

Pemodelan Matematika Fermentasi Alkohol Pada Tape Singkong dengan Monitoring Technology Temperature and Fermentation Controlled Chamber (TFCC)

Mathematical Modeling of Alcohol Fermentation on Tape Singkong with Monitoring Technology Temperature and Fermentation Controlled Chamber (TFCC)

Ahmad Rofi'i^{#1}, Fendik Eko Purnomo^{#2}, Faisal Lutfi Afriansyah^{*3}

[#]Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Jember

^{*}Jurusan Manajemen Informatika, Politeknik Negeri Jember

¹rofii@polije.ac.id

ABSTRAK

Tujuan penelitian yang dihasilkan pada artikel ini adalah menentukan pemodelan matematika dan analisis matematis dalam proses fermentasi alkohol pada tape singkong yang diproses melalui alat *Temperature And Fermentation Controlled Chamber (TFCC)*. *TFCC* dilengkapi dengan sistem secara otomatis yang disertai dengan sensor yang mendeteksi kualitas makanan dan langsung dapat diamati melalui layar LCD yang terintegrasi pada alat tersebut. Sensor yang digunakan antara lain MQ-3 sebagai sensor pendeteksi kadar alkohol, *thermocouple* tipe K untuk mendeteksi kadar suhu, pH meter untuk mengukur kadar keasaman pangan fermentasi dan dilengkapi dengan LCD tft untuk menampilkan notifikasi hasil pengukuran kadar alkohol. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental dengan membuat rancang bangun suatu alat yang dapat digunakan untuk memproduksi/ memasak makanan berfermentasi sekaligus memonitoring kadar pH, alkohol, kadar glukosa dan suhu yang terintegrasi dalam satu set alat yang dinamakan *Temperature and Fermentation Controlled Chamber (TFCC)* dengan Teknologi *Hybrid System*. Reaksi fermentasi alkohol tape singkong dengan Alat *Temperature And Fermentation Controlled Chamber (TFCC)* dan direkayasa melalui persamaan linear dari data proses fermentasi tape singkong bahwa persamaan kadar alkohol adalah $Y = 10,03 - 1,415 X$ dengan pemodelan matematika $a + \frac{m(S(t)+K)}{p S(t)} (1 - \frac{c}{M} (S(t) - S(0))) = -\frac{d(S(t))}{d X(t)}$ dengan $(Q + dK) = \frac{c}{S(0)} S(t)^2 - S(t)$.

Kata kunci — Fermentasi, Temperature, Controlled Chamber, TFCC

ABSTRACT

The purpose of the research produced in this article is to determine mathematical modeling and mathematical analysis in the alcoholic fermentation process on cassava tape which is processed through a *Temperature And Fermentation Controlled Chamber (TFCC)* tool. *TFCC* is equipped with an automated system accompanied by sensors that detect food quality and can be directly observed through the LCD screen integrated in the device. Sensors used include MQ-3 as a sensor for detecting alcohol levels, type K thermocouple to detect temperature levels, pH meter to measure acidity levels of fermented foods and equipped with a tft LCD to display notifications of alcohol content measurement results. The research method used is experimental research by designing a tool that can be used to produce/cook fermented foods while monitoring pH, alcohol, glucose levels and temperature which is integrated in a set of tools called the *Temperature And Fermentation Controlled Chamber (TFCC)* with *Hybrid Systems Technology*. The alcoholic fermentation reaction of cassava tape with a *Temperature And Fermentation Controlled Chamber (TFCC)* and engineered through a linear equation from the cassava tape fermentation process data that the alcohol content equation is $Y=10.03-1,415 X$ with mathematical modeling $a + \frac{m(S(t)+K)}{p S(t)} (1 - \frac{c}{M} (S(t) - S(0))) = -\frac{d(S(t))}{d X(t)}$ with $(Q + dK) = \frac{c}{S(0)} S(t)^2 - S(t)$.

