

Sistem instrumentasi pemantauan *realtime* terhadap kadar $C_6H_{12}O_6$, C_2H_5OH , CO_2 , suhu, kelembaban pada proses fermentasi tapai

Instrumentation of realtime monitoring system towards level of $C_6H_{12}O_6$, C_2H_5OH , CO_2 , temperature in tapai fermentation process

Yuliyani¹, Khairi Suhud², Dedi Satria³, Lelifajri², Binawati Ginting², Yuliani Aisyah⁴, Fauzi⁵, dan Muhammad Syukri Surbakti^{5*},

¹Prodi Magister Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala (USK) 23111 Indonesia.

²Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala (USK) 23111 Indonesia.

³Teknik Komputer, Fakultas Teknik Universitas Serambi Mekkah, Indonesia

⁴Prodi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala 23111 Indonesia.

⁵Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala 23111 Indonesia.

Received 23 December 2020

Accepted 19 January 2021

Published July 2021

Abstrak. Tapai merupakan makanan yang dihasilkan dari hasil fermentasi, salah satunya berbahan dasar dari ubi kayu. Fermentasi oleh ragi (*Saccharomyces cerevisiae*) menjadikan perubahan kimia pada substrat karena aktivitas enzim yang dihasilkan mikroorganisme. Parameter-parameter yang ditinjau adalah perubahan kadar $C_6H_{12}O_6$, gas C_2H_5OH , gas CO_2 , suhu dan kelembaban dalam proses fermentasi melalui sistem pengukuran elektronik berbasis mikrokontroler Arduino Uno. Rangkaian sensor mengandung modul input yaitu sensor FC-28, sensor MQ-3, sensor MG-811, sensor DHT-11 dan modul pemroses mikrokontroler ATMEGA238 dengan sistem Arduino Uno dan pada komponen output menggunakan layar LCD 2X16. Kadar karakterisasi berdasarkan keluaran ADC (*Analog to Digital Converter*) untuk $C_6H_{12}O_6$ adalah 535 untuk tapai ubi kayu. Kadar $C_6H_{12}O_6$ akan terus menurun dari hari pertama sampai hari keempat yang mencapai 175 pada tapai ubi kayu. Diperoleh nilai akhir kadar gas C_2H_5OH yaitu 582. Kadar gas CO_2 406 untuk tapai ubi. Selanjutnya nilai suhu $31^\circ C$ untuk tapai ubi dengan nilai kelembaban 95RH. Waktu panen tapai dapat dipersingkat yaitu dari 7 hari menjadi 4 hari. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi pemakaian yang dapat dipergunakan untuk tampilan komposisi tapai secara komersial atau untuk tujuan kesehatan.

Abstract. Tapai is food produced from fermentation, one of which is made from cassava. Fermentation by yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) causes chemical changes in the substrate due to the activity of enzymes produced by microorganisms. The parameters reviewed are changes in levels of $C_6H_{12}O_6$, C_2H_5OH gas, CO_2 gas, temperature and humidity in the fermentation process through an electronic measurement system based on the Arduino Uno microcontroller. The sensor circuit contains an input module, namely FC-28 sensor, MQ-3 sensor, MG-811 sensor, DHT-11 sensor and ATMEGA238 microcontroller processing module with the Arduino Uno system and the output component uses a 2X16 LCD screen. The grade based on the ADC (*Analog to Digital Converter*) output for the $C_6H_{12}O_6$ is 535 for cassava tapai. Levels of $C_6H_{12}O_6$ will continue to decline from the first day to the fourth day reaching 175 in cassava tapai. Obtained the final value of C_2H_5OH gas content is 582. CO_2 gas content of 406 for cassava tapai. Furthermore, the temperature value of $31^\circ C$ for cassava tapai with a humidity value of 95RH. The harvest time for tapai can be shortened from 7 days to 4 days. This research is expected to provide usage information that can be used to display tapai composition commercially or for health purposes.

