
Jurnal ***Rekayasa Elektrika***

VOLUME 11 NOMOR 3

APRIL 2015

Alat Optimasi Suhu dan Kelembaban untuk Inkubasi Fermentasi dan Pengerinan Pasca Fermentasi

86-92

Gunawan Dewantoro, Sri Hartini, dan Agustinus Hery Waluyo

JRE	Vol. 11	No. 3	Hal 79-122	Banda Aceh, April 2015	ISSN. 1412-4785 e-ISSN. 2252-620X
-----	---------	-------	------------	---------------------------	--------------------------------------

Alat Optimasi Suhu dan Kelembaban untuk Inkubasi Fermentasi dan Pengeringan Pasca Fermentasi

Gunawan Dewantoro¹, Sri Hartini², dan Agustinus Hery Waluyo¹

¹Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer Universitas Kristen Satya Wacana

²Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana

Jl. Diponegoro 52-60, Salatiga 50711

e-mail: gunawan.dewantoro@staff.uksw.edu

Abstrak—Alat bantu proses fermentasi bahan pangan sudah banyak kita jumpai baik di laboratorium maupun industri rumah tangga. Namun, alat ini hanya sebagai inkubator saja dan terkadang alat ini pun tidak bisa mengoptimalkan proses fermentasi dengan baik akibat kelembaban saat proses fermentasi yang selalu bertambah sedangkan kotak tertutup rapat. Namun, pemberian lubang pada alat bantu fermentasi tidak mengubah efek busuk karena bakteri-bakteri dari udara luar yang tidak dibutuhkan masuk melalui lubang. Berdasarkan hal tersebut, dirancang suatu alat yang memiliki dua fungsi terpisah, yaitu sebagai inkubator fermentasi dan sebagai pengering pasca fermentasi. Alat ini mampu bekerja dari suhu 35°C - 120°C dan dilengkapi 2 buah *exhaust fan* untuk meminimalisir kelembaban ketika mode fermentasi maupun pengeringan. Sensor SHT11 digunakan untuk mengukur besarnya suhu dan kelembaban relatif di dalam box inkubator. Pemanas keramik digunakan untuk memanaskan udara di dalam kotak sesuai dengan keinginan *user*. Sebagai *user interface*, digunakan *keypad* dan LCD karakter 4 × 16. Arduino Mega2560 berperan sebagai pengendali utama keseluruhan sistem. Jika dibandingkan dengan proses fermentasi secara konvensional, alat ini bekerja lebih cepat dengan selisih 9 jam dan obyek fermentasi tidak menjadi busuk.

Kata kunci: *SHT11, optimasi, suhu, kelembaban*

Abstract—Fermentation optimizer aids have been common around us in both laboratories and home industries. However, these aids only served as incubator and sometimes cannot optimize the fermentation process due to the increasing humidity in a closed box. Nevertheless, adding holes to the box will not lead to a better result since unwanted bacterias come into the box. Therefore, a fermentation optimizer aids has been realized with two separate functions, namely fermentation incubator and post-fermentation dryer. This kit works in the temperature ranging from 35°C – 120°C, and equipped with two exhaust fans to minimize the humidity in both fermentation and dryer modes. The SHT11 was utilized to measure the temperature and relative humidity. A ceramic heater was used to warm up the air inside the box as desired by users. As the user interface, keypad and character LCD were used. Arduino Mega2560 serve as the main controller of the whole system. Compared to the conventional fermentation process, this kit works 9 hours faster and the fermentation objects are perfectly fermented.

Keywords: *SHT11, optimization, temperature, humidity*

I. PENDAHULUAN

Bahan pangan merupakan salah satu faktor penting dalam kehidupan. Alam menyediakan berbagai sumber daya alam yang bisa dimanfaatkan menjadi bahan pangan tepung-tepungan dengan bahan dasar yang mengandalkan kearifan lokal, termasuk potensi limbah pertanian. Salah satu limbah yang sudah diinisiasi potensinya menjadi sumber tepung-tepungan adalah limbah kulit singkong. Kulit singkong (*Manihot utilissima* Pohl) merupakan limbah kupasan hasil pengolahan slondok, gaplek, tapioka, tape, dan panganan berbahan dasar singkong lainnya, seperti ditunjukkan Gambar 1. Potensi kulit singkong di Indonesia sangat melimpah, seiring dengan eksistensi negara ini sebagai salah satu penghasil singkong terbesar di dunia dan terus mengalami peningkatan produksi setiap

tahunnya. Salah satu proses pengolahan yang tepat untuk mengolah kulit singkong menjadi bahan pangan adalah dengan proses fermentasi [1].