Keywords — Fermentation, Temperature, Controlled Chamber, TFCC

 OPEN ACCESS

© 2022. Ahmad Rofi'i, Fendik Eko Purnomo, Faisal Lutfi Afriansyah



Creative Commons
Attribution 4.0 International License

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara yang kaya makanan yang terbuat dari berbagai pangan lokal, salah satunya pangan berfermentasi. Bahkan pada perkembangannya, makanan fermentasi telah menjadi produk lokal yang menjadi kebanggaan nasional. Produk-produk pangan fermentasi lokal tersebut memiliki ciri khas masing-masing tergantung pada hasil pangan lokal dan budaya yang sangat erat dengan karakteristik masyarakat [1]. Pada proses fermentasi, mikroorganisme menghidrolisis senyawa karbohidrat menjadi asam-asam organik, gula reduksi, oligosakarida dan beberapa pati resistan yang berpotensi menjadi prebiotik [2], [3]. Sementara prebiotik dapat memberikan manfaat dalam memperbaiki keseimbangan dalam saluran pencernaan dan sistem imun [4].

Proses pengolahan makanan dengan cara fermentasi merupakan pengolahan makanan secara tradisional yang sudah dikenal sejak lama dan merupakan metode pengawetan makanan tertua. Sementara pengolahan makanan berfermentasi yang mengabaikan ketentuan kesehatan yang berlaku, seperti kandungan alkohol yang berlebihan dan hasil fermentasi dengan probiotik yang tinggi akan mengakibatkan gangguan kesehatan [5]. Sebagaimana diatur pada rekomendasi badan kesehatan dunia, WHO bahwa kandungan konsumsi gula per hari adalah 10% dari total energi atau setara dengan 50 gram perorangan per hari.

Dengan permasalahan klasik yang masih terjadi di masyarakat, maka diperlukan sentuhan teknologi sebagai salah satu solusi dalam meminimalkan dampak negatif dari pengolahan makanan berfermentasi. Di antara bentuk sentuhan teknologi tersebut telah tampak diberlakukan di masyarakat, seperti alat pendeteksi kematangan dan kontrol pada tape sebagai salah satu objek makanan berfermentasi [6]. Temuan tersebut hanya dapat mendeteksi dan mengontrol kematangan saja, tanpa mengetahui kandungan unsur probiotik, kandungan alkohol serta derajat keasaman yang ditimbulkan dari proses kematangan makanan tersebut. Temuan lain adalah alat pendeteksi kadar alkohol untuk jenis minuman beralkohol

menggunakan sensor MQ-3 berbasis Atmega328 [7]. Penemuan tersebut hanya terpusat pada analisa kadar alkohol minuman, namun mengabaikan proses fermentasinya. Dari beberapa temuan yang masih terbatas tersebut, maka diperlukan inovasi baru yang lebih fleksibel dan dapat mengintegrasikan keperluan yang dibutuhkan sehingga menghasilkan produk pangan berfermentasi yang berkualitas.

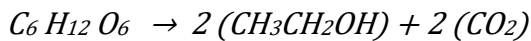
Salah satu alat yang dapat menjamin pertumbuhan mikroba pada fermentasi serta produk dari mikroba tersebut adalah bioreaktor. Namun penggunaannya ada adalah pemerataan medium kultur dan belum adanya kontrol dan monitor secara terintegrasi yang dapat menunjang proses produksi pangan berfermentasi [8]. Terlebih lagi pada sistem pengolahan pangan fermentasi skala tradisional lebih mengabaikan kontrol dan monitoring hasil produksi, mulai dari tingkat derajat keasaman, kandungan alkohol dan kematangan. makanan berfermentasi yang terintegrasi melalui medium yang berfungsi sebagai tungku pemasak dan kontrol monitoring kualitas makanan, mulai dari derajat keasaman, kandungan glukosa hingga kandungan alkohol yang dikontrol oleh sistem module otomasi dan sensor melalui Rancang Bangun *Temperature And Fermentation Controlled Chamber (TFCC)*.

Alat *Temperature And Fermentation Controlled Chamber (TFCC)* dilengkapi dengan sistem secara otomasi yang disertai dengan sensor yang mendeteksi kualitas makanan dan langsung dapat diamati melalui layar LCD yang terintegrasi pada alat tersebut. Sensor yang digunakan antara lain MQ-3 sebagai sensor pendeteksi kadar alkohol, *thermocouple* tipe K untuk mendeteksi kadar suhu, pH meter untuk mengukur kadar keasaman pangan fermentasi dan dilengkapi dengan LCD tft untuk menampilkan notifikasi hasil pengukuran kadar alkohol, pH, suhu dan kadar gula pada makanan berfermentasi yang sudah diproses produksinya pada satu alat yang terintegrasi melalui tungku yang disekat berbahan *stainless steel* agar tahan panas, merata penyebaran panasnya dan tidak mudah karat.