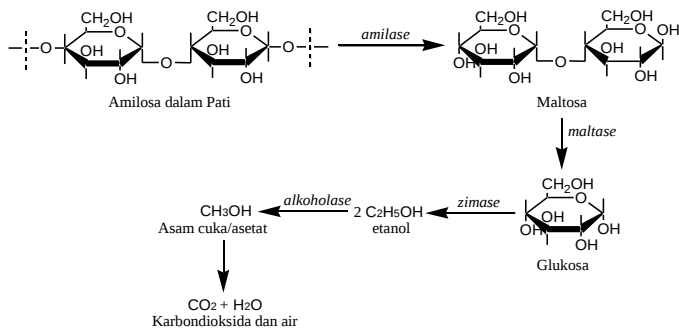
Keywords: Fermentation, Tapai, Cassava, FC-28, MQ-3, MG-811, DHT11, Microcontroller

Pendahuluan

Tapai, atau disebut juga tape, merupakan salah satu makanan yang sering dikonsumsi masyarakat, khususnya tapai ubi kayu dan tapai beras. Menurut Deputy Menteri Riset dan Teknologi (Menristek) Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi pada tahun 2005, dalam proses pembuatan tapai, mikroba atau jasad renik tertentu dapat merubah sifat karbohidrat pada singkong yang merupakan sumber energi menjadi lebih mudah dicerna dan lebih enak

melalui proses peragian (Hasanah *et al*, 2013). Penambahan ragi dimana terjadi perubahan kimia pada substrat karena aktivitas enzim yang dihasilkan mikroorganisme. Jenis mikroorganisme, suhu dan kondisi lingkungan sekitar mempengaruhi aktivitas mikroorganisme terhadap hasil fermentasi (Kustyawati *et al*, 2013). Ragi (*zymase*) berfungsi sebagai pengurai karbohidrat ($C_6H_{12}O_6$) dalam ubi yang menghasilkan C_2H_5OH dan CO_2 . Proses ini disebut sebagai fermentasi alkohol yang bersifat anaerobik (Berlian *et al*, 2016). Jenis

ragi yang digunakan dalam fermentasi alkohol adalah *Saccharomyces cerevisiae* (Hasanah *et al*, 2013) dan sering digunakan dalam industri minuman beralkohol, fermentasi roti dan fermentasi tapai. Pada pemilihan kultur harus memperhatikan daya tumbuh yang baik serta mempunyai toleransi yang tinggi terhadap alkohol dan mampu menghasilkan alkohol yang banyak (Irakli *et al*, 2019). Tetapi jika alkohol yang dihasilkan terlalu banyak dapat mempengaruhi karakteristik tapai. Gambar 1 merupakan reaksi fermentasi alkohol.



Gambar 1. Reaksi Fermentasi Alkohol

Karakteristik tapai lain yang dapat mempengaruhi kualitas tapai adalah kadar $C_6H_{12}O_6$, gas CO_2 , suhu dan kelembaban yang dapat dideteksi dengan menggunakan sensor. Sensor adalah suatu peralatan yang berfungsi untuk mendeteksi senyawa dalam suatu sampel. Sensor dapat mendeteksi perubahan energi listrik, fisika, kimia, biologi, dan mekanik dengan keluaran listrik (Pathak, 2017).

Berdasarkan penjelasan tersebut, penulis mencoba merancang sebuah sistem berbasis *mikrokontroler* yang digunakan pada saat fermentasi tapai ubi dengan tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik $C_6H_{12}O_6$, gas C_2H_5OH , gas CO_2 , suhu dan kelembaban pada tapai ubi. Pada alat fermentasi ubi menggunakan modul pemroses *mikrokontroler* ATMEGA238 dengan sistem Arduino Uno dan pada komponen output menggunakan layar LCD 2X16 dan terdapat empat buah sensor yaitu FC-28, MQ-3, MG-811, DHT11 dengan kadar karakterisasi berdasarkan keluaran ADC (*Analog to Digital Converter*).

Sistem Instrumentasi Pengukuran

Mikrokontroler ATMEGA238

Mikrokontroler ATMEGA238 adalah media pemroses yang berfungsi untuk media pengolahan data awal yang dikirimkan oleh sensor sebagai komponen input. Pengolahan data awal disini adalah pengolahan data sinyal analog yang diubah menjadi sinyal digital. Sedangkan pengolahan selanjutnya adalah pengolahan matematis yang disesuaikan dengan tujuan aplikasi sensor yang akan digunakan (Buesa dan Salvador, 2019). Mikrokontroler

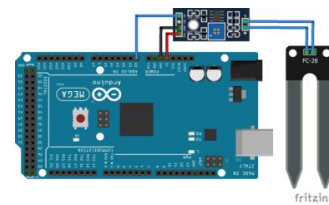
yang digunakan dalam penelitian ini adalah Arduino Uno yang didalamnya terdapat ATMEGA238 (Gambar 2).