Fermentasi adalah proses produksi energi dalam sel dalam keadaan fakultatif (sedikit oksigen) maupun anaerob (tanpa oksigen). Dalam perancangan alat ini proses fermentasi dilakukan menggunakan ragi tempe yang pada umumnya digunakan untuk proses fermentasi bahan makanan. Ragi tempe terbuat dari jamur *Rhizopus oryzae*. Media pendukung yang dibutuhkan dalam tahapan pengembangan bahan pangan berbasis singkong ini mengutamakan pada proses fermentasi dan pengeringan pasca fermentasi. Dua proses tersebut biasanya dilakukan oleh dua alat karena kondisi proses yang berbeda.

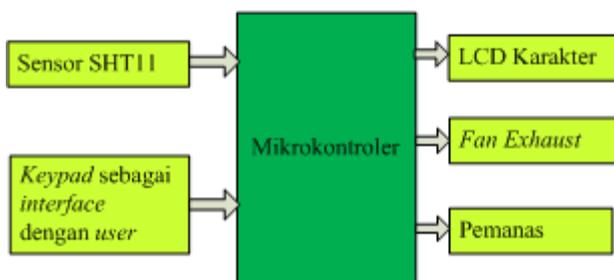
Perancangan ini bertujuan untuk merealisasikan sebuah alat yang dapat digunakan untuk dua fungsi sendiri-sendiri.



Gambar 1. Kulit singkong

Selain itu, juga untuk mengefisienkan manajemen tempat karena alat ini tidak terlalu memakan banyak tempat.

Alat ini sudah banyak dibuat dan digunakan di laboratorium kimia, hanya tetap muncul kendala tidak optimalnya proses fermentasi karena tetap terjadi kebusukan. Hal ini dikarenakan alat ini hanya sebagai inkubator saja dan alat tersebut tidak bisa mengoptimalkan proses fermentasi dengan baik, karena objek fermentasi selalu busuk [2-5]. Penyebab pertama adalah *box* inkubator terlalu tertutup rapat sehingga kelembaban udara terlalu besar sebab proses fermentasi menghasilkan H₂O. Alasan yang kedua adalah setelah *box* inkubator diberi lubang supaya H₂O hasil fermentasi bisa keluar, ternyata ada udara yang masuk. Hal ini tidak baik untuk proses fermentasi sebab bakteri-bakteri yang mencemari proses fermentasi bisa masuk begitu saja dan membuat objek fermentasi menjadi busuk. Berdasarkan permasalahan tersebut di atas, maka realisasi alat yang memenuhi kebutuhan fermentasi sangat diperlukan, bahkan dengan dua fungsi sekaligus secara terpisah, yaitu sebagai inkubator fermentasi dan sebagai pengering pasca fermentasi. Pada penelitian ini, sensor SHT11 digunakan untuk mengukur besarnya suhu dan kelembaban relatif di dalam *box* inkubator seperti yang digunakan pada [6]. Pemanas keramik digunakan untuk memanaskan udara di dalam *box* sesuai dengan keinginan *user*. Sebagai *user interface*, digunakan keypad dan LCD karakter 4 × 16. Arduino Mega2560 berperan sebagai pengendali utama keseluruhan sistem. Adapun struktur dari artikel ini sebagai berikut: Bab I memberikan pendahuluan dan latar belakang dari penelitian ini. Bab II



Gambar 2. Blok diagram sistem keseluruhan

menjelaskan perancangan sistem alat ini, sementara Bab III memberikan hasil pengujian dan analisisnya. Bab IV berisi kesimpulan yang didapatkan berdasarkan pengujian yang dilakukan.

