

NASKAH ORISINAL

Pembuatan Alat *Monitoring* Kelembapan, pH, Temperatur, dan Kadar Alkohol pada Proses Fermentasi Beras Ketan Putih Berbasis *Android* untuk Meningkatkan Kualitas Brem Sari Gading di Desa Kaliabu, Caruban-Madiun

I Putu Eka Widya Pratama^{1,*} | Safira Firdaus Mujiyanti¹ | Ahmad Radhy¹ | Ira Dwitasari¹ | Rendha Puspita Warni¹ | Zahra Airani Putri² | Muhammad Zidan Abri Fadhilah Husain¹ | Paraskevi Mira Ceti³ | Shine Quinn Firdaus⁴ | Akhmad Maulvin Nazir Zakaria¹ | Naufal Faqiih Ashshiddiq¹ | Rafif Agung Makarim Putra¹ | Muhammad Bintang Al-Ghozali¹ | Shelma Nur Sabila¹

¹Departemen Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

²Departemen Teknik Kimia, Prodi Teknik Pangan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

³Departemen Arsitektur, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

⁴Departemen Sistem Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Korespondensi

*I Putu Eka Widya Pratama, Departemen Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: eka.widya@its.ac.id

Alamat

Laboratorium *Safety Instrumented System*, Departemen Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Abstrak

Brem merupakan produk fermentasi tradisional bernilai budaya tinggi, namun proses pembuatannya masih mengandalkan metode konvensional sehingga pengendalian mutunya sulit dilakukan. Survei pada UMKM Sari Gading di Desa Kaliabu, Caruban-Madiun menunjukkan bahwa fermentasi dilakukan tanpa pemantauan terukur terhadap parameter penting seperti suhu, kelembapan, pH, dan kadar alkohol, yang menyebabkan mutu produk tidak konsisten dan berpotensi gagal. Untuk menjawab permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem *monitoring* fermentasi berbasis *Android* dengan integrasi empat sensor utama, yaitu SHT20 untuk kelembapan, SKU SEN0169 untuk pH, RTD PT100 untuk suhu, dan MQ3 untuk kadar alkohol. Seluruh sensor terhubung ke mikrokontroler ESP32 yang berfungsi dalam pengkondisian sinyal dan pemrosesan data. Sensor kelembapan, pH, suhu, dan alkohol masing-masing memiliki akurasi 97,12%, 98,19%, 97,01%, dan 85,1% dengan tampilan data *real-time* (Nextion HMI dan *Android*), yang terbukti stabil memantau fermentasi, meningkatkan efisiensi proses hingga 10%, serta mendorong digitalisasi UMKM brem.

Kata Kunci:

Android, Fermentasi Brem, *Monitoring*, Parameter Lingkungan, Sensor Terintegrasi.

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Brem merupakan salah satu warisan kuliner tradisional Indonesia yang berasal dari fermentasi beras ketan putih. Cita rasanya yang khas dan proses pembuatannya yang masih mempertahankan pendekatan tradisional menjadikan brem sebagai produk pangan dengan nilai budaya tinggi. Namun demikian, proses fermentasi yang dilakukan secara konvensional menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam hal pengendalian kualitas dan konsistensi produk. Hasil survei di UMKM Sari Gading, Desa Kaliabu, Caruban-Madiun menunjukkan bahwa proses fermentasi belum dilengkapi dengan sistem pemantauan parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, pH, dan kadar alkohol secara sistematis. Kondisi ini menyebabkan kualitas produk yang dihasilkan menjadi kurang konsisten serta berisiko mengalami kegagalan.

Kondisi fermentasi yang tidak terantau secara akurat dapat memicu risiko kegagalan produk atau penurunan mutu. Ketidaksesuaian suhu dan kelembapan misalnya, akan mengganggu aktivitas mikroba fermentatif, sehingga menghasilkan rasa, aroma, atau kadar alkohol yang berbeda-beda^[1]. Hal ini menjadi tantangan serius dalam menjaga standar mutu, terutama saat produk dipasarkan ke wilayah yang lebih luas. Variabilitas kualitas produk juga dapat berdampak langsung terhadap produktivitas dan daya saing UMKM penghasil brem.

Permasalahan tersebut semakin kompleks apabila dikaitkan dengan kapasitas produksi dan efisiensi kerja mitra. Minimnya intervensi teknologi menyebabkan keterbatasan dalam peningkatan volume produksi dan memperpanjang waktu proses fermentasi. Padahal, pada era saat ini, kebutuhan akan inovasi teknologi dalam sektor pangan tradisional menjadi sangat penting untuk menjawab tantangan pasar yang semakin kompetitif.

Selain itu, tantangan pada sektor pangan lokal mendorong pentingnya transformasi teknologi yang adaptif dan aplikatif. Upaya peningkatan produktivitas dan kualitas produk UMKM tidak hanya mendukung pertumbuhan ekonomi lokal, tetapi juga selaras dengan agenda global melalui *Sustainable Development Goals* (SDGs). Inovasi dalam proses produksi seperti *monitoring* fermentasi dapat mendukung pencapaian SDG 8 (*Decent Work and Economic Growth*), SDG 9 (*Industry, Innovation and Infrastructure*), serta SDG 12 (*Responsible Consumption and Production*)^[2]. Dengan demikian, penguatan sektor pangan tradisional melalui inovasi berbasis kebutuhan lokal menjadi langkah strategis dalam mewujudkan keberlanjutan ekonomi dan teknologi berbasis masyarakat.

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Pada kegiatan pengabdian masyarakat ini dikembangkan alat *monitoring* berbasis *Android* untuk memantau kelembapan, pH, temperatur, dan kadar alkohol selama fermentasi beras ketan putih. Alat yang dikembangkan oleh tim ITS dibandingkan dengan alat serupa milik Widiyanti, dkk tahun 2022^[3] memiliki keakuratan 2% lebih baik. Tujuannya adalah untuk meningkatkan kualitas brem Sari Gading di Desa Kaliabu, Caruban-Madiun, sekaligus mengoptimalkan produktivitas dan daya saing produk. Solusi ini dirancang untuk mengatasi masalah inkonsistensi kualitas akibat fermentasi konvensional dan keterbatasan pengetahuan teknologi pada UMKM. Alat ini berupa fermentor dilengkapi sensor yang mengukur parameter kunci, dengan hasil pemantauan ditampilkan melalui LCD dan aplikasi *Android*. Digitalisasi pada fermentor ini dengan pemantauan melalui aplikasi *Android* akan sangat mempermudah proses pemantauan karena dapat dilakukan dimanapun dan kapan pun, sehingga proses fermentasi akan lebih optimal. Proses perancangan meliputi identifikasi kebutuhan mitra, pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak, serta integrasi sistem. Dalam penggunaannya, beras ketan yang telah direbus, didinginkan, dan diberi ragi dimasukkan ke dalam fermentor untuk difermentasi. Sensor kemudian memantau kondisi fermentasi secara *real-time* guna memastikan kualitas dan konsistensi produk akhir.

1.3 | Target Luaran

Program ini menargetkan pengembangan alat *monitoring* fermentasi beras ketan berbasis *Android* yang dipatenkan sebagai Produk Teknologi Tepat Guna. Target luaran program ini meliputi analisis dan sertifikat TKDN (Tingkat Komponen Dalam Negeri), laporan penggunaan komponen lokal, serta sertifikasi uji independen terkait akurasi dan keamanan alat. Publikasi hasil dilakukan melalui video dokumentasi yang akan di-*upload* di *youtube* atau *website* DPRM ITS, artikel Jurnal Sewagati ITS, *book chapter* oleh Pusat Unggulan ITS, dan publikasi media massa (ITS News). Selain itu, program ini juga diharapkan dapat meningkatkan mutu brem Sari Gading dan daya saing UMKM melalui teknologi fermentasi yang lebih modern dan terukur.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

Brem merupakan makanan tradisional Indonesia yang terbuat dari sari beras ketan putih yang telah mengalami proses fermentasi. Proses fermentasi ini menghasilkan produk berbentuk padat, berwarna putih hingga krem, dan memiliki rasa khas manis–asam. Kualitas dari beras ketan putih sangat memengaruhi hasil akhir brem, di mana kandungan amilopektin yang tinggi dalam ketan berperan penting dalam pembentukan senyawa hasil fermentasi, termasuk alkohol dan asam organik^[4]. Fermentasi brem melibatkan dua tahap utama, yaitu fermentasi alkohol yang dilakukan oleh khamir (terutama *Saccharomyces cerevisiae*), serta fermentasi asam laktat oleh bakteri asam laktat^[3].