Salah satu kandungan hasil dari fermentasi tapai singkong adalah alkohol. Sedangkan komponen aktif pada produksi alkohol adalah glukosa, fruktosa, *saccharomyces cerevisiae*,

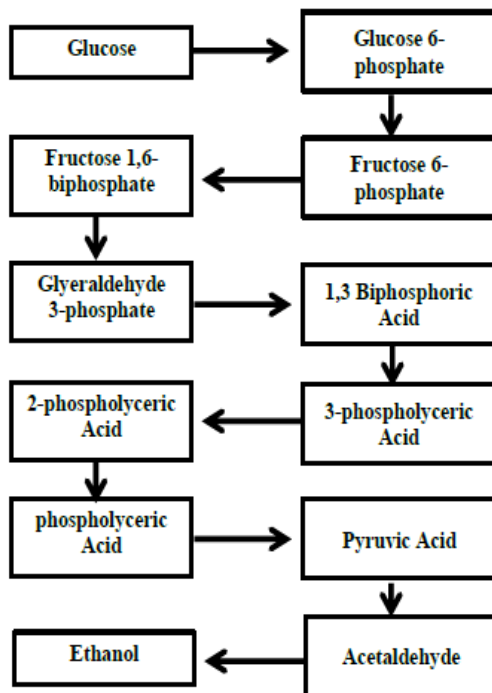


enzim Glicolitik, etanol dan gas karbon dioksida [9]. Proses fermentasi alkohol merupakan proses kimia yang dihasilkan dari reaksi penguraian gula menjadi etanol dan karbon dioksida.



Gula Ethanol Karbon dioksida

Secara rinci rantai perubahan glukosa menjadi alkohol dalam proses fermentasi [9] dapat disajikan dalam alur sebagai berikut.



Gambar 1. Rantai perubahan glukosa menjadi alkohol dalam proses fermentasi

Salah satu studi tentang konsep pada operasi matematika yang secara kontekstual menggambarkan kondisi real adalah pemodelan matematika. Representasi konsep dan operasi matematika dihasilkan dari perubahan persamaan pada variabel sebagai langkah untuk mendeskripsikan suatu sistem [10]. Model matematika diaplikasikan dalam banyak keilmuan dan bidang yang berbeda, baik bidang kedokteran, teknik, ilmu sosial dan politik, ekonomi juga problem-problem jaringan komputer.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental dengan membuat

rancang bangun suatu alat yang dapat digunakan untuk memproduksi/ memasak makanan berfermentasi sekaligus memonitoring kadar pH, alkohol, kadar glukosa dan suhu yang terintegrasi dalam satu set alat yang dinamakan *Temperature And Fermentation Controlled Chamber (TFCC)* dengan Teknologi *Hybrid System*. Langkah berikutnya adalah mengumpulkan data tentang variabel-variabel yang mempengaruhi kualitas tape dengan memperhatikan kadar pH, alkohol dan kadar glukosa. Dengan data dan variabel yang telah dihasilkan akan dilakukan analisa dengan membentuk pemodelan matematika.

Langkah dan tahapan penelitian yang dilakukan antara lain:

2.1. Studi literatur

Tahap awal penelitian adalah studi literatur dengan mencari beberapa literatur untuk dijadikan sebagai bahan rujukan dan pembanding untuk penelitian yang akan dilakukan.