II. METODE

Bagian ini membahas metode penelitian berupa perancangan serta realisasi perangkat keras maupun perangkat lunak yang digunakan pada inkubator fermentasi dan pengeringan pasca fermentasi. Perancangan secara keseluruhan dibagi dalam perancangan mekanik, perancangan elektronik pada bagian kontrol serta perancangan software yang terdapat pada bagian kontrol dan bagian *user interface*, seperti ditunjukkan Gambar 2.

Perangkat keras bagian mekanik berupa *box* inkubator berdimensi 80 × 50 × 80 cm, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. *Box* ini dirancang mempunyai 2 bagian yaitu, bagian luar dan bagian dalam dan pintu berada di depan. *Box* bagian luar terbuat dari kerangka berupa besi dan dindingnya terbuat dari plat aluminium. Sedangkan, pada *box* bagian dalam terbuat dari plat *stainless steel*, dan di dalam *box* ada 4 buah loyang / nampan yang terbuat dari plat *stainless steel*.

Plat *stainless steel* dipilih untuk bahan bagian dalam *box*, karena pada umumnya plat *stainless* paling bagus dan aman digunakan untuk pengolahan bahan makanan. Obyek dalam penelitian ini adalah kulit singkong. *Box* ini memiliki 2 bagian dan terdapat sela diantara dinding luar dan bagian dalam *box*. Pada bagian sela ini diisi dengan glass wool untuk menahan panas agar tidak keluar dari lapisan *box* bagian dalam. Pemilihan bahan untuk bagian luar dan dalam *box* disesuaikan dengan perancangan awal, di mana *box* dirancang agar suhu panas tidak keluar dari *box*, sehingga pada saat dipegang tidak terasa panas. Koefisien tersebut akan digunakan untuk mengkalibrasi keluaran dari sensor selama proses pengukuran [7].



Gambar 3. *Box* inkubasi fermentasi dan pengeringan

Perangkat keras lain yang berada di dalam *box* adalah loyang/ tempat menaruh obyek fermentasi yang terbuat dari *stainless steel* serta lubang untuk exhaust fan yang diberi tutup untuk mencegah kontaminasi dari udara luar dan bisa dibuka dengan cara digeser, seperti ditunjukkan Gambar 4.

Sensor yang dipakai adalah SHT11 yang merupakan modul sensor suhu dan kelembaban relatif dari Sensirion. SHT11 adalah sebuah single chip sensor suhu dan kelembaban relatif dengan multi modul sensor yang outputnya telah dikalibrasi secara digital. Di bagian dalamnya terdapat kapasitor polimer sebagai elemen untuk sensor kelembaban relatif dan sebuah pita regangan yang digunakan sebagai sensor temperatur. Output kedua sensor digabungkan dan dihubungkan pada ADC 14 bit dan sebuah *interface* serial pada satu chip yang sama. Pengukuran suhu dan kelembaban dimulai setelah mengirim perintah ('00000101' untuk kelembaban, dan '00000011' untuk suhu), mikrokontroler harus menunggu sekitar 210 ms sampai pengukuran selesai. Setelah pengukuran selesai, SHT 11 mengatur pin DATA menjadi *low* dan masuk ke idle state. Mikrokontroler harus menunggu data siap diambil terlebih dahulu sebelum mengatur pin SCK kembali membaca data. Data hasil pengukuran sensor disimpan



(a)

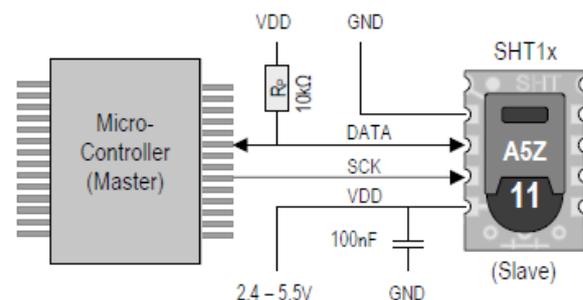


(b)

Gambar 4. (a) Loyang (b) Lubang exhaust fan

sampai data dibaca oleh mikrokontroler. Sensor secara otomatis akan kembali ke Sleep Mode setelah pengukuran dan komunikasi dengan mikrokontroler selesai. Adapun untaian koneksi SHT11 ditunjukkan oleh Gambar 5. SHT11 ini dikalibrasi dengan menggunakan hygrometer sebagai referensinya. Koefisien kalibrasinya telah diprogramkan ke dalam OTP memory.