Proses fermentasi sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan seperti suhu, pH, kelembapan, kadar air, serta waktu fermentasi. Parameter ini harus dijaga dalam rentang optimal untuk memastikan aktivitas mikroba berlangsung secara efisien. Suhu ideal untuk fermentasi brem berada pada kisaran 25–30°C, dengan pH sekitar 4,5–5. Jika suhu dan pH tidak berada diantara batas standar yang diberikan maka mikroorganisme yang berfungsi dalam fermentasi tidak akan tumbuh optimal dan menyebabkan kegagalan dalam proses fermentasi. Durasi fermentasi yang umum diterapkan adalah 4–5 hari. Fermentasi yang melebihi waktu optimal berisiko menurunkan kadar alkohol, bahkan menyebabkan pembentukan senyawa tidak diinginkan^[5]^[6].

Variasi dosis ragi juga berpengaruh terhadap kandungan alkohol dalam brem. Penelitian oleh Ariati et al. (2023)^[7] menunjukkan bahwa peningkatan dosis ragi dari 1,0% menjadi 2,0% menghasilkan peningkatan kadar alkohol, namun kadar tersebut kembali menurun bila fermentasi dilanjutkan melebihi 7 hari. Di samping itu, kadar air dan keasaman juga merupakan indikator kualitas produk akhir. Menurut Koswara et al. (2017)^[8], kadar air akhir produk brem padat sebaiknya sekitar 16%, dengan tingkat keasaman sebesar 15 mL NaOH per 100 gram sampel.

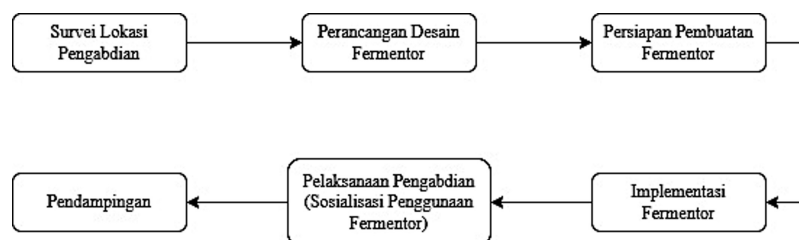
Dalam industri pangan, sistem *monitoring* berbasis sensor semakin banyak digunakan untuk mengontrol proses fermentasi secara *real-time*. Sensor digital seperti SHT20 digunakan untuk memantau kelembapan dan suhu, sementara sensor RTD PT100 dapat memberikan pengukuran temperatur yang akurat dan stabil. Untuk memantau pH, sensor elektrokimia seperti SKU SEN0169 banyak digunakan dalam aplikasi fermentasi skala kecil. Sedangkan kadar alkohol dapat diestimasi menggunakan sensor gas seperti MQ-3^[5], yang mendeteksi keberadaan uap etanol di dalam ruang fermentasi^[9]. Jenis sensor-sensor ini dipilih karena memiliki tingkat keakurasian yang tinggi dalam jangka waktu diatas 5 tahun.

Seluruh sensor tersebut dapat diintegrasikan ke dalam sistem mikrokontroler, seperti ESP32 atau NodeMCU, untuk melakukan akuisisi, pengolahan, dan transmisi data. Data yang diperoleh kemudian dapat ditampilkan secara langsung melalui antarmuka *Human Machine Interface* (HMI) seperti Nextion, serta dikirim ke perangkat *Android* melalui koneksi nirkabel untuk pemantauan jarak jauh. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi, tetapi juga mendukung digitalisasi produksi pangan di sektor UMKM^[10].

3 | METODE KEGIATAN

3.1 | Diagram Alir Pelaksanaan Program

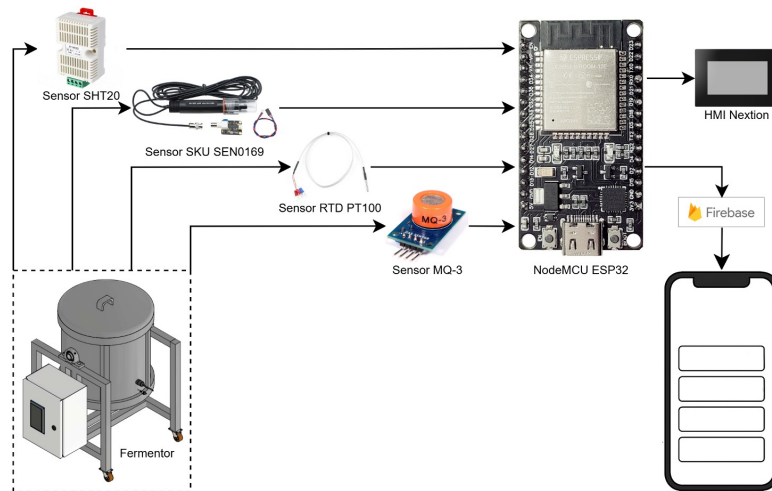
Berikut adalah diagram alur kegiatan pembuatan alat *monitoring* kelembapan, pH, temperatur, dan kadar alkohol pada proses fermentasi beras ketan putih. Kegiatan pengabdian ini dilakukan di lokasi mitra, yaitu di UMKM Brem Sari Gading, berlokasi di Desa Kaliabu, Kecamatan Caruban, Kabupaten Madiun, Jawa Timur.



Gambar 1 Diagram alur kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat.

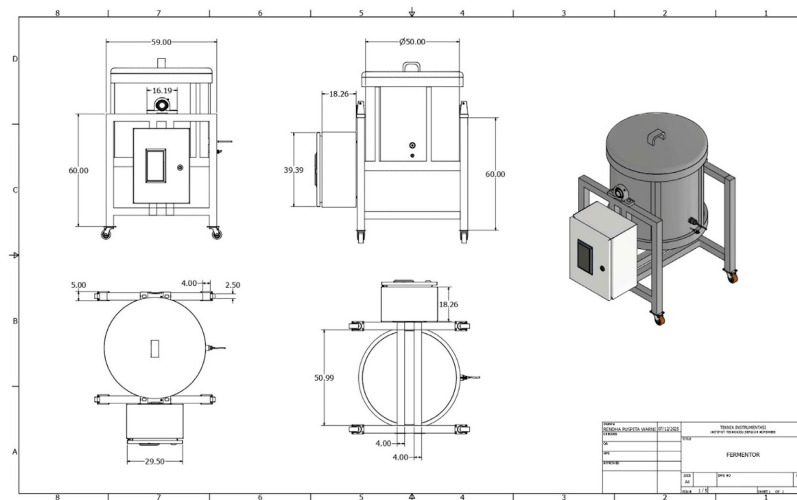
3.2 | Perancangan Sistem

Setelah dilakukan kegiatan survei ke lokasi UMKM Sari Gading di Desa Kaliabu, Kecamatan Mejayan, Caruban-Madiun untuk mengidentifikasi masalah dan observasi proses produksi Brem. Berdasarkan hasil identifikasi, dirancanglah sistem alat *monitoring* fermentor yang mampu memantau parameter penting seperti kelembapan, pH, suhu, dan kadar alkohol secara *real-time*. Perencanaan sistem dimulai dari alur proses, sistem *monitoring*, komponen yang digunakan, desain alat yang akan dibuat, hingga pengintegrasian *software* dan *hardware*. Adapun arsitektur sistem *monitoring* yang dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



