

NASKAH ORISINAL

Pembuatan Mesin Oven Pengoptimal Proses Fermentasi Tempe sebagai Upaya Mendukung Program Kabupaten Lumajang Mempromosikan Kawasan Bagusari sebagai Kampung Tempe dan Memenuhi Permintaan Peningkatan Produksi Tempe

Putri Yeni Aisyah* | Dwi Nur Fitriyanah | Sefi Novendra Patrialova | I Putu Eka Widya Pratama | Safira Firdaus Mujiyanti

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

Korespondensi

*Putri Yeni Aisyah, Departemen Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: putri.yeni@its.ac.id

Alamat

Laboratorium Instrumentasi Pengukuran, Departemen Teknik Instrumentasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Abstrak

Produksi tempe di Bagusari, Kelurahan Jogotrunan, Kabupaten Lumajang sudah ada sejak sekitar 75 tahun yang lalu. Hampir 90% masyarakat Bagusari memproduksi dan menjual tempe sebagai pekerjaan utama. Kendala yang biasanya dihadapi oleh produsen tempe yaitu faktor cuaca. Proses pematangan tempe yang dipengaruhi cuaca dan suhu lingkungan berkaitan dengan proses fermentasi tempe. Produsen masih menggunakan cara konvensional pada proses fermentasi tempe, maka solusi untuk mengatasinya, yaitu dengan menggantikan cara konvensional (manual) tersebut menjadi otomatis agar suhu dan kelembapan pada proses fermentasi tetap terjaga. Berangkat dari keluhan UMKM produsen tempe di Bagusari maka pada abdimas dibuat mesin oven untuk pengendali suhu dan kelembapan pada proses fermentasi tempe dan dilengkapi modul *Internet of Things* sebagai upaya optimalisasi waktu produksi tempe. Dengan mesin oven diperoleh hasil bahwa fermentasi kedelai dengan massa 250 gram menggunakan alat lebih cepat 11,4 jam dibandingkan fermentasi konvensional, kedelai dengan massa 500 gram lebih cepat 7,7 jam, dan untuk kedelai dengan massa 750 gram lebih cepat 2,1 jam. Hasil fermentasi yang lebih cepat berdampak baik pada tingkat produksi tempe yang meningkat. Selain itu, produsen tempe dapat mengetahui berlangsungnya proses fermentasi secara *real-time* dan otomatis melalui *smartphone*.

Kata Kunci:

Fermentasi Tempe, Mesin Oven, Optimalisasi Waktu

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Produksi tempe di Bagusari, Kelurahan Jogotrunan, Kabupaten Lumajang sudah ada sejak sekitar 75 tahun yang lalu. Hampir 90% masyarakat Bagusari memproduksi dan menjual tempe sebagai pekerjaan utama, oleh karena itu di Kabupaten Lumajang, Kawasan Bagusari dikenal sebagai Kampung Tempe. Menurut produsen tempe Bagusari, terdapat kendala yang biasanya dihadapi oleh produsen tempe yaitu faktor cuaca. Jika cuaca sedang panas maka penggunaan ragi dikurangi agar pematangan tempe maksimal. Jika cuaca sedang hujan/ dingin maka penggunaan ragi ditambah agar pematangan tempe maksimal. Biasanya proses pembuatan tempe mulai dari kedelai hingga tempe siap konsumsi membutuhkan waktu sekitar 4 hari. Waktu produksi tempe yang cukup lama membuat produsen kewalahan dan tidak mampu mengimbangi peningkatan kebutuhan masyarakat akan konsumsi tempe. Proses pematangan tempe yang dipengaruhi cuaca dan suhu lingkungan berkaitan dengan proses fermentasi tempe. Proses fermentasi merupakan salah satu tahapan penting dalam proses pembuatan tempe karena akan menentukan kualitas produksi tempe itu sendiri. Faktor utama yang mempengaruhi proses fermentasi tempe adalah suhu dan kelembapan sehingga perlu dijaga agar pertumbuhan jamur atau kapang berlangsung optimal^[1].



Gambar 1 Persiapan proses fermentasi tempe secara konvensional.