Sebuah pemanas berupa keramik dengan daya maksimal 750 Watt digunakan untuk memanaskan suhu di dalam *box*. Dua buah kipas diletakkan pada bagian dalam *box* sebagai exhauster yang berfungsi mengeluarkan udara yang mengandung uap air dari dalam *box*. Bagian kontrol merupakan pusat pengendali dari sistem yang berfungsi untuk mengontrol sensor, pemanas, *exhaust fan*, membaca data yang diperlukan dan berkomunikasi dengan bagian *user interface* seperti ditunjukkan Gambar 6. Perangkat keras pada bagian ini terdiri dari board mikrokontroler, rangkaian driver beban AC, dan LCD serta keypad sebagai *user interface*. Bagian kontrol menggunakan sebuah mikrokontroler sebagai pusat pengendali yang mengatur proses fermentasi atau pengeringan yang disesuaikan dengan masukan berdasarkan suhu yang diinginkan, mengolah data dari sensor SHT 11, mengatur sudut picuan TRIAC, dan mengatur kinerja dari semua perangkat keras pendukung seperti *exhaust fan*, dan *user interface*. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega2560. Tabel 1 menunjukkan tabel konfigurasi pin Arduino Mega2560 yang digunakan. Rangkaian driver beban AC pada bagian kontrol ini berguna untuk menghidupkan pemanas yang bekerja pada tegangan kerja 220 VAC memerlukan rangkaian driver yang bertujuan untuk mengatur daya yang keluar sehingga suhu dapat stabil di dalam pengering. Rangkaian ini terdiri dari MOC3020 dan TRIAC, MOC3020 berfungsi sebagai isolator dengan bagian DC dari rangkaian kendali utama agar tidak terhubung secara langsung ke jaringan AC, sehingga dapat mencegah tegangan AC tidak berhubungan langsung dengan mikrokontroler sehingga tidak rusak, seperti ditunjukkan Gambar 7. Selain sebagai isolator MOC 3020 tersebut sebagai antarmuka antara bagian kendali (rangkainan DC) agar dapat berkomunikasi dengan jaringan AC. TRIAC berfungsi sebagai pengendali utama pemanas untuk menggantikan fungsi saklar pemutus dan penyambung arus listrik yang besar namun, dalam rangkaian ini TRIAC berfungsi untuk mengaktifkan



Gambar 5. Untaian koneksi SHT11

Tabel 1. Konfigurasi penggunaan pin Arduino 2560

Nama Port	Fungsi
Port PWM 8	Data SHT 11
Port PWM 9	Clock SHT 11
Port PWM 2	Terhubung dengan LCD
Port PWM 3	Terhubung dengan LCD
Port PWM 4	Terhubung dengan LCD
Port PWM 5	Terhubung dengan LCD
Port PWM 11	Terhubung dengan LCD
Port PWM 12	Terhubung dengan LCD
Port Digital 22	Terhubung dengan keypad
Port Digital 24	Terhubung dengan keypad
Port Digital 26	Terhubung dengan keypad
Port Digital 28	Terhubung dengan keypad
Port Digital 30	Terhubung dengan keypad
Port Digital 32	Terhubung dengan keypad
Port Digital 34	Terhubung dengan keypad
Port Digital 36	Terhubung dengan keypad
Port Analog A1	Terhubung dengan keypad
Port Analog A8	Terhubung dengan keypad



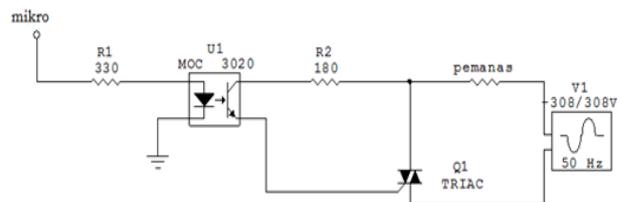
Gambar 6. Realisasi bagian kontrol

tegangan 220 VAC.