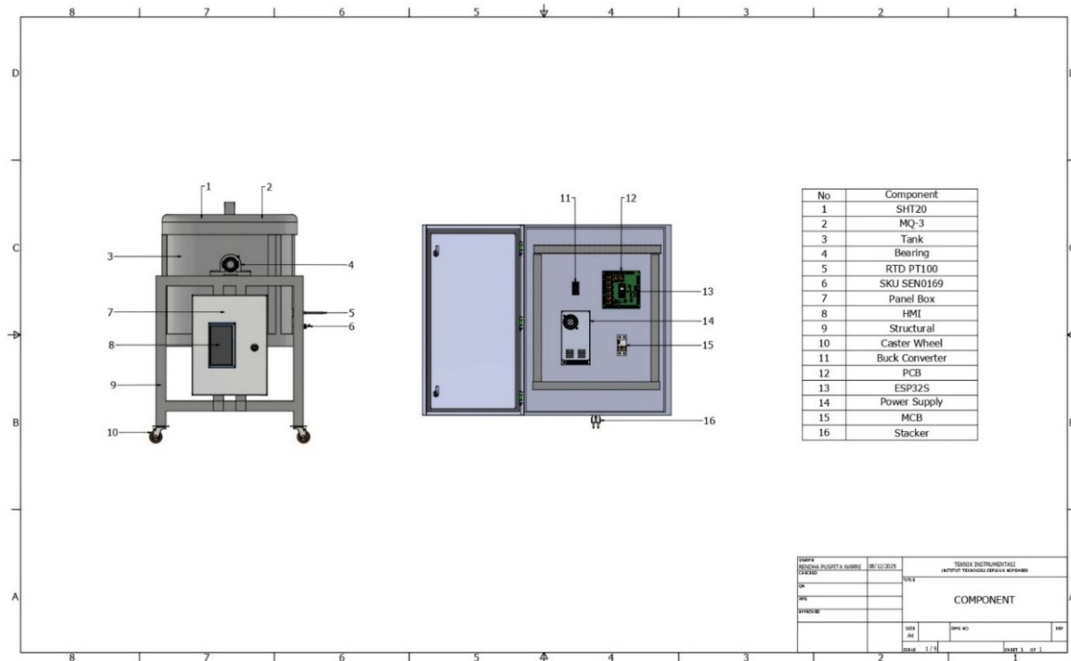
Gambar 2 Arsitektur Sistem *Monitoring* Fermentor.

Perancangan *Hardware* dilakukan dengan membuat desain 3D dari alat yang akan dibuat beserta *electrical wiring diagram*. Proses desain alat dimulai dengan menentukan dimensi fisik fermentor, yakni diameter 50 cm dan tinggi 50 cm, yang disesuaikan dengan kapasitas produksi UMKM mitra. Berikut merupakan rancangan *hardware* dari alat *monitoring* fermentor.



Gambar 3 Desain Fermentor.

Selanjutnya, sistem *monitoring* dikembangkan dengan menempatkan berbagai sensor sesuai dengan parameter penting yang akan diamati, yaitu kelembapan, pH, suhu, dan kadar alkohol. Masing-masing sensor diintegrasikan ke dalam sistem berbasis mikrokontroler ESP32, yang berfungsi sebagai *signal conditioning element* dan *signal processing element*. Sensor SHT20 digunakan untuk kelembapan, SKU SEN0169 untuk pH, RTD PT100 untuk temperatur, dan MQ3 untuk kadar alkohol. Setiap sensor dirancang untuk berinteraksi langsung dengan media fermentasi dan menghasilkan sinyal yang kemudian dikondisikan dan diproses oleh ESP32 menggunakan protokol komunikasi MQTT, sebelum ditampilkan. Data dari sensor ditampilkan melalui Nextion HMI dan aplikasi *Android*, yang berfungsi sebagai *data presentation element*.



Gambar 4 Peletakan Komponen.

Setelah desain final disepakati, kegiatan dilanjutkan ke tahap pembuatan alat yang mencakup pemilihan komponen, perakitan, pemrograman, serta pengujian dan kalibrasi. Tahap akhir dari keseluruhan proses adalah implementasi dan sosialisasi alat kepada mitra dan masyarakat sekitar, yang bertujuan memastikan alat dapat digunakan secara optimal dan memberi dampak nyata dalam peningkatan kualitas produksi brem.

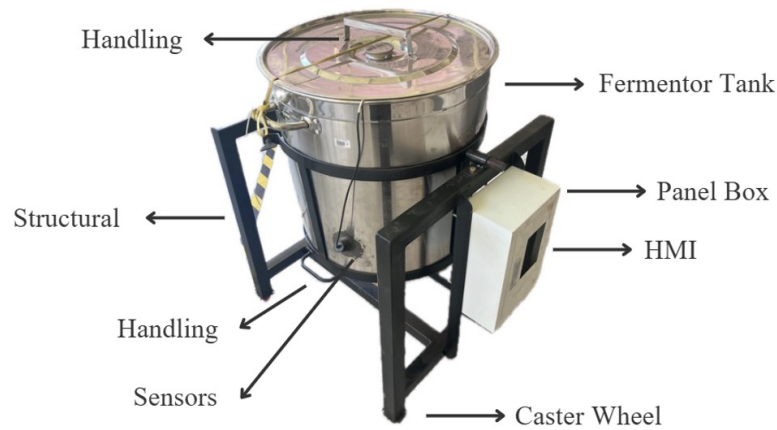
3.3 | Pembuatan Fermentor

Sistem *monitoring* fermentor pada produksi brem dirancang untuk mengukur empat parameter utama proses fermentasi beras ketan putih, yaitu kelembapan ruang fermentasi, pH pada substrat, temperatur ruang fermentasi, dan kadar alkohol. Untuk mendukung operasi sistem *monitoring*, pada bagian depan fermentor dipasang *panel box* yang berfungsi sebagai tempat komponen elektrik dan kontrol.

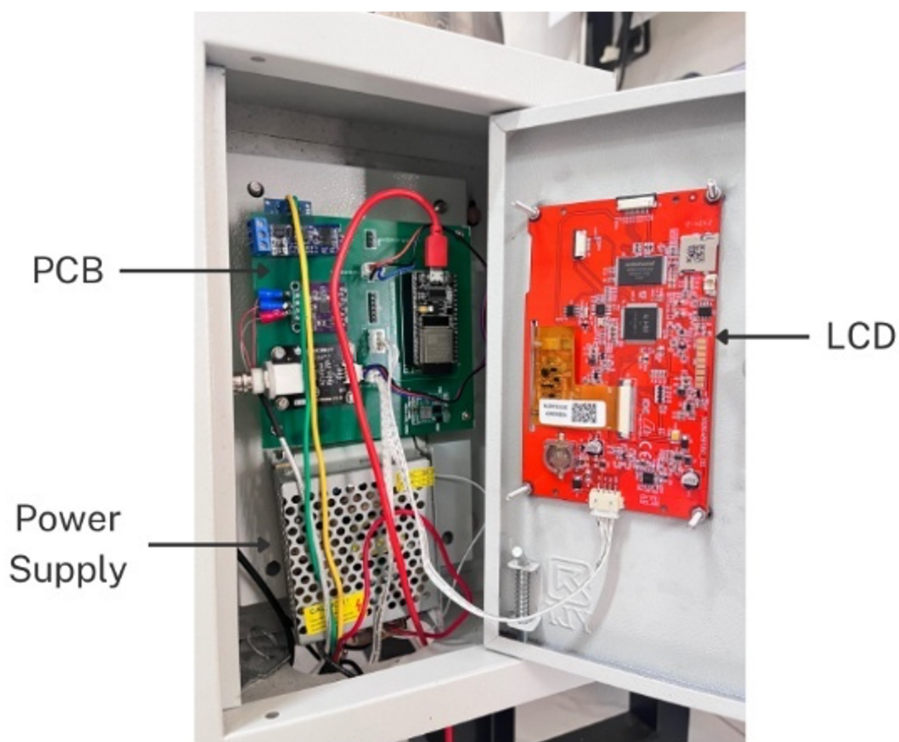
Tangki sebagai ruang fermentasi memiliki ukuran diameter 50 cm dan tinggi 50 cm. Tangki fermentor berbahan dasar *stainless steel food grade*, penggunaan material ini mendukung proses fermentasi secara optimal dan menjaga keamanan produk. Dalam siklus fermentasi berulang, tangki tidak memiliki risiko residu atau kontaminan yang akan mempengaruhi siklus selanjutnya karena sifatnya yang mudah disterilisasi.

Sistem *monitoring* dilengkapi dengan *Human Machine Interface* (HMI) yang terletak di bagian luar *panel box*, serta aplikasi *Android* untuk akses jarak jauh. Kedua *interface* ini menampilkan hasil pengukuran empat parameter fermentasi yaitu kelembapan, pH, temperatur, dan kadar alkohol. Kehadiran sistem ini memudahkan pengrajin UMKM dalam memantau kondisi

fermentasi sehingga tindakan korektif dapat dilakukan lebih cepat ketika parameter menunjukkan kondisi abnormal. Sebelum dihibahkan ke mitra kami telah melakukan pengujian selama 1 minggu untuk mengetahui kinerja sensor dan sistem *monitoring*.



Gambar 5 Mekanik.