Gambar 2 Arduino UnoR3

Sensor FC-28

Sensor FC-28 adalah modul sensor yang berbasis nilai resistansi yang terukur melalui dua buah elektroda berfungsi untuk mengukur kadar gula (Gambar 3). Pengukuran kadar gula ini berdasar pada prinsip pembagi tegangan pada resistor, dimana tegangan akan terbagi sama apabila nilai resistor yang dihubungkan secara serial bernilai sama (Shilpa dan Sheeba, 2018).



Gambar 3 Sensor FC-28

Sensor MQ-3

Sensor MQ-3 adalah sensor gas yang dapat digunakan untuk mendeteksi suatu C_2H_5OH dalam udara (Gambar 4). Sensor ini menggunakan daya yang relatif kecil dan mempunyai sensitivitas yang tinggi pada C_2H_5OH . Sensor ini membutuhkan dua masukan tegangan, yaitu tegangan heater ($voltage\ heater = VH$) dan tegangan rangkaian. Tegangan heater digunakan untuk menjaga heater dalam suhu tertentu agar mendapatkan hasil yang optimal dalam melakukan deteksi (Sowmya *et al*, 2014).



Gambar 4 Sensor MQ-3



Gambar 5 Sensor MG-811

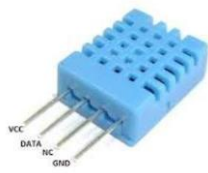
Sensor MG-811

Sensor MG-811 adalah sensor yang mendeteksi kadar CO_2 (Gambar 5). Pemilihan sensor ini karena memiliki kualitas tinggi dan kecepatan dalam merespon atau mendeteksi gas

CO₂. Modul sensor ini memiliki *on-board* dan sirkuit sensor gas MG-811 yang memungkinkan untuk bekerja di luar kotak dengan 6 VDC agar berfungsi dengan baik. Ada sirkuit pengkondisian sinyal *on-board* untuk memperkuat sinyal output dan sirkuit pemanas *on-board* untuk memanaskan sensor (Kurniawan *et al*, 2016).

Sensor DHT11

Sensor DHT11 adalah modul sensor yang berfungsi untuk mensensing objek suhu dan kelembapan sekaligus yang memiliki *output* tegangan analog yang dapat diolah lebih lanjut menggunakan mikrokontroler (Gambar 6) (Marwani *et al*, 2017).



Gambar 6 Sensor DHT11

Metodologi

Alat yang digunakan dalam perancangan hardware adalah wadah pengujian sampel yang terbuat dari plastik, parameter hardware detektor berupa sensor, arduino uno, laptop dan alat-alat yang digunakan untuk persiapan sampel uji tapai ubi. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah ubi kayu (singkong) dengan kualitas lokal (Pasar Lambaro, Aceh Besar). Ragi yang digunakan adalah ragi kering komersial dengan mikroorganisme *S. cerevisiae*. Prosedur kerja yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas beberapa sub bab yaitu prosedur pembuatan sampel uji, rancangan prototype hardware, rancangan prototype *software* dan prosedur kerja pengujian *prototype* dengan sampel

Prosedur pembuatan sampel uji tapai ubi

Pembuatan tapai ubi menggunakan bahan dasar lokal dengan volume perbandingan bahan 500 g untuk ubi dan ragi yaitu 0,5% merupakan konsentrasi yang baik dalam pembuatan tapai karena menghasilkan tapai dengan kadar alkohol yang rendah, kadar gula reduksi yang tinggi, pH yang cukup tinggi, rasa dan aroma yang banyak disukai panelis serta dengan tekstur yang lunak (Soto *et al*, 2016) (Gambar 7).