Bagian *interface* berfungsi untuk sarana interaksi *user* dengan sistem yang dirancang. Pada bagian ini *user* dapat memberi masukan suhu yang diinginkan. Dengan adanya LCD, *user* dapat memantau kinerja dari inkubasi fermentasi atau pengeringan. Bagian ini secara keseluruhan terhubung dan dikendalikan oleh bagian pengendali utama. Ada dua komponen utama pada bagian *interface* yaitu keypad 4x4 dan LCD karakter 16x2. Keypad 4x4 digunakan sebagai sarana pengguna untuk memberikan masukan ke sistem. Keypad 4x4 memiliki konektor delapan pin yang dihubungkan ke mikrokontroler. LCD karakter 16x2 berfungsi sebagai penampil informasi yang ada pada sistem, juga sebagai penampil menu utama, seperti ditunjukkan Gambar 8.

Perangkat lunak yang ditanamkan pada mikrokontroler yang digunakan dalam makalah ini bertujuan untuk mengendalikan semua kegiatan yang dilakukan oleh setiap komponen sehingga dapat bekerja secara bersama-sama sehingga membentuk suatu sistem. Adapun perangkat lunak ini berperan dalam beberapa fungsi di antaranya pengolahan data yang berasal dari pembacaan suhu dan kelembaban, penampilan pada LCD, serta pengendalian pemanas dan *exhaust fan*. Diagram alir sistem ditunjukkan oleh Gambar 9.

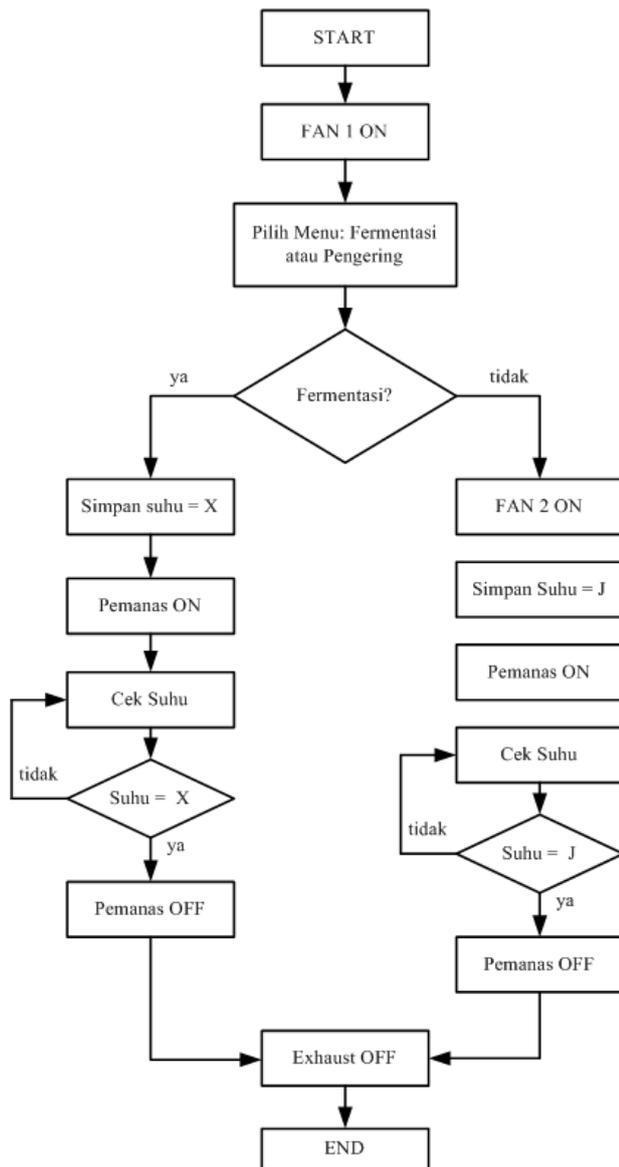
Tahap pertama dalam proses pengeringan pada alat ini adalah *user* memasukan kulit singkong rebus/kukus yang sudah diberi ragi ke dalam loyang stainless dan di masukkan ke dalam *box*. Kemudian alat dihidupkan dan *exhaust fan* akan On, selanjutnya pada display akan ditampilkan menu untuk memilih mode alat sebagai fermentasi atau pengering. Jika mode fermentasi, kita atur berapa suhu dan waktunya, lalu mikrokontroler