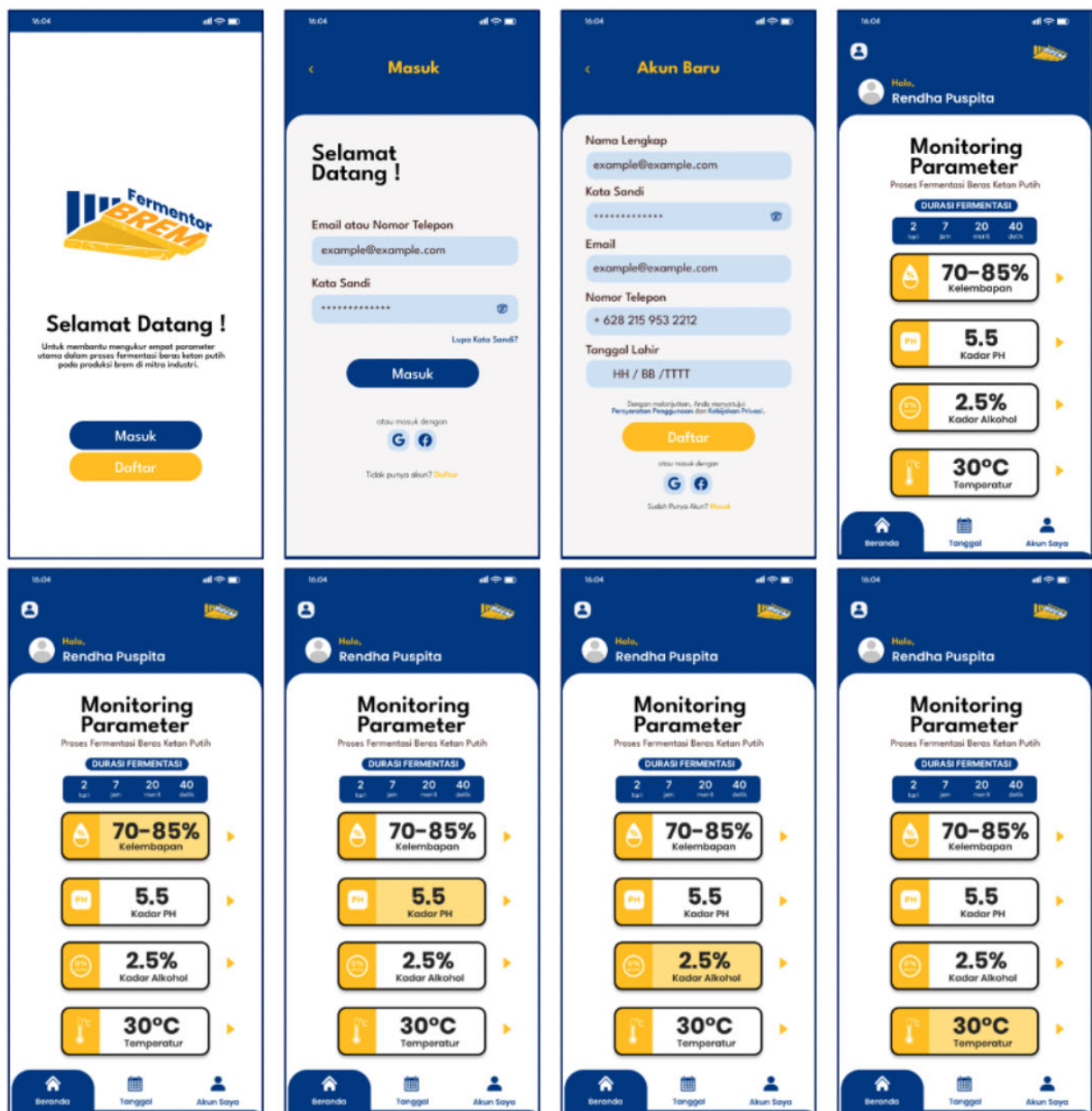


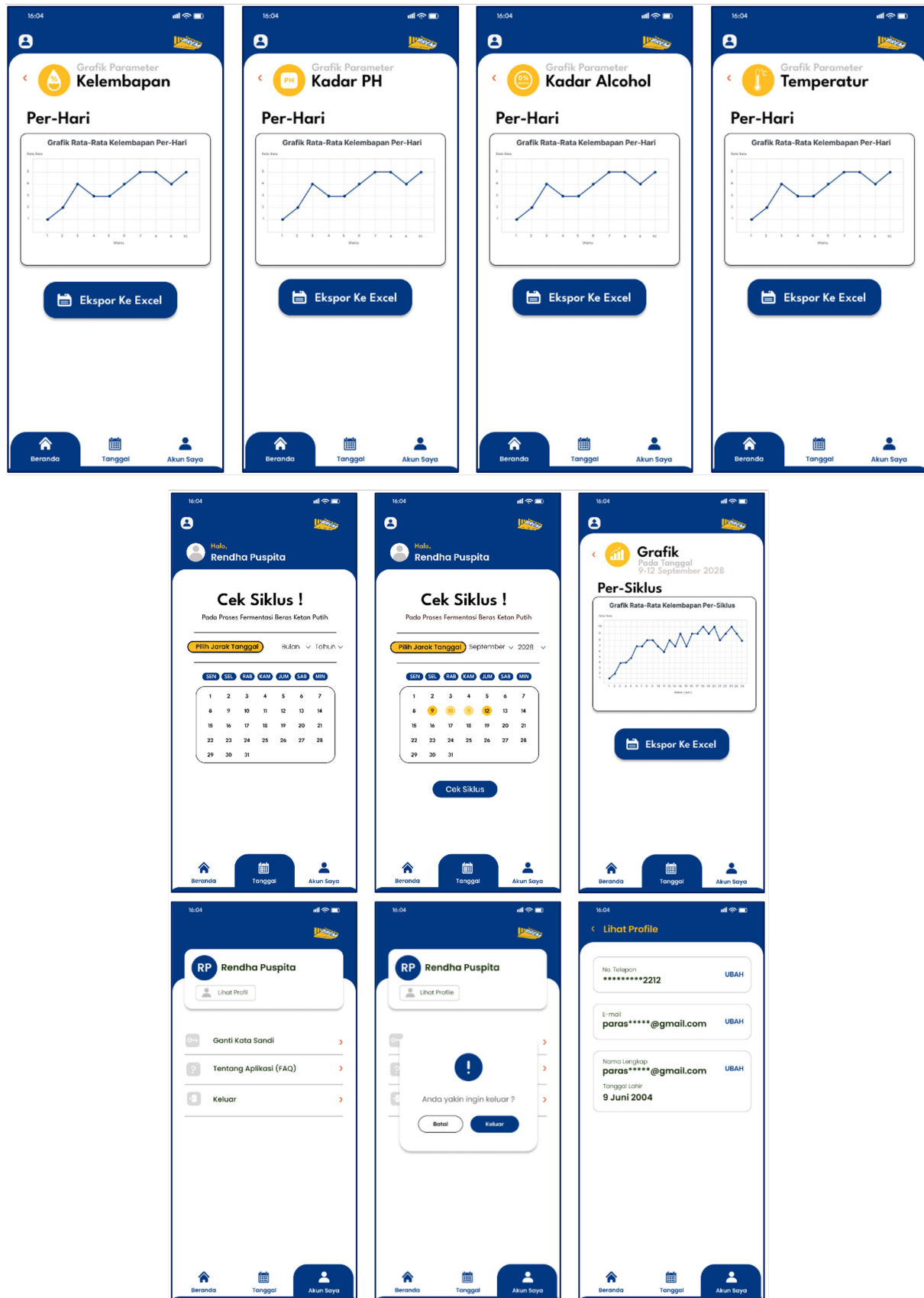
Gambar 6 Elektrikal.

Interface menampilkan kolom hasil bacaan masing-masing sensor pada fermentor yang di *monitoring*, yaitu parameter kelembapan (%RH), pH, temperatur (°C), dan kadar alkohol (%). Data *monitoring* juga dapat diakses jarak jauh melalui aplikasi *Android*.



Gambar 7 Desain Human Machine Interface.





Gambar 8 User Interface Aplikasi Android.

