

ZYOFIELD: Alat pasteurisasi fermentasi berbasis teknologi *pulsed electric field* sistem *fuzzy logic* dalam pengolahan yoghurt

Kamsiatun Eka Pratama*, Sindi Alfianti, Reza Rienaldy Putra, Gigih Widyawantoro, Daning Nurhalisa Kairupan, Joko Prasetyo

Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya

*e-mail korespondensi: kamsiatuneka16.ep@gmail.com

ABSTRAK

Yoghurt merupakan minuman susu fermentasi yang menyegarkan sekaligus menyehatkan. Minuman ini dibuat dengan proses pasteurisasi untuk menghilangkan bakteri pathogen dalam susu yang dilanjutkan dengan proses fermentasi dengan bantuan bakteri *Streptococcus thermophilus* dan *Lactobacillus bulgaricus*. Proses pasteurisasi-fermentasi secara konvensional membutuhkan waktu yang relatif lama, dimana proses pasteurisasi membutuhkan waktu 15 menit dan fermentasi selama 48 jam. Selain lama, proses pasteurisasi thermal dapat menurunkan rasa, warna dan kandungan nutrisi susu. Tujuan dari penelitian ini adalah menciptakan alat yang dapat mempercepat pembuatan yoghurt tanpa banyak mengurangi kandungan nutrisi pada susu. ZYOFIELD merupakan alat yang menggabungkan *Pulsed Electric Field* (PEF) dengan sistem fermentasi otomatis. PEF menjadi metode baru pasteurisasi susu tanpa penambahan panas, dimana suhu proses berkisar 25° C sehingga tidak mengurangi kandungan penting di dalam susu. Metode ini memanfaatkan kejutan listrik dengan tegangan 20-80 kV untuk menginaktivasi bakteri pathogen dengan waktu yang singkat yaitu 5 menit. ZYOFIELD terintegrasi dengan sistem fermentasi terkontrol dimana suhu fermentasi dijaga pada 40-45° C, dimana pada suhu ini proses fermentasi menjadi optimum dengan lama waktu 6 jam. Suhu pada fermentor dikontrol dengan sistem kontrol cerdas *fuzzy logic* untuk mengatur suhu pada fermentasi.

Kata kunci: ZYOFIELD; yoghurt; pasteurisasi; efisiensi produksi.

ABSTRACT

Yogurt is a fresh and healthful fermented milk drink. This drink is made by a pasteurization process to eliminate pathogen bacteria in milk. The process was followed by a fermentation process with the help of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus* bacteria. The conventional pasteurization and fermentation process take a relatively long time, where the pasteurization process takes 15 minutes and the fermentation process takes 48 hours. In addition to the long process, the thermal pasteurization process can decrease the taste, color, and nutritional content of milk. The purpose of this research is to create a tool that can speed up the manufacture of yogurt without reducing the nutritional content of milk. ZYOFIELD is a tool that combines a Pulsed electric field (PEF) with an automatic fermentation system. PEF becomes a new method of milk pasteurization without the addition of heat, where the process temperature is 25o C so it may not reduce the important content in milk. This method utilizes an electric shock with a voltage of 20-80 kV to inactivate the pathogen bacteria within a short time of 5 minutes. ZYOFIELD is integrated with a controlled fermentation system where the fermentation temperature is maintained at 40-45° C, where at this temperature the fermentation process becomes optimum for 6 hours. The temperature on the fermentor is controlled by a fuzzy logic intelligent control system to regulate the temperature of the fermentation.

Keywords: ZYOFIELD; yoghurt; pasteurization; production efficiency.