Gambar 7 Prosedur pembuatan sampel uji tapai ubi

Prosedur Rancangan Prototype Hardware

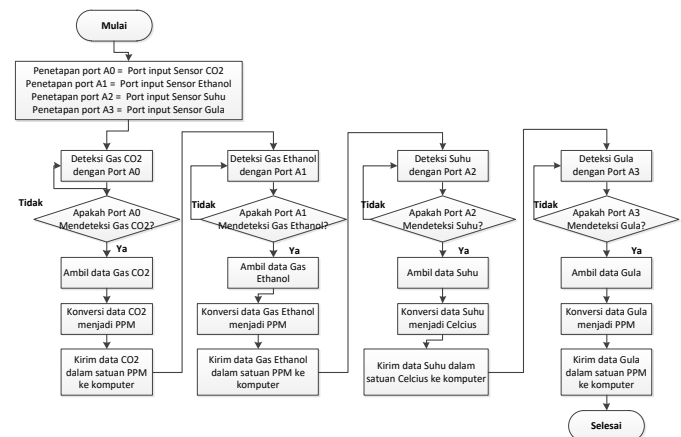
Rancangan *prototype hardware* yang dibangun diawali dengan rancangan diagram blok yang didalamnya terdiri atas komponen input, komponen proses dan komponen output seperti pada Gambar 8.



Gambar 8 Diagram blok rancangan *prototype*

Prosedur rancangan prototype software

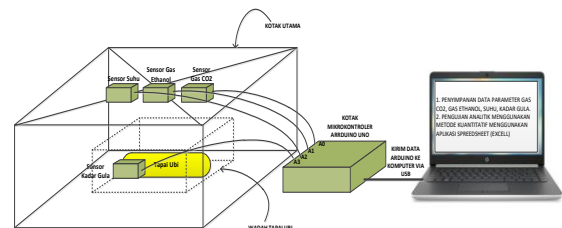
Rancangan *prototype software* diawali dengan rancangan diagram alir program sistem deteksi parameter masing-masing sensor sampai menjadi data keluaran berupa nilai ADC (*Analog to Digital Converter*) seperti pada Gambar 9.



Gambar 9 Diagram alir sistem deteksi parameter sensor pada *prototype*

Prosedur pengujian prototype

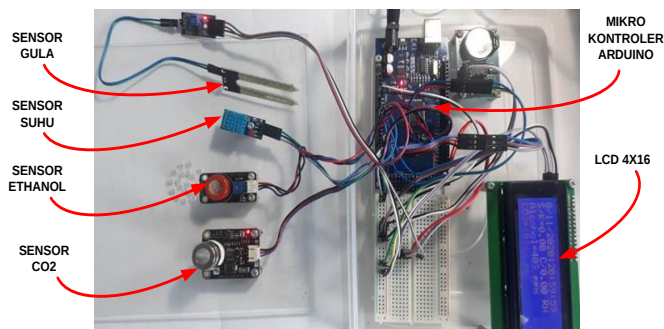
Pada pengujian perangkat keras dilakukan dengan cara mengukur tegangan masukan dan tegangan keluaran pada blok rangkaian alat tersebut. Pengujian perangkat keras dilakukan pada blok rangkaian alat yang meliputi: Mikrokontroler Arduino Uno, Sensor Kadar Gula yaitu sensor FC-28, Sensor Gas C₂H₅OH yaitu MQ-3, Sensor Gas CO₂ yaitu MG-811 dan Sensor suhu dan kelembapan yaitu DHT- 11 seperti tampak pada Gambar 10.



Gambar 10 Konstruksi pengujian sampel tapai ubi dengan *prototype*

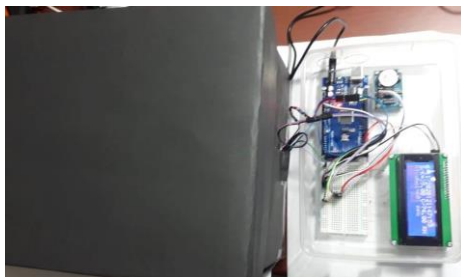
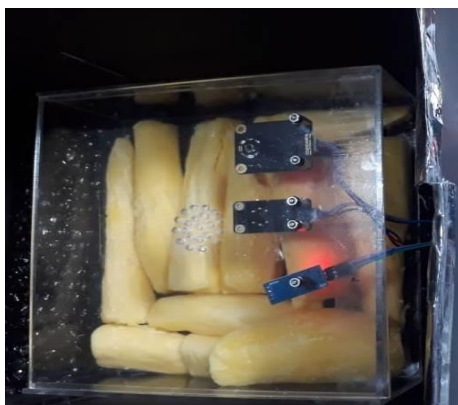
Hasil dan Pembahasan

Hasil rangkaian *prototype* untuk pengukuran sampel Tapai Ubi seperti telah dirancang pada sub-bab sebelumnya (rancangan *prototype hardware*) sehingga menghasilkan *prototype* instrumentasi pengukuran kadar $C_6H_{12}O_6$, gas C_2H_5OH , gas CO_2 , suhu dan kelembaban dapat dilihat pada Gambar 11. *Prototype* yang dihasilkan menggunakan komponen input dan komponen pemroses menggunakan mikrokontroler ATMEGA238 dengan minimum sistem yang dinamakan Arduino Uno. Komponen output menggunakan layar LCD 4x16, dan alur program yang diupload pada *prototype* didasari pada *flowchart* yang dengan menggunakan bahasa pemrograman C.