2.2. Desain Rancang Bangun

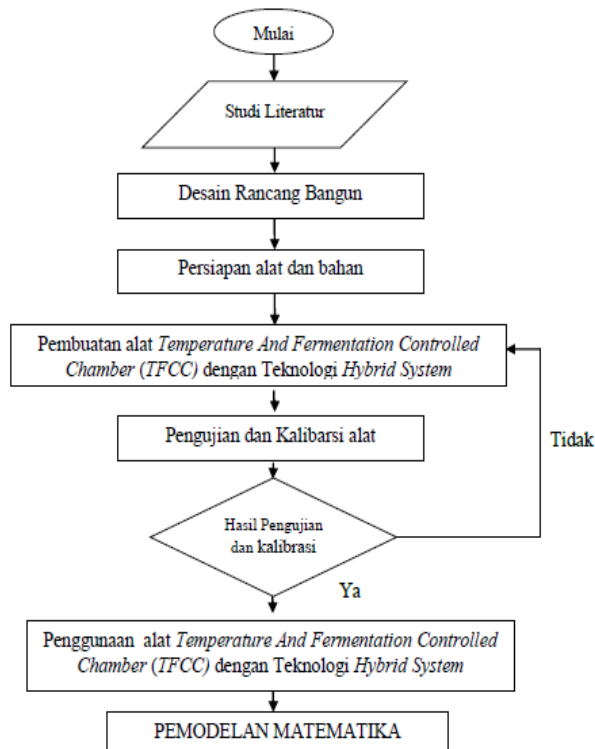
Tahap selanjutnya adalah membuat rancangan rancang bangun sesuai dengan kebutuhan dan hasil studi literatur.

2.3. Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk proses pembuatan rancang bangun.

Alat dan bahan yang dibutuhkan terbagi menjadi 2 komponen, yaitu komponen bersifat *Hardware* yaitu alat produksi/ masak serta alat dan bahan *software* yaitu komponen yang digunakan untuk memonitoring kualitas hasil produksi, yaitu layar LCD yang terintegrasi pada alat tersebut, sensor MQ-3 sebagai sensor pendeteksi kadar alkohol, *thermocouple* tipe K untuk mendeteksi kadar suhu, pH meter untuk mengukur kadar keasamaan pangan fermentasi dan dilengkapi dengan LCD tft untuk menampilkan notifikasi hasil pengukuran kadar alkohol, pH, suhu dan kadar gula pada makanan berfermentasi yang sudah diproses produksinya pada satu alat yang terintegrasi melalui tungku yang disekat berbahan *stainless steel* agar tahan panas, merata penyebaran panasnya dan tidak mudah karat

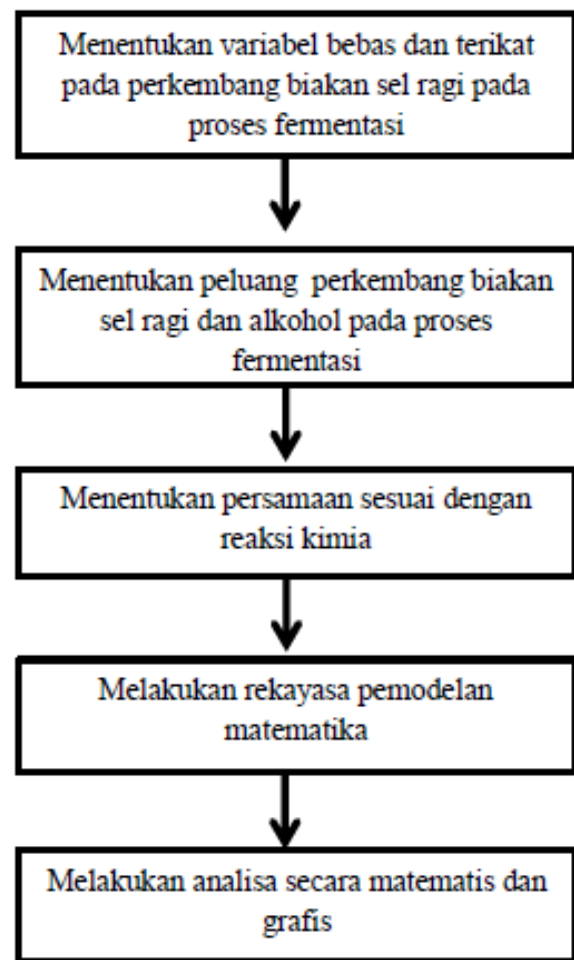
- 2.4. Membuat alat *Temperature And Fermentation Controlled Chamber (TFCC)* dengan Teknologi *Hybrid System* dengan mengintegrasikan alat produksi dan monitoring produk makanan fermentasi
- 2.5. Melakukan analisa dengan pembentukan pemodelan matematika

Tahapan penelitian yang dilakukan disajikan pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

Adapun konstruksi pemodelan matematika dalam fermentasi alkohol dilakukan melalui beberapa tahapan yang disajikan melalui diagram alir sebagai berikut.