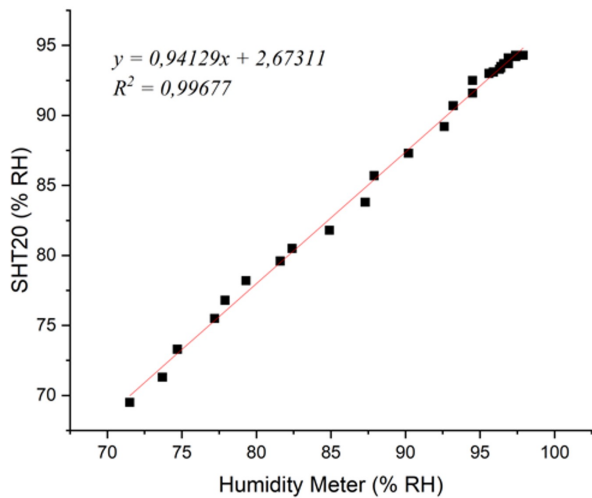
3.4 | Pelaksanaan Pengabdian dan Sosialisasi Alat

Kegiatan pengabdian masyarakat ini telah dilakukan pada tanggal 5 Desember 2025. Kegiatan yang dilaksanakan adalah berupa sosialisasi kepada mitra dari proses penggunaan dan juga proses perawatan alat secara demonstrasi langsung dihadapan mitra. Kami juga mengajarkan mitra untuk memperbaiki alat fermentor nya secara mandiri jika ada kerusakan. Semua proses penggunaan, perbaikan dan perawatan kami rangkum dalam *manual book* yang kami hibahkan langsung beserta dengan alat fermentor nya.

4 | HASIL DAN DISKUSI

4.1 | Validasi Sensor SHT20

Pengujian sensor SHT20 dimulai dengan kondisi ruangan, kemudian memasukkan air panas ke dalam *box* tertutup setiap 5 menit sebanyak 10 ml untuk meningkatkan nilai kelembapan dan temperatur. Data validasi sensor SHT20 untuk kelembapan sebagaimana pada Tabel 1 serta untuk temperatur sebagaimana pada Tabel 2.



Gambar 9 Grafik Validasi Sensor SHT20 untuk Kelembapan.

Pada Gambar 8 menunjukkan grafik hubungan antara sensor SHT20 dengan validator *Humidity Meter* GM1362.

Tabel 1 Hasil Validasi Sensor SHT20 untuk Kelembapan

Waktu (m)	Sensor SHT20 (%RH)	Validator (%RH)	Error (%)	Akurasi (%)
1	69,50	71,50	2,79	97,20
2	71,30	73,70	3,25	96,74
3	73,30	74,70	1,87	98,13
4	75,50	77,20	2,20	97,80
5	76,80	77,90	1,41	98,59
6	78,20	79,30	1,38	98,61
7	79,60	81,60	2,45	97,55
8	80,50	82,40	2,30	97,69
9	81,80	84,90	3,65	96,35
10	83,80	87,30	4,00	95,99

Bersambung ke halaman berikutnya...

Tabel 1 (Lanjutan)

Waktu (m)	Sensor SHT20 (%RH)	Validator (%RH)	Error (%)	Akurasi (%)
11	85,70	87,90	2,50	97,50
12	87,30	90,20	3,21	96,78
13	89,20	92,60	3,67	96,33
14	90,70	93,20	2,68	97,32
15	91,60	94,50	3,06	96,93
16	92,50	94,50	2,11	97,88
17	93,00	95,60	2,71	97,28
18	93,10	95,90	2,91	97,08
19	93,30	96,30	3,11	96,88
20	93,40	96,40	3,11	96,89
21	93,50	96,40	3,00	96,99
22	93,70	96,60	3,00	97,00
23	93,70	96,90	3,30	96,70
24	93,80	96,90	3,19	96,80
25	93,90	96,90	3,09	96,90
26	94,00	96,90	2,99	97,01
27	94,10	96,90	2,88	97,11
28	94,20	97,40	3,28	96,71
29	94,30	97,40	3,18	96,82
30	94,30	97,90	3,67	96,32

Tabel 1 merupakan data hasil validasi pengukuran kelembapan menggunakan sensor SHT20 yang dibandingkan dengan validator dalam satuan %RH (*Relative Humidity*). Dari hasil pengujian di atas, dapat ditemukan karakteristik statik pengukuran sensor SHT20 sebagaimana pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Karakteristik Sensor SHT20 untuk Kelembapan

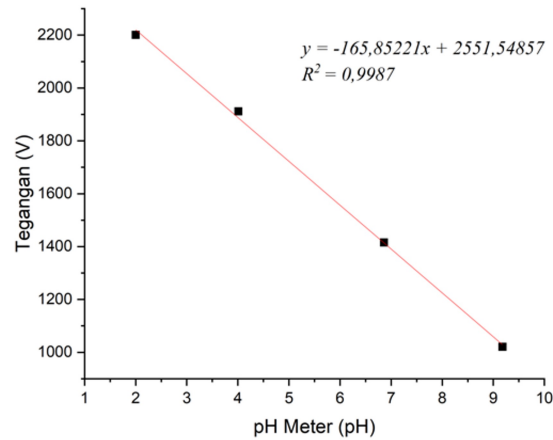
Karakteristik Statik	Hasil Perhitungan
Range	69,50% – 94,30% RH
Span	24,80% RH
Error	2,60% RH
Error	2,87%
Akurasi	97,12%

4.2 | Validasi Sensor pH SKU SEN0169

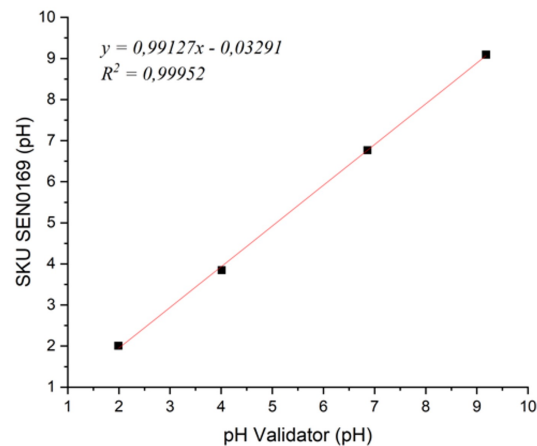
Sensor pH SKU SEN0169 digunakan untuk mengukur nilai pH pada fermentasi beras ketan putih. Proses pengujian pH dilakukan dengan sampel larutan buffer meliputi buffer basa (9.18), buffer netral (6.86), buffer asam (4.01), dan asam cuka (2). Sebelum dilakukan validasi, sensor pH SKU SEN0169 dikalibrasi terlebih dahulu untuk mendapatkan tegangan dan rumus persamaan.

Gambar 10 menunjukkan grafik hubungan antara *output* tegangan sensor pH SKU SEN0169 dengan pembacaan pada validator pH. Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa tegangan yang dihasilkan oleh sensor pH memiliki hubungan linier langsung dengan pembacaan validator pH. Semakin asam larutan atau semakin kecil nilai pH yang terdeteksi oleh validator, maka semakin tinggi nilai tegangan yang dihasilkan oleh sensor. Analisis regresi linear menggunakan Origin Lab menunjukkan hubungan antara validator pH (x) dengan *output* Tegangan Sensor (y) yang dapat direpresentasikan melalui persamaan $y =$

$-165,85221x + 2551,54857$. Kemudian, validasi sensor pH SKU SEN0169 dilakukan dengan membandingkan pembacaan nilai pH sensor SKU SEN0169 dengan pembacaan validator berupa pH meter. Selisih antara hasil pembacaan sensor SKU SEN0169 dengan alat ukur standar atau validator disebut juga dengan nilai *error*. Data validasi sensor SKU SEN0169 sebagaimana pada Tabel 4 berikut.



Gambar 10 Grafik Perbandingan antara Tegangan SKU SEN0169 dengan pH Meter.



Gambar 11 Grafik Perbandingan antara SKU SEN0169 dengan pH meter.

Pada Gambar 11 merupakan grafik hubungan antara sensor pH SKU SEN0169 dengan validator pH Meter yang dilakukan menggunakan variasi larutan *buffer*. Hasil pengukuran sensor kemudian akan dirata-rata untuk setiap variasi *buffer* asam, netral dan basa, yang dapat memperoleh gambaran umum terhadap performa pH SKU SEN0169 dalam mendeteksi pH pada larutan.

Tabel 3 merupakan data hasil validasi pengukuran pH menggunakan sensor SKU SEN0169 yang dibandingkan dengan validator dalam satuan pH. Dari hasil pengujian di atas, dapat ditemukan karakteristik statik pengukuran sensor SKU SEN0169 sebagaimana pada Tabel 4 berikut.