Gambar 11 *Prototype* instrumentasi pengukuran sampel tapai

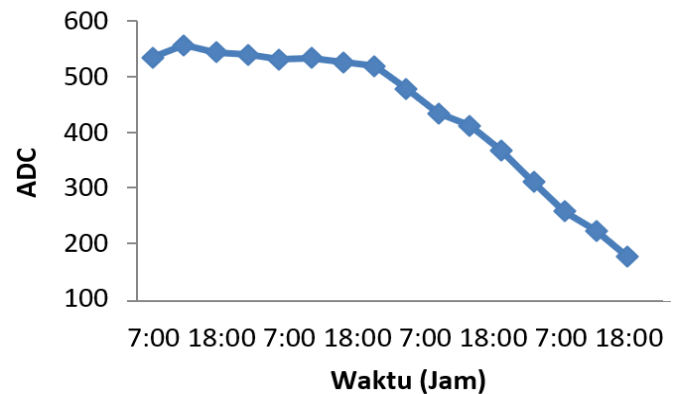
Sampel ditutup menggunakan penutup kotak dengan jarak antara sampel dengan sensor dilakukan dengan jarak yang optimal (Gambar 12).



Gambar 12 *Prototype* pengukuran dan kotak penyimpanan sampel

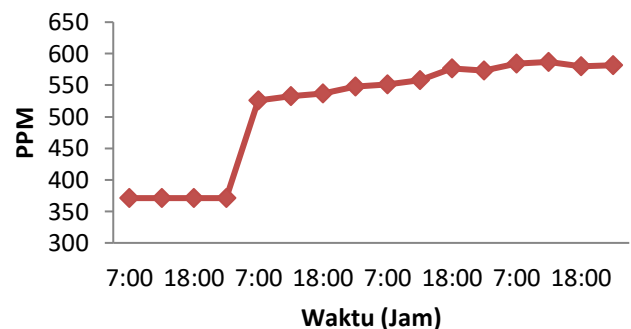
Pada luar kotak penyimpanan sampel terdapat *prototype* pengolah data sensor dan penampil data sampel yaitu

mikrokontroler Arduino Uno dan LCD 4x16. Pengambilan data dilakukan dengan mencatat data keluaran yang ditampilkan pada LCD untuk pengukuran kadar kelima parameter dalam waktu 4x24 jam dengan jeda waktu pengambilan sampel adalah per enam jam untuk kedua sampel.

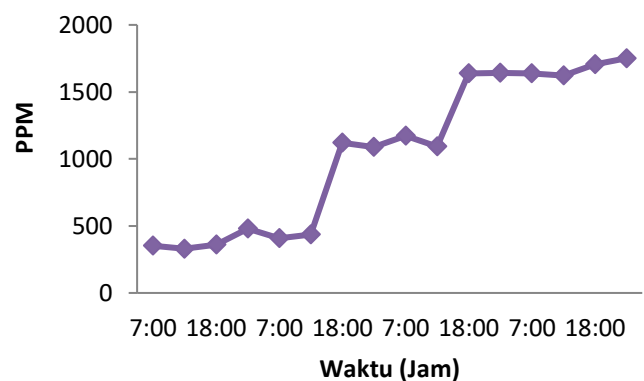


Gambar 13 Grafik kadar $C_6H_{12}O_6$ pada proses fermentasi

Kadar $C_6H_{12}O_6$ terhadap tapai ubi, telah mempersingkat waktu pembuatan tapai yang biasanya tapai dipanen pada hari ketujuh menjadi empat hari. Hal ini, telah didukung oleh data penelitian dan peneliti sebelumnya. Kadar $C_6H_{12}O_6$ adalah data yang paling penting dalam pembuatan tapai, dan pada hari keempat kadar gula yang dihasilkan paling rendah 175 ADC (manis) seperti terlihat pada Gambar 13.