Pada proses pembuatan tempe konvensional, proses fermentasi dilakukan dengan cara menggelar kedelai yang telah dibungkus di tempat terbuka sehingga suhu dan kelembapan yang berpengaruh pada pertumbuhan kapang tidak terukur. Pada kondisi cuaca yang tidak menentu, perubahan suhu dan kelembapan di dalam ruang fermentasi menjadi fluktuatif dalam rentang yang lebar dan sulit diprediksi^[2]. Permasalahan kondisi suhu dan kelembapan akibat dari cuaca yang tidak menentu ini akan berakibat buruk pada proses produksi tempe. Hal ini dapat mempengaruhi kualitas tempe yang dihasilkan nantinya serta, bagi produsen tempe, produksi tempe akan terancam gagal. Berdasarkan kondisi tersebut, dimana produsen tempe Bagusari masih menggunakan cara konvensional pada proses fermentasi tempe, maka solusi untuk mengatasinya, yaitu dengan menggantikan cara konvensional (manual) tersebut menjadi otomatis sehingga proses fermentasi tempe menjadi lebih mudah dan praktis dengan hasil fermentasi yang lebih baik. Agar suhu dan kelembapan pada proses fermentasi tetap terjaga (stabil), dimana suhu dan kelembapan yang optimum untuk proses fermentasi tempe adalah antara 30–35°C dan 60–70%RH. maka perlu dikembangkannya suatu alat kendali suhu dan kelembapan untuk proses fermentasi tempe. Alat tersebut berfungsi untuk mengendalikan suhu dan kelembapan pada ruang fermentasi tempe secara otomatis. Pengendalian suhu dan kelembapan akan mengoptimalkan proses fermentasi tempe sehingga proses produksi lebih maksimal. Berangkat dari keluhan UMKM produsen tempe di Bagusari maka pada abdimas ini telah dibuat mesin oven untuk pengendali suhu dan kelembapan pada proses fermentasi tempe dan dilengkapi modul *Internet of Things* sebagai upaya optimalisasi waktu produksi tempe.

Mesin oven ini memiliki tiga komponen utama, yaitu: alat ukur, kontroler, dan aktuator. Alat ukur berupa modul sensor DHT22 yang berfungsi sebagai alat ukur suhu dan kelembapan pada ruang fermentasi serta sensor *load cell* yang berfungsi sebagai alat ukur massa tempe. Hasil pembacaan dari sensor akan dikirim menuju kontroler, berupa modul mikrokontroler ESP32 dengan metode PID (*Proportional Integral Derivative*), untuk diolah dan dibandingkan dengan *set point* yang telah ditentukan. Nilai error yang dihasilkan kontroler akan digunakan untuk menggerakkan aktuator berupa lampu pijar. Data proses fermentasi dapat dimonitor dan dikendalikan menggunakan aplikasi *Blynk* pada *smartphone* melalui koneksi internet.

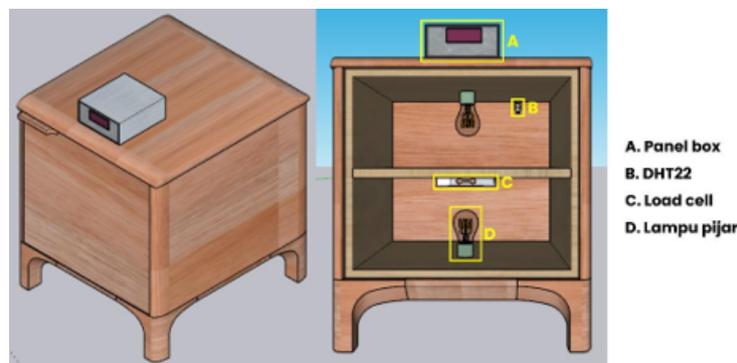
1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Pada pengabdian masyarakat ini akan dilakukan pembuatan mesin oven untuk optimalisasi proses fermentasi tempe baik dari segi waktu dan kualitas tempe yang dihasilkan, karena mesin oven yang dirancang diharapkan dapat menjadi solusi pengaruh cuaca/ suhu yang mempengaruhi proses pematangan/fermentasi tempe. Usaha optimalisasi waktu dengan mesin oven fermentasi tempe diharapkan dapat membantu upaya peningkatan produksi tempe agar mampu memenuhi kebutuhan masyarakat. Adapun solusi terhadap permasalahan yang ada, dirumuskan seperti yang tertulis pada Tabel 1 berikut