Sensor pH SKU SEN0169 memiliki karakteristik statik dengan rentang pengukuran 2,01 pH hingga 9,09 pH, yang mengindikasikan bahwa sensor memiliki kemampuan sensor untuk mendeteksi pH dari asam hingga basa.

Tabel 3 Hasil Validasi Sensor pH SKU SEN0169

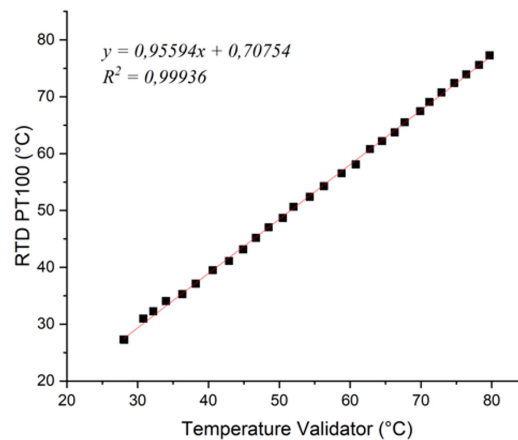
Percobaan	Sensor SKU SEN0169 (pH)	Validator (pH)	Error (%)	Akurasi (%)
2	2,01	1,99	0,89	99,11
4.01	3,85	4,01	4,04	95,96
6.86	6,77	6,86	1,37	98,63
9.18	9,09	9,18	0,94	99,06

Tabel 4 Karakteristik Sensor pH SKU SEN0169

Karakteristik Statik	Hasil Perhitungan
Range	2,01 pH – 9,09 pH
Span	7,24 pH
Error	0,09 pH
Error	1,81%
Akurasi	98,19%

4.3 | Validasi Sensor RTD PT100

Pengujian sensor RTD PT100 dilakukan untuk memvalidasi pembacaan sensor dengan membandingkan dengan alat ukur standar atau validator berupa Constant 20T *Digital Thermometer*. Pengujian sensor RTD PT100 dimulai dengan kondisi ruangan, kemudian dimasukkan ke dalam bejana. Dalamnya berisi air yang akan dipanaskan menggunakan *heater* untuk meningkatkan nilai temperatur, dan pemberian *ice cube* untuk menurunkan nilai temperatur.

**Gambar 12** Grafik Perbandingan antara RTD PT100 dengan Constant 20T *Digital Thermometer*.

Pada Gambar 12 menunjukkan perbandingan antara sensor RTD PT100 dengan validator Constant 20T *Digital Thermometer*. Pembacaan bermula dari kondisi ruang dan kemudian dipicu naik dengan memanaskan air yang ada dalam bejana menggunakan *heater*.

Tabel 5 Hasil Validasi Sensor RTD PT100

Waktu (s)	Sensor RTD PT100 (°C)	Validator (°C)	Error (%)	Akurasi (%)
5	27,26	28,10	2,99	97,01
15	27,32	28,00	2,43	97,57
30	30,98	30,80	0,58	99,42
45	32,27	32,20	0,22	99,78
60	34,07	34,00	0,21	99,79
75	35,29	36,30	2,78	97,22
90	37,12	38,20	2,83	97,17
105	39,50	40,60	2,71	97,29
120	41,13	42,90	4,13	95,87
135	43,17	44,90	3,85	96,15
150	45,18	46,70	3,25	96,75
165	45,18	46,70	3,25	96,75
180	47,05	48,50	2,99	97,01
195	48,68	50,50	3,60	96,40
210	50,66	52,00	2,58	97,42
225	52,40	54,30	3,50	96,50
240	54,28	56,30	3,59	96,41
255	56,53	58,80	3,86	96,14
270	58,10	60,80	4,44	95,56
285	60,80	62,80	3,18	96,82
300	62,20	64,50	3,57	96,43
315	63,74	66,30	3,86	96,14
330	65,52	67,70	3,22	96,78
345	67,47	69,90	3,48	96,52
360	69,08	71,20	2,98	97,02
375	70,76	72,90	2,94	97,06
390	72,41	74,70	3,07	96,93
405	73,95	76,40	3,21	96,79
420	75,60	78,20	3,32	96,68
435	77,28	79,70	3,04	96,96

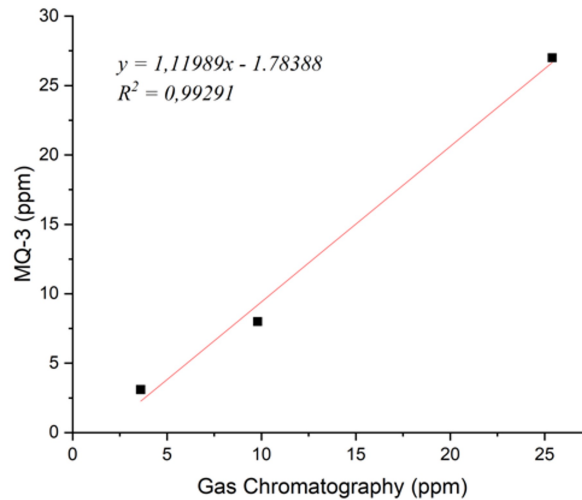
Tabel 5 merupakan data hasil validasi pengukuran temperatur menggunakan sensor RTD PT100 yang dibandingkan dengan validator dalam satuan °C. Data yang diambil secara kontinyu menunjukkan bahwa sensor memiliki kinerja yang baik dalam mengikuti perubahan temperatur. Dari hasil pengujian di atas, dapat ditemukan karakteristik statik pengukuran sensor RTD PT100 sebagaimana pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6 Karakteristik Sensor RTD PT100

Karakteristik Statik	Hasil Perhitungan
Range	27,26°C – 77,28°C
Span	50,02°C
Error	1,69°C
Error	2,99%
Akurasi	97,01%

4.4 | Validasi Sensor MQ-3

Pengujian sensor MQ-3 dimulai dengan memasukkan dalam bejana tertutup. Dalamnya berisi larutan zat alkohol yang akan dipanaskan menggunakan *heater* untuk menguapkan larutan tersebut dari *liquid* menjadi gas. Data validasi sensor MQ-3 sebagaimana pada Tabel 4.3 berikut.



Gambar 13 Grafik Perbandingan antara MQ-3 dengan *Gas Chromatography*.

Pada Gambar 13 menunjukkan perbandingan antara sensor MQ-3 dengan validator *Gas Chromatography*.

Tabel 7 Hasil Validasi Sensor Alkohol MQ-3

Alkohol (mg/L)	Sensor MQ-3 (ppm)	Validator (ppm)	Error (%)	Akurasi (%)
0.001%	3.6	3.1	16.1	83.9
0.003%	9.8	8.0	22.5	77.5
0.01%	25.4	27.0	5.9	94.1

Tabel 7 merupakan data hasil validasi pengukuran alkohol menggunakan sensor MQ-3 yang dibandingkan dengan validator dalam satuan ppm. Dari hasil pengujian di atas, dapat ditemukan karakteristik statik pengukuran sensor MQ-3 sebagaimana pada Tabel berikut.

Tabel 8 Karakteristik Sensor Temperatur MQ-3

Karakteristik Statik	Hasil Perhitungan
Range	3.6ppm – 25.4ppm
Span	21.5ppm
Error	1.3ppm
Error	14.9%
Akurasi	85.1%

4.5 | Dinamika Parameter Fermentasi Selama Proses Produksi di Mitra

Setelah alat *monitoring* diimplementasikan, dilakukan pemantauan selama satu siklus fermentasi penuh selama 5 hari (120 jam) pada proses produksi brem di UMKM Sari Gading. Data yang terekam menunjukkan profil perubahan parameter yang sesuai dengan teori fermentasi.

Suhu: Pada awal fermentasi, suhu tercatat sebesar 28,5°C dan mengalami kenaikan bertahap hingga mencapai 32,1°C pada hari ke-3, kemudian stabil di kisaran 30–31°C hingga hari ke-5. Kenaikan suhu ini disebabkan oleh aktivitas metabolisme mikroba yang bersifat eksotermik, terutama *Saccharomyces cerevisiae* pada fase eksponensial. Rentang ini sesuai dengan kondisi optimal yang disebutkan oleh Riadi (2021)^[1] yaitu 25–30°C, meskipun pada hari ke-3 sempat melewati batas optimal, namun tidak signifikan mempengaruhi produk akhir.