PENDAHULUAN

Susu, sebagai salah satu bahan pangan, memiliki peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan gizi masyarakat. Ketersediaan susu tidak hanya memengaruhi kesehatan, kecerdasan, dan pertumbuhan, terutama pada anak-anak, tetapi juga menjadi komoditas ekonomi yang strategis. Di Indonesia, kebutuhan susu mencapai angka yang signifikan, dengan kebutuhan susu sekitar 35 juta liter/tahun (Hendrawati, 2017). Kota Batu Kabupaten Malang, merupakan salah satu produsen susu terbesar di Jawa Timur, namun

minat konsumsi susu di daerah tersebut masih rendah. Sebagian besar susu diekspor ke perusahaan asing, sementara hanya sebagian kecil yang diolah menjadi susu segar atau yoghurt. Salah satu UKM di Batu memanfaatkan susu segar lokal untuk membuat yoghurt beku.

Proses pembuatan yoghurt di UKM tersebut masih menggunakan metode konvensional, dengan proses manual yang tidak terkontrol dengan baik. Hal ini mengakibatkan rendahnya kualitas produk yang dihasilkan (Habiba & Zubaidah, 2019) dan tidak efisien (Lukman dkk, 2018). Oleh karena itu, diperlukan inovasi dalam teknologi pengolahan susu untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi. Inovasi diakui meningkatkan efisiensi produksi (Wilujeng & Nuryana, 2016; Wilujeng & Mustikowati, 2018). Salah satu solusi yang diusulkan adalah pengembangan teknologi bernama ZYOFIELD (*fuzzy logic yoghurt continous fermentor integrated with pulse electric field*). Penggunaan *fuzzy logic* telah digunakan untuk mengontrol fermentasi (Corrieu et al, 2018).

ZYOFIELD merupakan aplikasi sistem pasteurisasi-fermentasi yang dirancang untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas dalam pengolahan yoghurt. Teknologi ini menggabungkan sistem pasteurisasi dan fermentasi untuk menghasilkan produk yang lebih baik secara kualitas dan keamanan pangan (Corrieu et al, 2018; Rauh & Delgado, 2015). Tujuan utama kegiatan ini adalah untuk merancang dan membuat ZYOFIELD guna meningkatkan kualitas, kuantitas, dan nilai jual yoghurt di UKM Krisna Yoghurt. Selain itu, tujuan lainnya adalah menentukan metode pengoperasian dan perawatan ZYOFIELD, serta melakukan sosialisasi, monitoring, dan evaluasi penggunaan ZYOFIELD dalam proses pengolahan yoghurt. Dengan demikian, implementasi ZYOFIELD akan membawa perubahan positif bagi UKM Krisna Yoghurt, meningkatkan daya saing produk mereka di pasar lokal maupun internasional.

Dalam konteks globalisasi dan persaingan pasar yang semakin ketat (Sila dkk, 2018; Faizah & Suib, 2019), inovasi teknologi menjadi kunci utama dalam meningkatkan daya saing dan keberlanjutan industri pangan (Prasetyo, 2016; Hasibuan, 2015). Melalui pengembangan ZYOFIELD, diharapkan bahwa UKM Krisna Yoghurt dapat terus berkembang dan memberikan kontribusi yang signifikan bagi perekonomian lokal, serta meningkatkan kesejahteraan peternak susu di daerah Batu.

Proses pengembangan teknologi sangat diperlukan adanya kolaborasi antara industri, akademisi, dan pemerintah untuk mendukung pengembangan dan implementasi inovasi yang berkelanjutan. Dengan demikian, kesinambungan produksi dan peningkatan kualitas produk yoghurt dapat tercapai secara optimal. Selain itu, upaya untuk meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya konsumsi susu dan produk olahan susu yang sehat juga perlu terus dilakukan. Dengan terimplementasinya ZYOFIELD, dapat terjadi peningkatan dalam pengolahan susu menjadi produk bernilai tambah, sehingga dapat memberikan manfaat yang lebih besar bagi peternak susu lokal dan masyarakat secara keseluruhan.