Gambar 7. Rangkaian *driver* beban AC untuk pemanas



Gambar 8. Keypad dan LCD sebagai user interface



Gambar 9. Diagram alir sistem

akan mengendalikan pemanas untuk On sesuai dengan suhu yang diminta oleh *user* dan membaca suhu serta kelembaban dengan sensor SHT11. Demikian juga dengan mode pengering, pengaturan dilakukan untuk suhu dan waktu, tetapi ada 1 *exhaust fan* lagi yang akan On untuk meminimalisir kelembaban saat mode pengering. Jika suhu dan waktu sudah terpenuhi maka pemanas akan *off*, sehingga proses sudah selesai dan mesin juga *off*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini dilakukan pengujian dan analisis terhadap hasil perancangan sistem dan realisasinya. Tujuan dilakukan pengujian adalah untuk mengetahui kinerja hasil perancangan dan tingkat keberhasilannya. Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian per bagian maupun keseluruhan sistem.

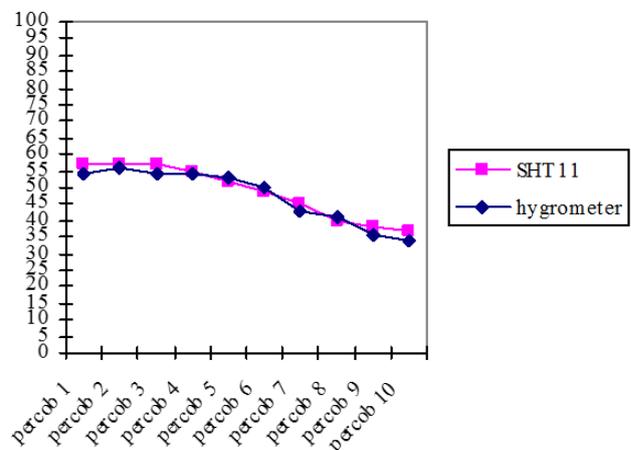
Tabel 2. Hasil pengujian suhu dan kelembaban pada SHT 11 dan Hygrometer Anymetre

Uji ke-	Pengukuran SHT 11		Pengukuran Hygrometer		Selisih pengukuran		Ralat (%)	
	Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)	Suhu (°C)	RH (%)
1	28	57	28,5	54	0,5	3	1,75	5,56
2	30	57	29,5	56	0,5	1	1,69	1,78
3	32	58	31	54	1	3	3,22	5,56
4	34	55	32,5	54	1,5	1	4,61	1,85
5	36	52	36,5	53	0,5	1	1,36	1,88
6	38	49	38	50	0	1	0	2
7	40	45	38,5	43	1,5	2	3,89	4,65
8	41	40	40	41	1	1	2,5	2,43
9	42	38	42,5	36	0,5	2	1,17	5,56
10	43	37	43	34	0	3	0	8,83

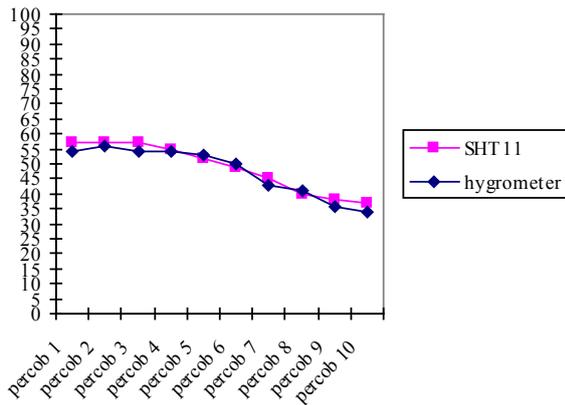
A. Pengujian Sensor

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan pin DATA dan pin SCK pada sensor SHT 11 yang dihubungkan ke PORT PWM 8 untuk pin DATA dan PORT PWM 9 untuk pin SCK pada mikrokontroler. Hasil dari pengukuran oleh sensor yang telah diproses oleh mikrokontroler kemudian ditampilkan pada LCD. Kemudian untuk mengetahui apakah hasil pengukuran suhu dan kelembaban oleh SHT 11 menghasilkan nilai yang valid, maka hasil pengukuran dibandingkan dengan termo-hygrometer. Termo-hygrometer merupakan alat yang dapat mengukur suhu dan kelembaban secara bersamaan (dalam waktu yang sama). Termo-hygrometer yang digunakan bermerk Anymetre.