Kelembapan: Kelembapan ruang fermentasi menunjukkan tren meningkat dari 78% RH pada hari pertama menjadi 92% RH pada hari ke-4, kemudian stabil. Peningkatan ini terjadi karena pelepasan uap air sebagai produk samping metabolisme dan proses hidrolisis pati. Nilai ini masih berada dalam rentang yang mendukung pertumbuhan kapang dan khamir.

pH: pH substrat mengalami penurunan dari 5,2 menjadi 4,3 selama 5 hari. Penurunan pH terjadi akibat akumulasi asam organik (terutama asam laktat dan asam asetat) dari fermentasi. Nilai pH akhir 4,3 ini berada di bawah rentang optimal (4,5–5,0) yang disebutkan oleh Widiyanti & Sukarta (2022)^[3], namun masih dalam batas toleransi untuk menghasilkan cita rasa khas brem.

Kadar Alkohol: Kadar alkohol meningkat secara signifikan dari 0,5% pada hari pertama menjadi 4,8% pada hari ke-4, kemudian sedikit turun menjadi 4,5% pada hari ke-5. Penurunan pada akhir fermentasi sesuai dengan temuan Ariati dkk. (2023)^[7] yang menyatakan bahwa kadar alkohol dapat menurun jika fermentasi berlangsung terlalu lama karena alkohol dapat teroksidasi menjadi asam asetat.

4.6 | Perbandingan dengan Metode Konvensional

Sebelum implementasi alat, mitra melakukan fermentasi secara konvensional tanpa pemantauan terukur yang ditunjukkan oleh gambar 14 dan 15. Parameter hanya diperkirakan berdasarkan pengalaman dan uji organoleptik sederhana (rasa, bau, dan tekstur). Hal ini menyebabkan:

1. Ketidakpastian Waktu Panen: Mitra sering kali tidak dapat menentukan kapan fermentasi mencapai kondisi optimal, sehingga terkadang fermentasi dihentikan terlalu cepat (menghasilkan rasa kurang asam) atau terlalu lambat (menghasilkan rasa terlalu asam dan aroma alkohol menyengat).
2. Risiko Kontaminasi: Untuk memeriksa kondisi fermentasi, mitra harus membuka tutup tangki secara manual, yang berisiko memasukkan mikroba kontaminan dari lingkungan.
3. Inkonsistensi Produk: Dari 10 siklus fermentasi terakhir sebelum penggunaan alat, tercatat 3 kali kegagalan (produk tidak layak jual) dan 4 kali produk dengan kualitas di bawah standar (rasa tidak konsisten).

Dengan alat *monitoring*, mitra dapat:

1. Memantau kondisi fermentasi tanpa membuka tutup tangki, sehingga risiko kontaminasi berkurang signifikan.
2. Menentukan waktu panen yang tepat berdasarkan data objektif, yaitu ketika kadar alkohol mencapai puncaknya (hari ke-4) dan pH mulai stabil.
3. Mencatat data setiap siklus untuk pembelajaran dan perbaikan proses berkelanjutan.

Hasilnya, pada 3 siklus fermentasi pertama setelah penggunaan alat, tidak terjadi kegagalan produk dan kualitas brem lebih konsisten berdasarkan uji organoleptik yang dilakukan oleh mitra dan tim.



Gambar 14 (a) Fermentasi Brem Secara Tradisional, (b) Proses Pembuatan Fermentor.

4.7 | Evaluasi Mitra Setelah Penggunaan Alat

Untuk mengetahui dampak implementasi alat, tim melakukan wawancara terstruktur dengan pemilik UMKM Sari Gading, Pak Supriadi selaku pemilik UMKM Brem Sari Gading., dan dua orang pekerja pada tanggal 10 Desember 2025. Hasil wawancara dirangkum sebagai berikut:

1. Kemudahan Penggunaan: Mitra menyatakan bahwa alat mudah digunakan dan tampilan data pada aplikasi *Android* sangat membantu. "Kami bisa lihat suhu dan alkohol dari HP tanpa harus buka tutup tong," ujar Pak Supriadi. Namun, mitra mengaku memerlukan waktu 2–3 hari untuk terbiasa dengan antarmuka aplikasi.
2. Manfaat Utama: Manfaat yang paling dirasakan adalah mengetahui waktu yang tepat untuk menghentikan fermentasi. "Dulu kami hanya kira-kira, sekarang tahu persis kapan alkohol paling tinggi," tambahnya.
3. Kendala: Kendala utama yang dihadapi adalah sinyal internet yang kadang tidak stabil di lokasi mitra, sehingga data pada aplikasi *Android* terkadang terlambat terupdate. Namun, data tetap tersimpan di layar HMI pada alat, sehingga pemantauan tetap dapat dilakukan secara langsung.
4. Harapan Pengembangan: Mitra berharap ke depannya alat dapat dilengkapi dengan sistem notifikasi otomatis (misalnya alarm atau pesan WhatsApp) ketika parameter berada di luar batas normal, serta fitur pencatatan data historis untuk setiap *batch* produksi.

Secara keseluruhan, mitra memberikan respons positif dan menyatakan bahwa alat ini sangat membantu meningkatkan kualitas dan konsistensi produksi brem mereka.

4.8 | Diskusi Kinerja Sensor dan Sistem

Sensor MQ-3 (Alkohol): Sensor MQ-3 memiliki akurasi terendah di antara keempat sensor, yaitu 85,1% dengan *error* rata-rata 14,9%. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor:

1. Sensitivitas terhadap kelembapan: Sensor MQ-3 adalah sensor gas yang responsnya dapat dipengaruhi oleh uap air. Pada kondisi fermentasi dengan kelembapan tinggi (di atas 90% RH), uap air dapat berinteraksi dengan lapisan *sensing material* (SnO_2) sehingga mengganggu pembacaan konsentrasi etanol.
2. Keterbatasan rentang pengukuran: Sensor MQ-3 dirancang untuk mendeteksi alkohol pada rentang 0,04–4 mg/L (sekitar 20–2000 ppm). Pada konsentrasi rendah (<10 ppm), *signal-to-noise ratio* menurun sehingga *error* lebih besar.
3. Interferensi gas lain: Selama fermentasi, selain etanol juga dihasilkan CO_2 dan senyawa volatil lain yang dapat mempengaruhi pembacaan sensor.

Untuk mengatasi hal ini, kalibrasi berkala dan penggunaan filter data (rata-rata bergerak) telah diterapkan. Namun, untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan sensor alkohol yang lebih spesifik, misalnya sensor berbasis elektrokimia atau menggunakan *Gas Chromatography* portabel untuk validasi yang lebih akurat.

Sensor pH (SKU SEN0169): Sensor ini memiliki akurasi tertinggi (98,19%) karena pembacaan dilakukan langsung pada substrat cair dan telah dikalibrasi dengan larutan buffer. Namun, sensor pH elektrokimia rentan terhadap pengotoran (*fouling*) oleh padatan tersuspensi dari beras ketan. Oleh karena itu, tim merancang sistem dengan membran pelindung dan jadwal pembersihan rutin setiap 3 bulan sekali.

Sensor SHT20 (Kelembapan) dan PT100 (Suhu): Kedua sensor memiliki akurasi yang baik (>97%) karena merupakan sensor *solid-state* yang stabil dan tidak bersentuhan langsung dengan substrat fermentasi, sehingga terhindar dari kontaminasi fisik.

4.9 | Kestabilan Sistem dan Konektivitas

Sistem *monitoring* mengandalkan koneksi internet untuk mengirim data dari ESP32 ke Firebase Realtime Database, yang kemudian diakses oleh aplikasi *Android*. Selama pengujian di lokasi mitra, ditemukan beberapa kondisi:

1. Koneksi WiFi: Lokasi mitra memiliki akses WiFi dengan kecepatan rata-rata 5–10 Mbps, namun sering terjadi *intermittent connection* (putus sambung) terutama pada sore hingga malam hari.
2. Mekanisme *Offline Buffer*: Untuk mengatasi masalah ini, ESP32 diprogram dengan mekanisme *retry* dan buffer lokal. Jika koneksi terputus, data disimpan sementara di memori ESP32 dan dikirim ulang saat koneksi pulih. Dari 120 jam pemantauan, tercatat 8 kali kegagalan kirim data yang berhasil dipulihkan dalam waktu <2 menit.
3. Aplikasi *Android*: Aplikasi dirancang dengan fitur *auto-refresh* setiap 10 detik. Namun, saat koneksi lambat, *refresh* data dapat tertunda hingga 30 detik. Meskipun demikian, data historis tetap dapat diakses setelah koneksi stabil.