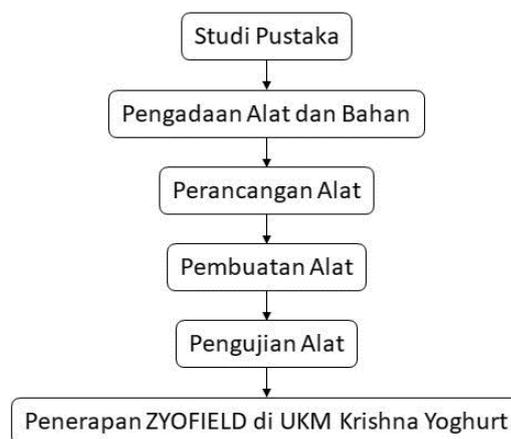
METODE PELAKSANAAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini mencakup beberapa tahapan, mulai dari studi pustaka hingga penerapan teknologi ZYOFIELD di UKM Krishna Yoghurt. UKM sasaran pada kegiatan ini adalah UKM Krishna Yoghurt, Kelurahan Songgokerto, Kecamatan Batu, Kota Batu. Beberapa tahapan meliputi studi kasus, pengadaan alat dan bahan, perancangan, pembuatan alat, pengujian dan penerapan alat ZYOFIELD di UKM Krishna Yoghurt (Gambar 1).

Langkah awal melibatkan studi pustaka untuk mempelajari teori-teori terkait perancangan, pembuatan, dan pengujian alat ZYOFIELD. Sumber informasi yang digunakan mencakup jurnal, ebook, artikel ilmiah dari situs tertentu, serta tulisan surat kabar dalam format hardcopy maupun softcopy yang relevan dengan program ini. Alat dan bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan ZYOFIELD, seperti kabel, gerinda, trafo flyback, motor listrik, plat stainless steel, dan high voltage transformator, akan dikumpulkan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Selain itu, bahan utama seperti susu sapi segar dan plain yoghurt juga akan dipersiapkan.

ZYOFIELD direncanakan dengan dua sistem utama, yaitu sistem pasteurisasi dan fermentasi. Proses perancangan melibatkan pembuatan desain alat, termasuk komponen-komponen utama seperti generator PEF, chamber PEF, dan fermentor berkapasitas 28 liter. Setelah perancangan, alat akan dibuat sesuai dengan desain yang telah disusun. Proses pembuatan alat akan dilakukan secara teliti dan mematuhi standar yang telah ditetapkan untuk memastikan kualitas alat yang optimal.

Alat yang telah selesai dibuat akan diuji untuk memeriksa kemampuannya dalam menghasilkan tegangan yang sesuai, serta menjaga suhu dan agitasi yang dibutuhkan untuk proses fermentasi. Pengujian ini akan dilakukan di Lab. Mekatronika Alat dan Mesin Agroindustri Jurusan Keteknikan Pertanian Universitas Brawijaya. Setelah melalui proses perancangan dan pengujian, ZYOFIELD akan diterapkan di UKM Krishna Yoghurt. Hal ini akan melibatkan proses instalasi, penggunaan, dan evaluasi alat dalam konteks produksi yoghurt di UKM tersebut.



Gambar 1. Tahapan pelaksanaan kegiatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Alat ZYOFIELD

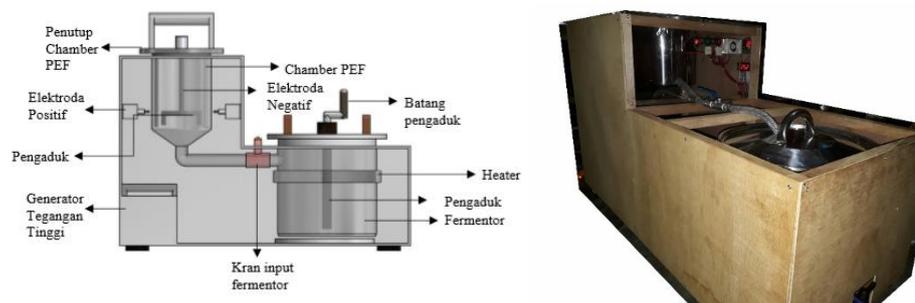
Alat ZYOFIELD menggunakan teknologi non thermal yaitu PEF (Pulse Electric Field) yang mampu menginaktivasi mikroba patogen dalam susu, bahan baku pembuatan yoghurt. Sistem pasteurisasi PEF memperhatikan elemen pengadukan dan waktu proses. Pengadukan berfungsi untuk menghomogenkan susu sehingga semua bagian terpapar oleh kejutan listrik yang dihasilkan oleh PEF. Waktu proses dikendalikan untuk menghasilkan susu yang lebih steril sesuai dengan standar SNI tahun 2000, yang membatasi jumlah cemaran bakteri pada susu pasteurisasi maksimal 3×10^4 (Andriawan & Susilo, 2015).

