons sebagai bahan yang dikeringkan. Dimana spons relatif lebih mudah air diupkan dari bahan tidak memerlukan suhu yang terlalu tinggi. Jika mengeringkan biji-bijian sistem buka tutup mungkin lebih baik karena dibutuhkan suhu yang lebih tinggi untuk menyerap air di dalam biji. Massa air di permukaan biji dapat dengan mudah diserap namun massa air yang berada di dalam biji diperlukan suhu yang cukup tinggi.

Pada sistem buka tutup ketika dilakukan penimbangan massa air setiap satu jam dapat menyerap lebih banyak massa air dibandingkan dengan sistem terbuka. Namun ketika tidak dilakukan penimbangan maka sistem terbuka lebih baik. artinya pada sistem buka tutup ketika buka tidak semua udara panas yang bercampur air di buang ke lingkungan sistem sudah tutup. Kelembaban masih banyak yang tersimpan di dalam ruang pengering. Mungkin kecepatan kipas ditambah agar ketika buka udara panas yang bercampur air bisa keluar lebih banyak. Atau membuat waktu tunggu saat tutup maksudnya ketika kelembaban dibaca saatnya tutup tidak langsung tutup, sistem menunggu beberapa detik atau menit baru tutup. Agar kelembaban dapat ke luar dari ruang pengering.

Proses pengeringan dengan menggunakan *solar dryer* masih efektif dari segi tempat dan jumlah massa air yang dikeringkan dibandingkan dengan cara tradisional. Dapat dilihat pada Gambar 4.8. dengan menggunakan luas tempat yang sama cara tradisional mengeringkan 111 gram dalam waktu 2 jam 30 menit. Dengan waktu yang sama *solar dryer* mengeringkan sekitar 200 gram. *solar dryer* lebih banyak mengeringkan karena ruang pada *solar dryer* tersusun atas 4 rak. Namun jika membandingkan salah satu rak pada ruang pengering yang mengeringkan lebih cepat dengan cara tradisional maka cara tradisional lebih cepat mengeringkan. Pada saat 2 jam 30 menit pengeringan berlangsung massa air di rak ke 4 berkurang sekitar 70 gram.

6. Kesimpulan

Pembuatan alat pengatur buka tutup solar dryer berbasis Arduino untuk mengontrol suhu dan kelembaban telah berhasil dibuat dan diuji. Alat dapat membuka ketika kelembaban cukup tinggi dan menutup ketika kelembaban cukup rendah, hal ini dapat diatur dengan menggunakan *software* Arduino. Solar dryer menggunakan alat buka tutup masih perlu dioptimasi dibandingkan dengan pengeringan sebelumnya yaitu sistem terbuka.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Pengelolaan Energi Terbarukan (LPET) UKRIM atas dukungan selama melakukan penelitian.

Keterlibatan Penulis

LJ dan KS melakukan analisis data, merancang alat dan instrument, DP memberikan gagasan penelitian dan perancangan alat, ES melakukan studi pustaka, menulis manuskrip original dan menulis manuskrip revisi, SD melakukan analisis data.

Daftar Pustaka

- [Anonim, 2014. *Jenis-jenis motor servo*. http://www.hooked-on-rc-airplanes.com/servo-tutorial.html diakses 3 maret 2017.](http://www.hooked-on-rc-airplanes.com/servo-tutorial.html)
- Arta I. K. G., 2014. *Analisa Numerik Sistem Pengeringan Daging Dengan Menggunakan Pengering Energi Surya*. Thesis. Program Pascasarjana Universitas Udayana. Denpasar. http://www.pps.unud.ac.id/thesis/pdf_thesis/unud-1127-671670762-tesis_ke_pdf.pdf. Diakses 19 November 2021.
- Agung, M.B., 2014. *Arduino For Beginners*. Surya University. <http://kambing.ui.ac.id/onnopurbo/ebook/ebook-SU2013/SuryaUniv-Arduino-Muhammad-Bangun-%20Agung-202136575862733.pdf>. Diakses 06 januari 2022.
- Supranto, S.U., 2015. *Teknologi Tenaga Surya*. Global Pustaka Utama, Yogyakarta.
- Susanto, N. E., 2011. *Pengaruh Tekanan Udara Terhadap Laju Perubahan Masa Pada Proses Pengeringan Dengan Metode Temperatur Rendah (Low Temperature Drying)*. Skripsi. Universitas Negeri Semarang. Semarang. <http://lib.unnes.ac.id/10257/1/10130.pdf>. Diakses 16 November 2021.
- Visavale, G.L., 2012. Principle, Classification, and selection of solar dryers, in book Chapter 1. Solar drying: fundamentals, Applications, and Innovation. Singapore SN ISBN 978-981- 07-3336-0. p. 1-50
- Wijaya V. F., 2016. *Rancangan bangun sistem pemantauan gas pada lingkungan berbasis arduino*. Skripsi Universitas Lampung. <https://adoc.pub/rancang-bangun-sistem-pemantauan-gas-pada-lingkungan-berbasi.html>. Diakses 5 Mei 2022.