Gambar 3. Diagram konstruksi pemodelan matematika

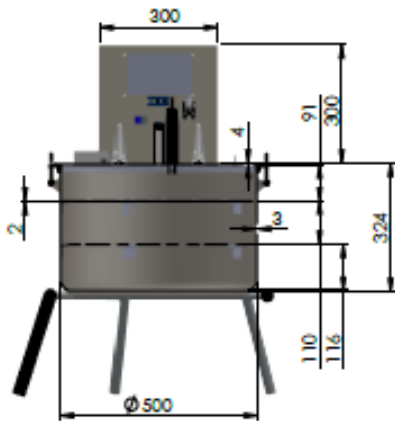
3. Hasil dan pembahasan

3.1. Desain Rancang Bangun Temperature And Fermentation Controlled Chamber (TFCC) dengan Teknologi Hybrid System

Alat *Temperature And Fermentation Controlled Chamber (TFCC)* dengan Teknologi *Hybrid System* dilengkapi dengan sistem secara otomatis yang disertai dengan sensor yang mendeteksi kualitas makanan dan langsung dapat diamati melalui layar LCD yang terintegrasi pada alat tersebut. Sensor yang digunakan antara lain MQ-3 sebagai sensor pendeteksi kadar alkohol, *thermocouple* tipe K untuk mendeteksi kadar suhu, pH meter untuk mengukur kadar keasaman pangan fermentasi dan dilengkapi dengan LCD tft untuk menampilkan notifikasi hasil pengukuran kadar alkohol, pH, suhu dan kadar gula pada makanan berfermentasi yang sudah diproses produksinya pada satu alat yang

terintegrasi melalui tungku yang disekat berbahan *stainless steel* agar tahan panas, merata penyebaran panasnya dan tidak mudah karat.

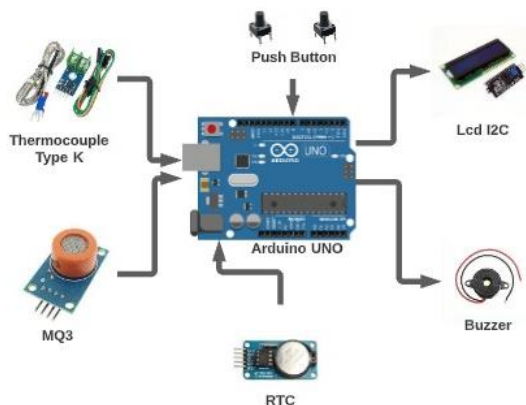
Desain *Temperature And Fermentation Controlled Chamber (TFCC)* dengan Teknologi *Hybrid System* dapat disajikan pada gambar berikut.



Gambar 4. Desain Rancang Bangun TFCC

Pada alat ini yang digunakan untuk memproduksi/ memasak bahan baku berupa singkong sebagai bahan dasar pembuatan produk pangan berfermentasi. Setelah makanan berfermentasi telah dingin dengan bantuan *air flow* kemudian diberikan ragi pada takaran tertentu. Kemudian disimpan kembali pada media produksi dan diaktifkan komponen monitoring kadar pH, alkohol dan glukosa yang telah didesain terintegrasi.

Sementara sistem kerja instrumentasi alat disusun dengan rangkaian sensor sebagai berikut.



Gambar 5. Sistem kerja instrumentasi pada TFCC

3.2. Pengukuran Fermentasi Alkohol yang dihasilkan melalui *Temperature And Fermentation Controlled Chamber (TFCC)* dengan Teknologi *Hybrid System*

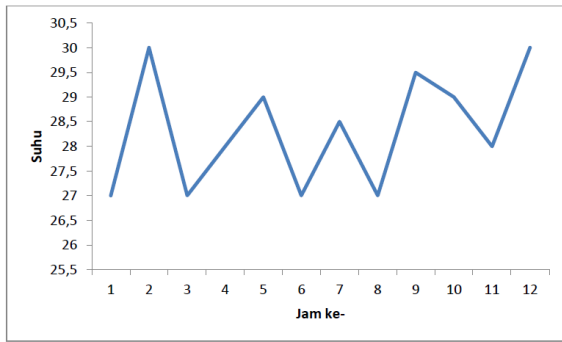
Pengukuran Fermentasi Alkohol dilakukan setelah proses kalibrasi alat dan dilakukan dengan bahan berupa singkong yang diproses untuk menjadi tape dengan ragi yang telah ditentukan. Proses produksi tape singkong melalui *Temperature And Fermentation Controlled Chamber (TFCC)* dengan Teknologi *Hybrid System* yang telah dilakukan proses kalibrasi sehingga bisa digunakan.