Dari pengujian pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil pengukuran oleh sensor SHT 11 dan termo-hygrometer mengalami ralat yang kecil, bisa dilihat pada tabel saat pengujian ke-1 bahwa ketika sensor membaca suhu sebesar 28°C, hygrometer membaca suhu sebesar 28,5°C, dan ketika sensor membaca kelembaban sebesar 57%,



Gambar 10. Grafik perbandingan pengujian suhu (oC) pada SHT11 dan hygrometer



Gambar 11. Grafik perbandingan pengujian kelembaban (%C) pada SHT11 dan hygrometer

hygrometer membaca kelembaban sebesar 54%. Pengujian tersebut menunjukkan bahwa sensor suhu dan kelembaban yang telah berfungsi sesuai dengan yang diharapkan.

Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dan hasil pengujian menunjukkan bahwa perbedaan rata-rata untuk pengukuran suhu sebesar 0,7°C, sedangkan perbedaan rata-rata pengukuran kelembaban adalah 1,8%. Kemudian grafik kenaikan pengukuran suhu dan kelembaban pada sensor dan hygrometer dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.

B. Pengujian Driver Beban AC

Pengujian driver beban AC dilakukan dengan cara menghubungkan komponen pada sistem yang bekerja pada tegangan AC 220V. Ketika masukan dari mikrokontroler bernilai *low*, maka keluaran dari driver akan bernilai *low*. Sedangkan jika masukan dari mikrokontroler bernilai

high, maka keluaran dari driver akan bernilai *high*. Setelah semua komponen yang bekerja pada tegangan AC dihubungkan dengan untai driver beban AC, maka melalui mikrokontroler diberi masukan *high* kemudian diberi masukan *low*. Driver bekerja dengan baik jika beban AC yang telah dihubungkan menjadi aktif saat diberi masukan *high* dari mikrokontroler dan beban AC tidak aktif saat diberi masukan *low* dari mikrokontroler. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa rangkaian dapat bekerja sesuai dengan perancangan dan berfungsi dengan baik sebagai driver beban AC, seperti ditunjukkan Gambar 12.

Dari Gambar 11 terlihat hasil pengujian ketika $T > T_1$ (masukan *high*) beban AC (lampu) menyala, ketika $T < T_1$ (masukan *low*) beban AC (lampu) padam.

C. Pengujian Fermentasi

Pengujian fermentasi dilakukan dengan cara konvensional dan dengan cara otomatis menggunakan alat yang dibuat. Fermentasi konvensional dilakukan dengan cara proses fermentasi secara manual dengan suhu dan kelembaban ruangan. Hasil pengujiannya bisa dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Pengujian proses fermentasi dilakukan menggunakan alat yang sudah dibuat dengan range suhu antara 36°C-40°C. Hasil pengujiannya bisa dilihat pada Tabel 4 di bawah ini.

Dari Tabel 3 dan 4 di atas bisa dilihat bahwa perbandingan hasil percobaan antara fermentasi cara konvensional dengan fermentasi cara otomatis menggunakan alat. Cara konvensional dengan suhu ruangan yaitu rata-rata suhunya 26°C dan rata-rata waktu fermentasinya adalah 28 jam. Sedangkan cara otomatis dengan 5 kali percobaan dan variasi suhu dari 36°C - 40°C, proses fermentasi menempuh waktu rata-rata 19 jam. Hal ini membuktikan bahwa proses fermentasi otomatis menggunakan alat ini membutuhkan waktu yang lebih cepat dari cara fermentasi



(a)



(b)

Gambar 12. Driver AC saat (a) on dan (b) off

Tabel 3. Pengujian proses fermentasi kulit singkong secara konvensional

Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Waktu fermentasi (jam)	Kondisi
26	59	30	Berhasil
27	56	28	Berhasil
26	58	30	Berhasil
28	49	26	Berhasil
26	55	27	Berhasil