Volume pasteurisasi PEF pada ZYOFIELD adalah 10 liter, dengan dimensi diameter 25 cm dan tinggi 33 cm. Sistem fermentasi memiliki volume 28 liter, yang sudah memenuhi

kebutuhan produksi yoghurt mitra. UKM Krisna Yoghurt memproduksi yoghurt sekitar ± 30 liter per hari. Dimensi ZYOFIELD adalah 107 x 47 x 60 cm, dengan dua komponen utama, yaitu kontrol suhu dan pengadukan. Desain alat seperti pada Gambar 2.

Suhu fermentor diatur pada 40-45°C, suhu optimum untuk fermentasi yoghurt, dengan pengendalian suhu menggunakan logika fuzzy. Dalam kondisi terkontrol, proses fermentasi berlangsung selama 5-6 jam. Pengadukan pada fermentor dilakukan secara manual oleh operator selama 3 menit pada awal proses fermentasi untuk menghomogenkan starter dengan susu.

Hasil pengujian bakteri dengan metode TPC menunjukkan bahwa metode pasteurisasi PEF mampu menurunkan jumlah bakteri lebih efektif dibandingkan metode pasteurisasi panas yang dilakukan oleh UKM Krisna Yoghurt. Dengan menggunakan ZYOFIELD, proses pasteurisasi susu hanya memerlukan waktu 10 menit dan fermentasi selama 6 jam, yang lebih cepat dibandingkan dengan metode tradisional yang memerlukan waktu pasteurisasi selama 1.5 jam. Dengan demikian, ZYOFIELD menjadi solusi efektif dalam mereduksi mikroba dan mempercepat proses pembuatan yoghurt. Hasil uji disajikan pada Tabel 1.



Gambar 2. Desain ZYOFIELD.

Tabel 1. Hasil uji TPC pada beberapa sampel susu.

No	Nama Sampel	Jumlah Koloni/ml
1	Susu Segar dari Mitra	173×10^6
2	Susu Pasteurisasi Panas (10 menit)	105×10^6
3	Susu Pasteurisasi PEF (1 menit)	28×10^6

Sistem Kerja ZYOFIELD

Sistem pengadukan alat ZYOFIELD memiliki peran yang sangat penting dalam memastikan homogenitas campuran susu dan starter serta memaksimalkan efisiensi proses fermentasi yoghurt. sistem pengadukan alat ZYOFIELD memainkan peran penting dalam memastikan homogenitas campuran susu dan starter, mengoptimalkan reaksi fermentasi, mencegah pembentukan gumpalan, dan mengoptimalkan kontak dengan PEF selama proses pasteurisasi. Hal ini menjadi kunci dalam mencapai hasil yoghurt yang berkualitas dan konsisten dalam penggunaan ZYOFIELD pada produksi yoghurt di UKM Krisna Yoghurt. Model perancangan sistem pengadukan alat ZYOFIELD diuraikan pada Tabel 2. Berikut adalah penjelasan tentang sistem pengadukan alat ZYOFIELD:

1. Memastikan Homogenitas Campuran: Pengadukan pada awal proses fermentasi bertujuan untuk mencampurkan susu segar dengan starter secara merata. Ini sangat penting untuk memastikan bahwa kultur bakteri probiotik yang ada dalam starter terdistribusi secara merata di seluruh campuran susu. Dengan demikian, setiap bagian dari susu akan terpapar oleh bakteri starter, yang akan memastikan bahwa proses fermentasi berjalan secara seragam di seluruh volume.