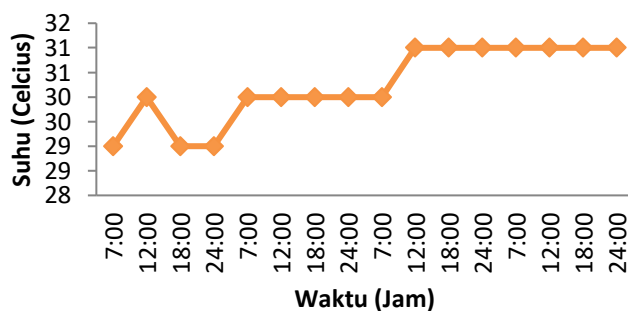


Gambar 14 Grafik gas C_2H_5OH



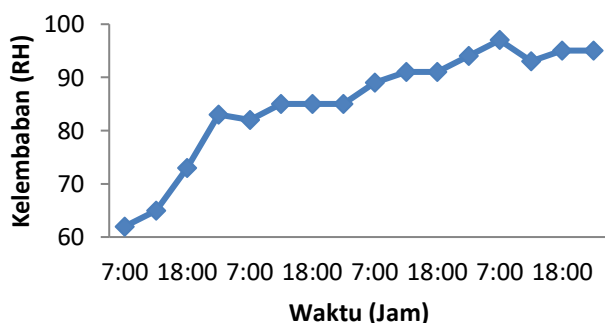
Gambar 15 Grafik gas CO_2

Pengambilan data pengukuran kadar gas C_2H_5OH pada produk Tapai Ubi dengan waktu yang sama, stabil sampai data ke 4 yaitu 371 dan dilanjutkan dengan data ke 5 sampai data ke 8 menunjukkan kenaikan berkisar 548. Pada data ke 9 sampai data ke12 menunjukkan kenaikan stabil dari data sebelumnya yaitu 573 dan diikuti dengan nilai data terakhir yang meningkat ke angka 582. Berdasarkan pengukuran kadar gas C_2H_5OH pada produk Tapai Ubi, semakin lama fermentasi produk tapai ubi maka semakin tinggi kadar gas C_2H_5OH yang dihasilkan. Hasil ini sesuai dengan peneliti sebelumnya, bahwa kadar C_2H_5OH terjadi peningkatan dari 398 menjadi 555 sampai proses matangnya tapai ubi (Isnainin *et al*, 2020) (Gambar 14). Pengambilan data hasil pengukuran kadar gas CO_2 yang dilakukan selama 4x24 jam menunjukkan data awal 351 dan mengalami kenaikan pada data ketiga yaitu 478. Data ke9 sampai ke12 mengalami kenaikan yang tajam. Oleh karena itu kadar gas CO_2 pada proses fermentasi tapai ubi semakin lama semakin besar nilai kadar gas CO_2 yang dihasilkan (Moriaux *et al*, 2018) (Gambar 15).



Gambar 16 Grafik suhu

Pengambilan data dan pengukuran suhu pada produk Tapai Ubi yang dilakukan selama 4x24 jam (Gambar 16) data awal sampai data ke 5 stabil pada 29°C, sedangkan data ke 6—9 mengalami peningkatan sebesar 30°C, dan terus meningkat sampai data ke 10—16, stabil pada angka 31°C. Oleh karena itu, semakin lama proses fermentasi semakin tinggi suhu yang dihasilkan, yaitu dari 29°C menjadi 31°C. Berdasarkan pengujian sebelumnya, proses fermentasi suhu meningkat dari 30°C menjadi 31°C (Djunaidi *et al*, 2019), dan dari 27°C menjadi 30°C (Asnawi *et al*, 2013).



Gambar 17 Grafik kelembapan

Pengambilan data dan pengukuran kelembaban pada produk Tapai Ubi yang dilakukan selama 4x24 jam, data awal sampai dengan data ke 3 yaitu mengalami kenaikan dari 63 menjadi 73 RH, dan pada hari ke 9 meningkat menjadi 89 RH, dan data ke 16 meningkat menjadi 95 RH (Gambar 17). Berdasarkan data pengukuran kelembaban pada produk Tapai Ubi, semakin lama proses fermentasi maka semakin tinggi nilai kelembaban yang dihasilkan. Pada pengujian sebelumnya, data kelembaban terjadi kenaikan dari 56-95 RH sampai akhir proses Tapai Ubi menjadi matang (Djunaidi *et al*, 2019).