Gambar 6. Proses produksi dan pengukuran fermentasi alkohol pada TFCC

Proses produksi dilakukan dengan cara memproses pemasakan singkong di dalam tabung yang dipanaskan melalui proses pemanasan dengan sistem konduktivitas. Setelah pada suhu tertentu singkong yang telah masak yang dimonitoring melalui sensor suhu, maka selanjutnya singkong yang telah masak diberikan ragi.

Proses fermentasi singkong umumnya membutuhkan waktu selama 3 hari. Hasil penelitian yang dilaksanakan menunjukkan dengan suhu terkontrol antara 27 – 30⁰ C.



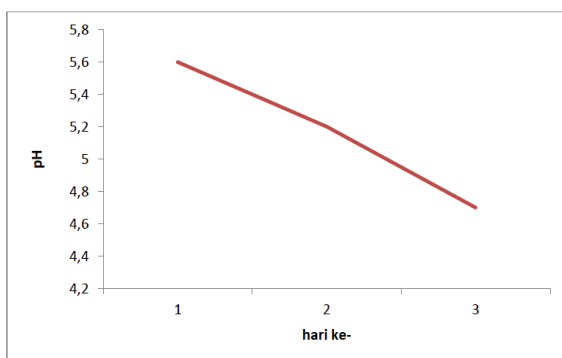
Gambar 7. Grafik suhu harian pada suhu 27 – 30⁰ C

Berdasarkan grafik tersebut dapat ditemukan bahwa suhu terendah dicapai pada jam ke 1 dengan suhu 27⁰ C dan suhu tertinggi diperoleh pada suhu 30⁰ C.



Gambar 8. Kondisi Tape dengan suhu 27 – 30⁰ C

Sementara kadar pH untuk 3 hari proses fermentasi dapat disajikan pada gambar 9 berikut.



Gambar 9. Grafik kadar pH

Pada gambar 9 tersebut dapat bahwa kadar pH pada hari ke-1 mencapai 5,6 dan terendah mencapai kadar pH sebesar 4,7. Hal tersebut berarti kadar pH tape singkong semakin

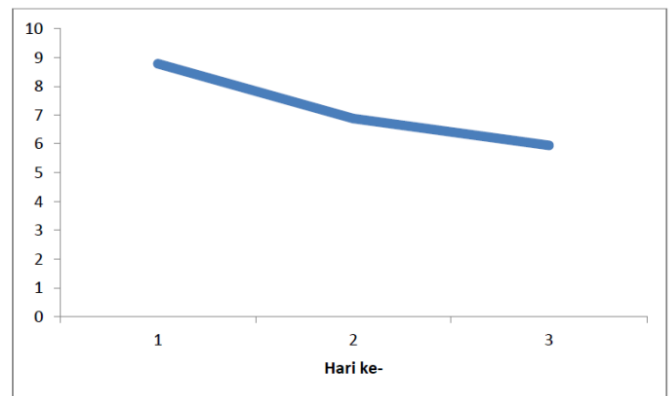
berkurang dengan semakin lamanya proses fermentasi.

Sementara untuk persentase kadar alkohol pada proses fermentasi yang dilakukan selama 3 hari.

Tabel 1. Persentase rata-rata kadar alkohol

Hari ke-	Persentase rata-rata kadar alkohol (%)			Total	Rata-rata
	1	2	3		
	8,78	6,88	5,95	21,61	7,20

Melalui grafik prosentase rata-rata kadar alkohol pada proses fermentasi tape singkong melalui *TFCC* dapat disajikan pada analisa grafik sebagai berikut.



Gambar 10. Grafik persentase rata-rata alkohol

Berdasarkan tabel dan grafik tersebut dapat diketahui bahwa rata-rata persentase kadar alkohol tertinggi berada pada pengamatan hari pertama dengan 8,78% dan terendah pada pengamatan hari ketiga dengan 5,95%.