Tabel 1 Data Sekolah Dasar di Kota Surabaya

Permasalahan	Solusi
Proses fermentasi tempe dipengaruhi kondisi cuaca/ suhu	Penggunaan mesin yang menyediakan kondisi standar agar fermentasi tempe lebih cepat dengan hasil yang lebih baik dari segi kualitas
Proses fermentasi tempe masih dilakukan konvensional dengan menggelar kedelai yang telah ditaburi ragi	Pembuatan mesin oven pengoptimal proses fermentasi tempe
Tidak adanya produk akhir yang menguntungkan secara profit atas proses fermentasi tempe	Pelatihan manajemen penggunaan mesin oven fermentasi agar dapat dimanfaatkan sebagai upaya peningkatan produksi tempe

Daftar permasalahan dan solusi yang ada di Tabel 1 tersebut berdasarkan kebutuhan yang ada di UMKM produsen tempe Kawasan Bagusari. Berdasarkan permasalahan yang ada, kemudian dilanjutkan dengan perancangan mesin oven berupa *draft design, engineering design, manufacturing design*, dan terakhir adalah proses pembuatan mesin.



Gambar 2 Desain Mekanik Mesin Oven tampak Luar dan tampak Dalam.

Desain mekanik alat berupa *box* berbentuk balok dengan dimensi panjang 50 cm, lebar 50 cm, dan tinggi 60 cm. Material *box* yang digunakan adalah kayu triplek yang dilapisi dengan cat tahan lembap, panas, dan rayap. Di bagian luar *box* bagian atas, terdapat panel *box* sebagai tempat *power supply*, mikrokontroler, dan komponen lain yang diperlukan. Di bagian dalam, terdapat dua buah lampu pijar yang diletakkan di atas dan bawah tempat kedelai diletakkan agar panas yang dihasilkan dapat merata ke seluruh ruang fermentasi. Terdapat pula sensor DHT22 yang diletakkan di dalam ruang fermentasi sebagai alat ukur suhu dan kelembapan serta sensor *load cell* yang dipasang di bawah tempat kedelai untuk mengukur massa kedelai yang difermentasi.

Perancangan *hardware* selanjutnya adalah pembuatan desain *wiring* pada alat. Setelah menentukan komponen yang akan digunakan, komponen akan dirangkai menggunakan perantara kabel. Perancangan *wiring* diperlukan untuk memudahkan pemasangan kabel saat pembuatan alat serta untuk memastikan *wiring* yang dirancang telah benar dengan cara disimulasikan pada *software*. Perancangan *software* selanjutnya adalah desain GUI pada aplikasi *Blynk*. Pada *interface* aplikasi, pengguna

dapat melihat data, antara lain: massa kedelai yang difermentasi, suhu dan kelembapan ruang fermentasi, kondisi aktuator, dan lama waktu fermentasi. Pengguna dapat menyalakan atau mematikan aktuator melalui aplikasi untuk mengatur proses fermentasi pada alat.

1.3 | Luaran yang Dihasilkan

Target luaran dari kegiatan abdimas ini adalah sebagai berikut:

1. Produk Teknologi Tepat Guna

Aktivitas abdimas ini menghasilkan produk tepat guna berupa mesin oven pengoptima fermentasi tempe. Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan, mesin oven dapat mempercepat proses fermentasi selama 3 – 11 jam lebih cepat jika dibandingkan dengan metode konvensional.

2. Berita Populer Media Massa

Aktivitas abdimas sudah dipasang di beberapa media daring sehingga dapat menunjukkan kontribusi dan kiprah ITS di kancah nasional.

3. Kawasan Binaan Kampung Tempe Bagusari Lumajang

Aktivitas abdimas ini mewujudkan kawasan desa binaan yang berteknologi sehingga dapat menjadi rujukan “Kampung Teknologi” di Jawa Timur.

4. Seminar internasional bereputasi

Teknologi dari hasil kegiatan sudah dipublikasikan pada seminar internasional VIPRO yang diadakan oleh Fakultas Vokasi ITS.