2. Mengoptimalkan Reaksi Fermentasi: Pengadukan yang efektif juga membantu dalam mengoptimalkan reaksi fermentasi. Dengan memastikan bahwa kultur bakteri probiotik tercampur dengan baik dengan susu segar, sistem pengadukan membantu dalam meningkatkan efisiensi reaksi fermentasi. Hal ini dapat mempercepat proses fermentasi dan menghasilkan yoghurt dengan konsistensi dan kualitas yang diinginkan dalam waktu yang lebih singkat.
3. Mencegah Pembentukan Gumpalan: Pengadukan secara merata juga membantu dalam mencegah pembentukan gumpalan yang tidak diinginkan dalam campuran susu dan starter. Gumpalan yang tidak homogen dapat mengganggu proses fermentasi dan menghasilkan produk akhir yang tidak konsisten. Dengan memastikan pengadukan yang baik, ZYOFIELD dapat mencegah terjadinya gumpalan dan memastikan bahwa kualitas yoghurt yang dihasilkan tetap terjaga.
4. Mengoptimalkan Kontak dengan PEF: Pengadukan juga berperan dalam memaksimalkan kontak susu dengan PEF (Pulse Electric Field) selama proses pasteurisasi. Dengan memastikan pergerakan yang terus-menerus dari partikel susu dalam campuran, sistem pengadukan membantu dalam meningkatkan efisiensi pasteurisasi dengan memastikan bahwa semua bagian dari susu terpapar oleh kejutan listrik yang dihasilkan oleh PEF.

Tabel 2. model perancangan ZYOFIELD.

Perancangan Sistem	Sistem Kerja
1. Komponen utama	<ul style="list-style-type: none"> • Motor: Menggerakkan pengaduk untuk mencampur susu segar dengan starter secara merata. • Pengaduk: Bagian yang berputar dan berfungsi untuk mengaduk campuran susu segar dan starter.
2. Rangkaian Elektrikal	<ul style="list-style-type: none"> • Motor listrik terhubung ke sumber daya listrik. • Tombol pengontrol untuk mengatur kecepatan putaran motor.
3. Desain Mekanis	<ul style="list-style-type: none"> • Pengaduk terpasang pada poros motor. • Konstruksi pengaduk dapat terbuat dari bahan yang tahan terhadap suhu tinggi dan korosi, seperti stainless steel. • Desain pengaduk harus memastikan distribusi aliran yang merata di seluruh campuran susu dan starter.
4. Sistem Pengendalian	<ul style="list-style-type: none"> • Tombol pengontrol untuk mengatur kecepatan putaran motor, sehingga pengguna dapat mengatur intensitas pengadukan sesuai kebutuhan. • Sensor suhu untuk memantau suhu campuran susu dan starter, yang dapat digunakan untuk mengontrol suhu fermentasi.
5. Keamanan	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem pengaman yang mematikan motor secara otomatis jika terjadi kelebihan beban atau gangguan lainnya. • Perlindungan terhadap kontak langsung dengan bagian-bagian berputar untuk mencegah cedera pada operator.
6. Skala Model	<ul style="list-style-type: none"> • Model ini dapat disesuaikan dengan ukuran yang sesuai dengan kebutuhan volume produksi di UKM Krisna Yoghurt. • Pengaduk dapat disesuaikan dengan ukuran fermentor yang digunakan untuk memastikan kinerja pengadukan yang optimal.
7. Desain Ergonomis	<ul style="list-style-type: none"> • Tombol pengontrol dan indikator suhu ditempatkan pada panel depan yang mudah diakses oleh operator. • Konstruksi keseluruhan dirancang untuk memudahkan pemasangan, pemeliharaan, dan perawatan.