Kesimpulan

Prototype instrumentasi pengukuran kadar $C_6H_{12}O_6$, gas C_2H_5OH , gas CO_2 , suhu dan kelembaban menggunakan komponen input sensor dan komponen pemroses menggunakan mikrokontroler ATMEGA238 dengan sistem Arduino Uno berhasil mengukur kelima parameter yang digunakan dan Penggunaan sensor dapat diaplikasikan untuk mengetahui karakteristik pada tapai.

Referensi

- Asnawi, M., Sumarlan, S. H., dan Hermanto, M. B. (2013) Karakteristik tape ubi kayu (*Manihot utilissima*) melalui proses pematangan dengan penggunaan pengontrol suhu. *Jurnal Bioproses Komoditas Tropis*. 1(2): 56–66.
- Berlian, Z., Aini, F., dan Ulandari, R. (2016) Uji kadar alkohol pada tapai ketan putih dan singkong melalui fermentasi dengan dosis ragi yang berbeda. *Jurnal Biota*. 2(1): 106–111.
- Djunaidi, K., Jatnika, H., Ningrum, R. F. dan Kabidoyo, W. S. C. (2019) Alat pendeteksi dan monitoring kematangan tape. *Petir*. 12(2): 222–230
- González-Buesa J. dan Salvador M. L. (2019) An Arduino-based low cost device for the measurement of the respiration rates of fruits and vegetables. *Comput. Electron. Agric.* 162: 14–20
- Hasanah, H. Jannah, A. dan Fasya, A. G. (2012) Pengaruh lama fermentasi terhadap kadar alkohol tape singkong (*Manihot utilissima* Pohl). *Alchemy*. 2(1): 68–79
- Isnainin, N., Ulum, M., dan Joni, K. (2020) Rancang bangun indikator berat, temperatur dan kadar alkohol pada proses fermentasi singkong (tape) dengan metode fuzzy berbasis microcontroller atmega. *Jeecom*. 2(1): 8–14
- Irakli, M., Mygdalia, A., Chatzopoulou, P., dan Katsantonis, D. (2019) Impact of the combination of sourdough fermentation and hop extract addition on baking properties, antioxidant capacity and phenolics bioaccessibility of rice bran-enhanced bread. *Food Chem*. 285:231–239
- Kurniawan, A., Munadi, R., dan Mayasari R. (2016) Implementasi dan analisa jaringan wireless sensor untuk monitoring suhu, kelembaban dan kadar CO_2 pada ruangan. *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri*. Malang, Indonesia. pp. 20–25.
- Kustyawati, M. E., Sari, M. dan Haryati, T. (2013) Effect of fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* on the biochemical properties tapioca. *Agritech*. 33(3): 281–287
- Marwani, L., Demus, N. dan Firman, R. (2017) Penggunaan

- sensor DHT11 sebagai indikator suhu dan kelembaban pada *baby incubator*. *Jurnal Mutiara Elektromedik*. **1**(1): 40–45
- Moriaux, A. L. Vallon, R. Parvitte, B. Zeninari, V. Liger-Belair, G., dan Cilindre C. (2018) Monitoring gas-phase CO₂ in the headspace of champagne glasses through combined diode laser spectrometry and micro-gas chromatography analysis. *Food Chem.* **264**: 255–262
- Pathak, G. (2017) Design and development of a portable instrument for quantification of urea in milk, alcohol in vinegar. *Int. J. Adv. Res. Ideas Innov. Technol.* **3**(6): 383–387
- Rosales-Soto M. U., Gray, P. M., Mattinson, D. S., Ünlü, G., Huber, dan K. dan Powers, J. R. (2016) Microbiological and physico-chemical analysis of fermented protein-fortified cassava (*Manihot esculenta* Crantz) flour. *LWT – Food Sci. Technol.* **66**: 355–360
- Shilpa, J. S. B. dan Sheeba, G. M. (2018) Automated real time monitoring for food grain Storage. *Int. J. Pure Appl. Math.* **118**(24): 1–13
- Sowmya, D. Suneetha, I. dan Pushpalatha, N. (2014) Driver behavior monitoring through sensors and tracking the accident using wireless technology. *Int. J. Comput. Appl.* **102**(2): 21–27