5. Video Dokumentasi dengan Hak Cipta Terdaftar

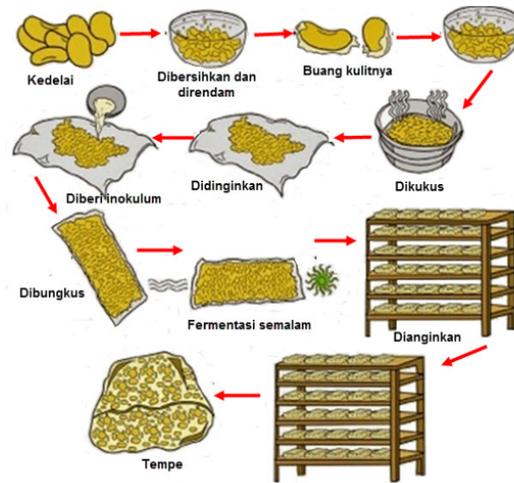
Aktivitas abdimas sudah didokumentasikan melalui video profil yang terkonsep dan sudah memiliki hak cipta.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

2.1 | Proses Fermentasi Kedelai

Proses fermentasi merupakan salah satu tahapan penting dalam proses pembuatan tempe. Pada proses pembuatan tempe, fermentasi terjadi sebanyak dua kali. Fermentasi pertama terjadi pada saat perendaman kedelai di dalam air dan fermentasi kedua terjadi setelah pemberian ragi dan pengemasan. Jamur *Rhizopus sp.* berperan penting sebagai ragi tempe pada proses fermentasi kedelai. Pada proses fermentasi pertama, terjadi pembentukan asam-asam organik seperti halnya asam laktat dan asam asetat yang disebabkan oleh adanya pertumbuhan bakteri. Hal ini menyebabkan kedelai dalam keadaan asam sehingga memungkinkan terjadinya fermentasi oleh jamur *Rhizopus sp.*^[2] Pada proses fermentasi ini, terbentuk hifa yang akan mengikat satu sama lain sehingga menjadikan tekstur tempe kompak dan lunak serta menjadikan warna tempe menjadi putih. Tempe yang baik dapat dilihat dari tekstur yang lunak dan padat dengan kedelai yang terselimuti oleh lapisan putih berupa kapang *Rhizopus sp.*^[3]

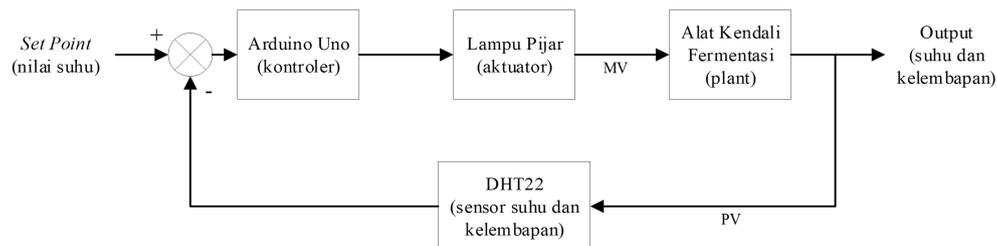
Proses fermentasi kedelai dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain: jenis kapang yang digunakan, suhu dan kelembapan di dalam ruang fermentasi, dan waktu fermentasi. Pemilihan jenis kapang untuk proses fermentasi memiliki kaitan dengan lama waktu fermentasi. Ada tiga spesies kapang yang berperan penting dalam fermentasi tempe, yaitu: *R. oligosporus*, *R. oryzae*, dan *R. stolonifer*. Ketiga spesies tersebut mempunyai potensi untuk memfermentasi kedelai menjadi tempe, walaupun kecepatannya berbeda-beda. *R. oligosporus* memfermentasi lebih cepat dibanding *R. oryzae* dan *R. stolonifer*, sedangkan *R. oryzae* lebih cepat dibanding *R. stolonifer*^[5]. Untuk suhu dan kelembapan, yang optimal untuk membantu proses fermentasi tempe adalah antara 30–35°C dan 60–70% RH^[6].



Gambar 3 Proses fermentasi kedelai secara konvensional^[4].

2.2 | Proses Fermentasi Kedelai

Pada mesin oven fermentasi kedelai, sistem pengendalian dibutuhkan untuk mengendalikan suhu dan kelembapan di dalam ruang fermentasi. Jenis pengendalian yang digunakan adalah pengendalian lup tertutup (*close loop control system*). Sistem kontrol lup tertutup adalah sistem kontrol yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengontrolan^[5]. Diagram blok sistem pengendalian dapat dilihat pada Gambar (4).