Kandungan pati pada tape singkong menghasilkan alkohol yang semakin sedikit seiring dengan bertambahnya waktu fermentasi. Hal tersebut dikarenakan pada tape singkong mengandung pati yang sedikit yang dihasilkan melalui proses fermentasi.

3.3. Konstruksi Pemodelan Matematika

3.3.1. Menentukan variabel yang bekerja pada sistem melalui regresi berganda

Secara umum regresi ganda dituliskan dalam matematis sebagai berikut:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_nX_n$$

Untuk 2 predictor :

$$\hat{Y} = a + b_1X_1 + b_2X_2$$

Untuk 3 predictor : $\hat{Y} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3$

Untuk n predictor : $\hat{Y} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$

Keterangan

Y = variabel tak bebas

X₁ = variabel bebas ke-1

X₂ = variabel bebas ke-2

X₃ = Variabel bebas ke-3

X_n = Variabel bebas ke-n

a = konstanta

b₁ = kemiringan ke 1

b₂ = kemiringan ke 2

b₃ = kemiringan ke 3

jika terdapat 2 prediktor maka persamaan garis regresi ganda dibuat dengan nilai a, b₁ dan b₂ melalui persamaan:

$$\sum Y = an + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2$$

$$\sum YX_1 = a \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1X_2$$

$$\sum YX_2 = a \sum X_2 + b_1 \sum X_1X_2 + b_2 \sum X_2^2$$

Berdasarkan pada data yang disajikan pada tabel 1 yang dianalisis dengan sistem regresi berganda diperoleh data sebagai berikut:

Tabel 2. Analisa Regresi Berganda

	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	4,00445	4,00445	25,53587	0,124374
Residual	1	0,156817	0,156817		
Total	2	4,161267			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	10,03333	0,604901	16,58673	0,038335	2,347334	17,71933	2,347334	17,71933
X Variable 1	-1,415	0,280015	-5,0533	0,124374	-4,97293	2,142926	-4,97293	2,142926

Berdasarkan tabel analisa tersebut dapat diberikan penegasan persamaan linear dari data proses fermentasi tape singkong bahwa persamaan kadar alkohol adalah $Y = 10,03 - 1,415 X$

3.3.2. Konstruksi Pemodelan Matematika Fermentasi Alkohol pada Tape Singkong Melalui Alat Temperature And Fermentation Controlled Chamber (TFCC)

Perubahan banyaknya gula dalam fermentasi pada saat t sekon adalah:

$$\frac{d}{dt} S(t) = -a \frac{d}{dt} X(t) - m X(t) \dots\dots\dots (1)$$

Dengan

$\frac{d}{dt} X(t)$ adalah laju pertumbuhan semua sel ragi pada saat t

a adalah massa gula yang dibutuhkan 1 sel ragi untuk berkembang

m adalah massa gula yang dibutuhkan sel ragi untuk hidup.

Probabilitas perkembangan sel ragi dalam glukosa adalah

$$\frac{S(t)}{S(t)+A} \dots\dots\dots (2)$$

dengan A adalah gula di luar glukosa.

Probabilitas sel ragi berada pada senyawa non etanol/ enzim adalah

$$\frac{M}{M+E(t)} \dots\dots\dots (3)$$

Sedangkan laju pertumbuhan satu sel ragi p, maka laju perkembangan sel-sel ragi adalah



$$\frac{d}{dt} X(t) = p \frac{M S(t)}{(S(t)+A)(M+E(t))} X(t) \dots\dots\dots (4)$$

Pada reaksi kimia perubahan gula menjadi alkohol dengan mengubah 1 mol gula menjadi 2 mol etanol, maka massa alkohol M_A dan massa gula M_G , maka perkembangan etanol pada saat t adalah

$$\frac{d}{dt} E(t) = - \frac{2 M_A}{M_G} \frac{d S(t)}{dt} \dots\dots\dots (5)$$

Dengan sistem persamaan bidang phase untuk S dan X pada persamaan (1), (4) dan (5) diperoleh

$$- \frac{m(S(t)+K)}{p S(t)} \left(1 + \frac{E(t)}{M}\right) = a + \frac{d S(t)}{d X(t)} \dots\dots\dots (6)$$