Secara keseluruhan, sistem dinilai cukup stabil untuk digunakan di lokasi dengan kualitas sinyal yang terbatas, namun untuk operasi yang lebih andal disarankan untuk menyediakan koneksi internet cadangan (misalnya modem 4G) atau meningkatkan infrastruktur WiFi di lokasi mitra.

4.10 | Analisis Efisiensi Produksi

Implementasi alat *monitoring* memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi produksi, antara lain:

1. Pengurangan Risiko Kontaminasi: Dengan sistem *monitoring*, mitra tidak perlu membuka tutup tangki secara manual untuk memeriksa kondisi fermentasi. Hal ini mengurangi risiko masuknya mikroba kontaminan dari udara atau tangan pekerja. Pada metode konvensional, pembukaan tutup dilakukan 2–3 kali sehari, sedangkan dengan alat ini, pembukaan hanya dilakukan pada awal dan akhir fermentasi.
2. Penghematan Waktu dan Tenaga: Mitra tidak perlu lagi melakukan pengecekan fisik berulang kali, sehingga waktu pekerja dapat dialokasikan untuk kegiatan produksi lain.
3. Peningkatan Konsistensi Produk: Dengan data objektif, mitra dapat memproduksi *brem* dengan kualitas yang lebih seragam, sehingga meningkatkan kepercayaan pelanggan dan potensi pemasaran ke wilayah yang lebih luas.
4. Efisiensi Bahan Baku: Dengan berkurangnya kegagalan fermentasi, bahan baku (beras ketan, ragi, gula) yang terbuang dapat ditekan. Berdasarkan data mitra, sebelum penggunaan alat, rata-rata 1 dari 10 *batch* mengalami kegagalan (sekitar 10 kg beras ketan terbuang per *batch*). Setelah menggunakan alat, tidak ada lagi *batch* yang gagal dalam 3 siklus terakhir.

Berdasarkan perhitungan sederhana, efisiensi produksi meningkat sekitar 10% dalam hal pemanfaatan bahan baku dan waktu kerja, sebagaimana disebutkan pada bagian abstrak.

4.11 | Hasil Pengabdian Masyarakat

Kegiatan pengabdian masyarakat di UMKM Brem Sari Gading ini telah dilaksanakan pada tanggal 5 Desember 2025 seperti yang ditunjukkan pada gambar 16 dan 17. Kami menyerahkan alat fermentor lengkap dengan *manual book*, melakukan demonstrasi penggunaan dan perawatan, serta memberikan pelatihan singkat kepada mitra. Tim juga menjadwalkan kalibrasi sensor secara berkala setiap 3 bulan sekali untuk menjaga akurasi alat. Mitra menyatakan kesiapan untuk menggunakan alat secara mandiri dan akan memberikan umpan balik kepada tim ITS untuk pengembangan lebih lanjut.



Gambar 15 Dokumentasi KKN Bersama Mitra Pengrajin Brem di Desa Kaliabu, Caruban-Madiun.



Gambar 16 Sosialisasi dan Simulasi Penggunaan Alat.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Program pengembangan alat *monitoring* fermentasi berbasis *Android* terbukti menjadi solusi yang efektif untuk mengatasi permasalahan utama UMKM Brem Sari Gading, yaitu inkonsistensi kualitas produk akibat proses fermentasi yang masih konvensional dan kurang terkontrol. Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, sistem yang dikembangkan mampu memantau parameter kritis kelembapan, pH, temperatur, dan kadar alkohol secara *real-time* dengan akurasi sensor masing-masing adalah sensor kelembapan sebesar 97,12%, sensor pH sebesar 98,19%, sensor suhu sebesar 97,01% dan sensor alkohol sebesar 85,1%. Implementasi alat ini tidak hanya meningkatkan ketepatan pengukuran proses fermentasi, tetapi juga membantu kemampuan mitra dalam menjaga konsistensi mutu, efisiensi produksi, dan daya saing produk brem. Mitra juga telah dapat menggunakan alat fermentor ini secara mandiri dan memantau aktiitas fermentasi melalui aplikasi *Android* yang terinstal di *smartphone* milik

mitra Dengan demikian, program ini memiliki peran penting dalam mendorong modernisasi proses fermentasi serta mendukung peningkatan kualitas produk secara berkelanjutan. Pengembangan selanjutnya disarankan mencakup penambahan fitur kontrol otomatis agar proses fermentasi tidak hanya dipantau tetapi juga dapat diatur berdasarkan kondisi parameter yang terdeteksi. Selain itu, peningkatan akurasi sensor melalui kalibrasi berkala serta penambahan fitur penyimpanan data dan notifikasi tetap diperlukan untuk memperkuat pengendalian proses. Tim ITS juga memberikan jadwal dan waktu untuk proses kalibrasi sensor yakni setiap 3 bulan sekali untuk menjaga akurasi dari sensor dalam fermentor brem yang dihibahkan.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian masyarakat ini didukung oleh Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Masyarakat (DPRM), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dengan Pendanaan Pengabdian Masyarakat Berbasis Adopsi Produk Tepat Guna tahun 2025 dengan nomor kontrak 1962/PKS/ITS/2025.

Referensi

1. Riadi I. Monitoring and Control Food Temperature and Humidity using Internet of Things Based-on Microcontroller. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications (IJACSA)* 2021;12(6):566–572. <https://www.researchgate.net/publication/352256346>.
2. UNDP. Sustainable Development Goals Report 2023. United Nations Development Programme; 2023.
3. Widiyanti NLM, Sukarta IN. Various Comparisons of White Sticky Rice with Red Rice Toward the Volume of Brem Drink and Organoleptic Test Tape Foods. *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)* 2022;11(2):274–282.
4. Peng Q, Li L, Xie G. Impact of Glutinous Rice Varieties from Different Regions on Microbial Community Structure, Metabolic Profiles, and Flavor Characteristics of Chinese Rice Wine (Huangjiu). *Foods* 2025;14(7):126.
5. Wahyuningsih EA, Irmanda L, Aji YWK, Hidayat FR, Anindita NS. Pengaruh lama fermentasi, penambahan ragi dan konsentrasi gula pada tape ketan. *Jurnal Teknologi Pangan* 2023;.
6. Maryana HN, Suaniti NM, Gede K, Putra KGD. Kadar Etanol dan Asam Asetat pada Fermentasi Ketan Putih (*Oryza Sativa* l. Var Forma Glutinosa) dengan *Saccharomyces Cerevisiae* dan Ragi Pasaran. *Jurnal Kimia Terapan* 2021;.
7. Ariati NK, Suaniti NM, Yanti NMDD. Kadar Alkohol dalam Brem Beras Ketan Putih dan Hitam pada Berbagai Dosis Ragi dan Lama Fermentasi. *J Chem* 2023;17(2):1–8.
8. Koswara S, et al. *Produksi Pangan Untuk Industri Rumah Tangga: Brem Padat*. Jakarta: Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (BPOM RI); 2017. <https://www.pom.go.id>.
9. Cheng W, et al. Insights into the influence of physicochemical parameters on the microbial community and volatile compounds during the ultra-long fermentation of compound-flavor Baijiu. *Frontiers in Microbiology* 2023;14:1272559.
10. Bento AC, dos Santos N, Gomes Júnior JC. An Experiment with 3 Layers Development for IoT with NodeMCU12e + Nextion. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)* 2018;5(11):183–189.

Cara mengutip artikel ini: Pratama, I. P. E. W., Mujiyanti, S. F., Radhy, A., Dwitasari, I., Warni, R. P., Putri, Z. A., Husain, M. Z. A. F., Ceti, P. M., Firdaus, S. Q., Zakaria, A. M. N., Ashshiddiq, N. F., Putra, R. A. M., Al-Ghozali, M. B., Sabila, S. N., (2026), Pembuatan Alat *Monitoring* Kelembapan, pH, Temperatur, dan Kadar Alkohol pada Proses Fermentasi Beras Ketan Putih Berbasis *Android* untuk Meningkatkan Kualitas Brem Sari Gading di Desa Kaliabu, Caruban-Madiun, *Sewagati*, 10(4):936–954, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v10i4.9372>.