Gambar 4 Diagram blok sistem pengendalian.

Pada perancangan sistem kontrol suhu dan kelembapan ini, terdapat sistem pengukuran massa yang digunakan untuk mengukur massa tempe yang akan diuji. Tujuan dari sistem pengukuran adalah untuk menghubungkan pengamat ke proses.

3 | METODE KEGIATAN

Keberhasilan dari proses pembuatan mesin oven ini bergantung pada tahapan dan strategi yang akan diterapkan dalam proses pengabdian. Alur strategi yang akan digunakan dalam pengabdian ini tampak pada Gambar (5) sebagai berikut:

Berdasarkan skema yang tergambar pada Gambar (5) di atas dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Survei Lokasi Pengabdian

Pada tahap ini dilakukan survei lapangan dengan datang secara langsung ke Kampung Tempe Bagusari untuk melihat proses produksi tempe. Setelah itu dilakukan perumusan masalah yang harus dipecahkan.

2. Perancangan Desain Mesin Oven



Gambar 5 Metode pelaksanaan pengabdian.

Pada tahap ini dilakukan perancangan mesin oven yang akan digunakan untuk mendukung proses pematangan/fermentasi tempe. Perancangan mesin oven ini dilakukan secara komprehensif dan teliti dengan menentukan desain yang sesuai untuk mengoptimalkan waktu fermentasi dan kualitas tempe yang dihasilkan.

3. Persiapan Teknis Instalasi Mesin Oven untuk Proses Fermentasi Tempe

Pada tahap ini dilakukan koordinasi untuk persiapan teknis instalasi mesin oven agar alat yang dibuat tepat guna dan sesuai dengan kebutuhan dan tujuan. Dalam tahap ini pihak-pihak yang diajak untuk berdiskusi adalah tim inti abmas, perangkat desa, perwakilan perangkat kecamatan dan kelompok UMKM Produsen Tempe Kawasan Kampung Tempe Bagusari.

4. Implementasi Mesin Oven

Pada tahap ini dilakukan instalasi dengan mengundang kelompok UMKM untuk melakukan pemasangan mesin oven. Hal ini dilakukan agar nantinya masyarakat dapat mengoperasikan dan merawat mesin oven yang sudah dipasang dan dapat mengatasi masalah teknis kecil yang mungkin akan terjadi di kemudian hari.

5. Pelaksanaan Pengabdian

Setelah proses instalasi selesai, dilakukan pengabdian untuk memberikan sosialisasi kepada masyarakat Bagusari tentang cara penggunaan alat dan perawatan alat.

6. Pendampingan

Setelah semua proses transmisi selesai, maka tim pengabdian akan melakukan evaluasi kinerja alat agar didapatkan langkah antisipasi terhadap kemungkinan-kemungkinan kerusakan dan tindakan perawatan yang harus dilakukan agar didapatkan keandalan yang baik dari Mesin Oven. Tahapan ini dilakukan dengan monitoring berkala setiap bulan terkait kinerja mesin oven kepada produsen tempe di Bagusari.

4 | HASIL DAN DISKUSI

Dalam melakukan pembuatan mesin oven fermentasi tempe didapatkan hasil yang dijelaskan sebagai berikut..

4.1 | Hasil Survei

Dalam kegiatan survei yang telah dilakukan pada kegiatan pengabdian masyarakat kali ini berjalan dengan baik dan telah didapatkan kebutuhan data yang diperlukan oleh tim pengabdian masyarakat untuk diolah lebih lanjut. Responden yang dituju adalah

produsen tempe rumahan yang berada di lokasi saat kegiatan survei berlangsung. Adapun foto kegiatan selama survei dapat dilihat di bawah.



Gambar 6 Kawasan Bagusari sebagai Kampung Pengabdian.

4.2 | Hasil Perancangan Mekanik Oven Fermentasi Tempe

Terdapat tiga komponen utama pada sistem kontrol lup tertutup di atas, yaitu: alat ukur, kontroler, dan aktuator. Alat ukur berupa modul sensor DHT22 yang berfungsi sebagai alat ukur suhu dan kelembapan pada ruang fermentasi. Hasil pembacaan dari sensor akan dikirim menuju kontroler, berupa modul *Arduino Uno* dengan metode *on-off*, untuk diolah dan dibandingkan dengan *set point* yang telah ditentukan. Nilai error yang dihasilkan kontroler akan digunakan untuk menggerakkan aktuator berupa lampu pijar. Sumber listrik komponen pada alat berasal dari listrik PLN 220-240 volt AC yang digunakan sebagai input pada *power supply* 5 volt DC. *Power supply* akan menyuplai tegangan dan arus listrik menuju komponen yang membutuhkan sumber tegangan DC, seperti: *Arduino Uno*, *ESP32*, *LCD*, *DHT22*, *load cell*, dan *relay*.