Tabel 4. Pengujian proses fermentasi kulit singkong menggunakan alat

Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Waktu fermentasi (jam)	Kondisi
36	59	20	Berhasil
37	54	19	Berhasil
38	55	19	Berhasil
39	56	20	Berhasil
40	33	18	Berhasil

Tabel 5. Hasil pengujian pengeringan kulit singkong

Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Waktu pengeringan (jam)	Kondisi
80	6	2 jam 40 menit	Berhasil
80	4	2 jam 10 menit	Berhasil
80	7	2 jam 30 menit	Berhasil
80	5	3 jam	Berhasil
80	3	2 jam	Berhasil

konvensional. Hasil percobaan menunjukkan alat ini bekerja dengan baik karena obyek fermentasi yaitu kulit singkong tidak menjadi busuk. Perbedaan kelembaban dan waktu fermentasi dikarenakan kadar air dari kulit singkong sebelum difermentasi berbeda-beda karena saat kulit singkong dikukus, kadar air yang masuk ke dalam kulit singkong berbeda-beda, sekaligus membuktikan bahwa alat mendukung kondisi optimal agensia biologis yang berperan dalam fermentasi berkaitan dengan range kelembaban maupun suhu tersebut.

D. Pengujian Pengeringan

Pengujian dilakukan dengan melakukan proses pengeringan dengan alat yang sudah dibuat. Hasil pengujiannya bisa dilihat pada Tabel 5 di bawah ini.

Dari Tabel 5 di atas bisa dilihat hasil pengujian menunjukkan bahwa alat pengering ini dapat bekerja dengan baik. Perbedaan waktu pengeringan dikarenakan perbedaan keadaan kulit singkong yang dikeringkan setelah fermentasi (terutama kadar air yang terkandung dalam setiap kulit singkong).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, perealisasiian dan pengujian dapat disimpulkan bahwa *box* inkubasi fermentasi dan pengeringan pasca fermentasi dapat melakukan proses fermentasi dengan waktu selama 18-20 jam. Alat ini mempercepat proses fermentasi 9 jam dibandingkan dengan cara konvensional dengan range suhu 36°C-40°C. Proses pengeringan memerlukan waktu selama 2-3 jam dengan suhu 80°C. Kelembaban relatif saat proses fermentasi 53-59%, sementara saat proses pengeringan bisa diturunkan hingga 3-7%.

REFERENSI

- [1] S. Akhadiarto, "Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong, Kulit Pisang dan Kulit Kentang Sebagai Bahan Pakan Ternak Melalui Teknik Fermentasi", 2009. <http://www.scribd.com/doc/228027288/Kulit-singKong>.
- [2] M. A. H. Shah, D. A. Utama, Rusiana, dan H.E. Hadi, "Rancang bangun pengaturan suhu dan kelembaban untuk optimasi proses fermentasi tempe," in *Proc. The 14th Industrial Electronics Seminar*, Oktober 2014, pp. 275-280.
- [3] H. Nainggolan dan M. Yusufi, "Rancang bangun sistem kendali temperatur dan kelembaban relatif pada ruangan dengan menggunakan motor DC berbasis mikrokontroler ATMEGA 8535," *Jurnal Fisika Unand*, vol. 2, no. 3, pp. 140-147, Juli 2013.
- [4] A. Setiawan, "Desain alat sistem kontrol suhu dan kelembaban untuk proses pembuatan tempe pada skala industri rumah tangga". Skripsi D3 Politeknik Negeri Surabaya, 2011.
- [5] R. Talapessy dan D. E. Sahertian, "Optimasi suhu dalam prototipe kotak inkubasi", *Sainsmat*, vol. 2, no. 1, pp. 14-21, 2013.
- [6] S. Azmi, "Alat pengontrol suhu dan kelembaban pada lemari penyimpanan darah menggunakan sensor SHT11", *Jurnal Litek*, vol. 8, no. 2, pp. 89-95, 2011.
- [7] Sensirion. "Humidity SHT11 Datasheet", Sensirion AG, Switzerland, 2011.

Penerbit:

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Jl. Tgk. Syech Abdurrauf No. 7, Banda Aceh 23111

website: <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JRE>

email: rekayasa.elektrika@unsyiah.net

Telp/Fax: (0651) 7554336