Sedangkan pada persamaan (5) dapat diperoleh

$$\frac{d}{dt} E(t) = - c \frac{d S(t)}{dt} \text{ dengan } c = - \frac{2 M_A}{M_G}$$

maka dengan integrasi, maka akan diperoleh persamaan

$$E(t) = - c (S(t) - S(0)) \dots\dots\dots (7)$$

Dengan substitusi persamaan (7) ke persamaan (6), maka akan diperoleh

$$a + \frac{m(S(t)+K)}{p S(t)} \left(1 - \frac{c}{M} (S(t) - S(0))\right) = - \frac{d(S(t))}{d X(t)}$$

Dengan merekayasa dan validasi pada persamaan kadar alkohol pada persamaan tersebut, maka akan diperoleh pemodelan matematika

$$(Q + dK) = \frac{c}{S(0)} S(t)^2 - S(t)$$

dengan $d = \frac{c Q S(0)}{KM}$

dan $Q = \frac{m K}{p} B$

4. Kesimpulan

Dengan menentukan variabel yang mempengaruhi reaksi fermentasi alkohol tape singkong dengan Alat *Temperature And Fermentation Controlled Chamber (TFCC)* dan direkayasa melalui persamaan linear dari data proses fermentasi tape singkong bahwa persamaan kadar alkohol adalah $Y = 10,03 - 1,415 X$ dengan pemodelan matematika

$$a + \frac{m(S(t)+K)}{p S(t)} \left(1 - \frac{c}{M} (S(t) - S(0))\right) = - \frac{d(S(t))}{d X(t)} \text{ dengan } (Q + dK) = \frac{c}{S(0)} S(t)^2 - S(t).$$

5. Ucapan Terima Kasih

Dengan terselesaikannya program penelitian mulai dari proses hingga akhir kegiatan, tim mengucapkan terima kasih yang terhingga kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (PPPM) Politeknik Negeri Jember yang telah memberikan bantuan dana melalui pendanaan PNBPN tahun 2022. Tim juga mengucapkan terima kasih dan apresiasi yang besar pada semua pihak yang turut mendukung terlaksananya penelitian, baik laboratorium, teknisi dan pihak mahasiswa hingga kegiatan penelitian dan artikel ini dapat terselesaikan.

Daftar Pustaka

- [1] Warawardhana, D dan Maharani, Y. 2014. Indonesia Culinary Center. Jurnal Tingkat Sarjana Bidang Senirupa dan Desain. vol 3(1): 1-6.
- [2] Faridah, HD and Sari, SK. 2019. Utilization of microorganism on the development of halal food based on biotechnology. Journal of Halal Product and Research. vol 2(1): 33-43.
- [3] Sari, P.M dan Puspaningtyas, D. 2019. Skor aktivitas prebiotik growol (makanan fermentasi tradisional dari singkong) terhadap *Lactobacillus sp.* dan *Escherichia coli*. Ilmu Gizi Indonesia. vol 2(2): 101-106.
- [4] Yahfoufi, N., Mallet, J. F., Graham, E., and Matar, C. 2018. Role of probiotics and prebiotics in immunomodulation. Current Opinion in Food Science. vol 20(April): 82-91
- [5] Cairns Donald, 2014. Intisari Kimia farmasi. Jakarta. Buku Kedokteran EGC.
- [6] Djunaidi K, Jatnika H, Ningrum F.R, Kabidoyo. 2019. Alat pendeteksi dan Monitoring kematangan Tape. Jurnal PETIR, Jurnal Pengkajian dan Penerapan Teknik Informatika. Vol 12 (2) 222-230.
- [7] Adyana A.P.M, Swamardika IB Alit, Rahardjo pratolo (2015). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kadar Alkohol pada minuman beralkohol menggunakan sensor MQ-3 berbasis A Tmega328. E-Jurnal SPEKTRUM. vol 2 (3)
- [8] Waites, M.J., Morgan, N.L., Rockey, J.S., and Gary Higon (2001). Industrial Microbiology: An Introduction. USA: Blackwell science.



- [9] Nurwahyu Budi (2009). Model Matematika Fermentasi Alkohol dari Buah Anggur. *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi (JMSK)*. Vol. 6(1) 49-58.
- [10] Fatahillah, Arif. (2010). Pemodelan dan Penyelesaian Numerik dari Permasalahan Korosi Besi yang Didasarkan pada Sifat Kimia Larutan. *KadikMa*. Vol. 2 (1): 71-80