Gambar 7 Hardware Oven Fermentasi Kedelai.

Desain mekanik alat berupa *box* berbentuk kubus dengan dimensi panjang 50 cm, lebar 50 cm, dan tinggi 60 cm. Material *box* yang digunakan adalah kayu triplek yang dilapisi dengan cat tahan lembap, panas, dan rayap. Di bagian luar *box* bagian atas, terdapat panel *box* sebagai tempat *power supply*, mikrokontroler, dan komponen lain yang diperlukan. Di bagian dalam, terdapat dua buah lampu pijar yang diletakkan di atas dan bawah tempat kedelai diletakkan agar panas yang dihasilkan dapat merata ke seluruh ruang fermentasi.

5 | KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini telah memberikan dampak yang positif terhadap masyarakat produsen tempe di Kawasan Bagusari. Dengan adanya teknologi mesin oven fermentasi tempe, proses pembuatan tempe tidak bergantung dengan cuaca sehingga proses fermentasi kedelai untuk menjadi tempe bisa berlangsung lebih efektif dan efisien. Untuk selanjutnya, diharapkan teknologi dan keilmuan ini harus tetap selalu dikembangkan agar dapat teraplikasikan lebih baik lagi untuk peningkatan produksi tempe.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada:

1. DRPM ITS yang telah memberikan dana untuk kegiatan ini melalui kontrak nomor: : 419/IT2/T/HK.00.01/2022
2. UMKM Produsen Tempe di Kawasan Bagusari Lumajang yang telah berpartisipasi dalam kegiatan pengabdian masyarakat
3. Laboratorium Instrumentasi Pengukuran, Departemen Teknik Instrumentasi, Fakultas Vokasi, ITS
4. Mahasiswa KKN ITS yang terlibat dalam kegiatan pengabdian masyarakat ini

Referensi

1. Artono B, Putra RG. Penerapan internet of things (IoT) untuk kontrol lampu menggunakan arduino berbasis web. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Terapan* 2018;5(1):9–16.
2. Gunawan B, Sukardi S. Rancang Bangun Pengontrolan Suhu dan Kelembaban pada Proses Fermentasi Tempe Berbasis Internet of Things. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia* 2020;1(2):168–173.
3. Manyika J, Chui M, Bisson P, Woetzel J, Dobbs R, Bughin J, et al. *Unlocking the Potential of the Internet of Things*. McKinsey Global Institute 2015;1.
4. Setiawan BI, Arif C, Widodo S, et al. Sistem kontrol tinggi muka air untuk budidaya padi. *Jurnal Irigasi* 2015;10(2):97–110.
5. Nuroctavia AF, Murtono A, Priyadi B. Sistem Kendali Suhu Dan Kelembapan Pada Proses Fermentasi Tempe Dengan Metode PID. *Jurnal Elkolind: Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri* 2021;8(3):261–269.
6. Nurrahman N, Astuti M, Suparmo S, Soesatyo MH. Pertumbuhan Jamur, Sifat Organoleptik dan Aktivitas Antioksidan Tempe Kedelai Hitam yang Diproduksi dengan Berbagai Jenis Inokulum. *Agritech: Jurnal Fakultas Teknologi Pertanian UGM* 2012;32(1):89926.

Cara mengutip artikel ini: Aisyah, P.Y., Fitriyanah, D.N., Patrialova, S.N., Pratama, I.P.E.W., Mujiyanti, S.F., (2023), Pembuatan Mesin Oven Pengoptimal Proses Fermentasi Tempe sebagai Upaya Mendukung Program Kabupaten Lumajang Mempromosikan Kawasan Bagusari sebagai Kampung Tempe dan Memenuhi Permintaan Peningkatan Produksi Tempe, *Sewagati*, 7(4):499–506, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v7i4.529>.