Penerapan ZYOFIELD

Mitra UKM Krisna Yoghurt merasakan adanya peningkatan signifikan dalam kualitas produk yoghurt yang dihasilkan setelah menerapkan ZYOFIELD. Dengan proses pasteurisasi PEF yang efektif dalam mereduksi mikroba, serta pengadukan yang optimal, hasil akhirnya memiliki konsistensi dan cita rasa yang lebih baik, tentunya perlu kajian yang mendalam untuk hal tersebut. Penggunaan ZYOFIELD juga meningkatkan efisiensi produksi di UKM Krisna Yoghurt. Dengan proses pasteurisasi yang lebih cepat dan fermentasi yang lebih efisien, waktu produksi dapat dipersingkat, sehingga jumlah yoghurt yang diproduksi per hari bisa meningkat tanpa mengorbankan kualitas.

Dengan menggunakan teknologi PEF dalam proses pasteurisasi, risiko kontaminasi mikroba dapat dikurangi secara signifikan, sehingga meningkatkan keamanan produk. Selain itu, desain ZYOFIELD yang ergonomis dan mudah dibersihkan juga membantu dalam menjaga kebersihan lingkungan produksi. Penting bagi mitra UKM Krisna untuk mendapatkan dukungan teknis dan pelatihan yang memadai dalam penggunaan ZYOFIELD dalam bentuk sosialisasi (Gambar 3). Dukungan ini bisa mencakup pelatihan pengoperasian, pemeliharaan, dan pemecahan masalah, sehingga mitra dapat memanfaatkan alat dengan maksimal. Pengumpulan umpan balik dari mitra UKM Krisna tentang pengalaman mereka dengan ZYOFIELD sangat penting untuk pengembangan dan peningkatan berkelanjutan.



Gambar 3. Sosialisasi ZYOFIELD di UKM Krisna Yoghurt.

KESIMPULAN

Penerapan ZYOFIELD sebagai solusi teknologi inovatif dalam proses produksi yoghurt di UKM Krisna Yoghurt menunjukkan potensi yang besar untuk meningkatkan kualitas, efisiensi, dan keamanan produksi. Dalam pengujian yang dilakukan, ZYOFIELD berhasil menunjukkan efektivitasnya dalam mereduksi jumlah bakteri dalam susu secara signifikan, menjadikannya lebih steril daripada metode pasteurisasi panas konvensional yang digunakan oleh UKM sebelumnya.

Selain itu, sistem pengadukan yang optimal dan pengendalian suhu yang akurat memberikan kontrol yang lebih baik terhadap proses fermentasi, menghasilkan yoghurt dengan konsistensi dan cita rasa yang lebih baik. Dengan demikian, penggunaan ZYOFIELD memberikan dampak positif terhadap kualitas produk yang dihasilkan, meningkatkan kepercayaan konsumen, dan meningkatkan daya saing pasar UKM Krisna Yoghurt.

Selain manfaat langsung dalam produksi, ZYOFIELD juga memberikan potensi untuk meningkatkan efisiensi produksi dengan mempersingkat waktu proses, meningkatkan volume produksi, dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya.

Namun, untuk memastikan keberlanjutan dan keberhasilan implementasi ZYOFIELD, dukungan teknis yang memadai, pelatihan operator, dan mekanisme pengumpulan umpan balik dari mitra menjadi kunci. Dengan demikian, kesimpulan ini menegaskan bahwa ZYOFIELD adalah solusi inovatif yang memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi yoghurt di UKM Krisna Yoghurt, serta memberikan kontribusi positif terhadap perkembangan ekonomi lokal dan peningkatan kesejahteraan masyarakat.

REFERENSI

- Andriawan dan Susilo. 2015. "Susu Listrik" Alat Pasteurisasi Susu Kejut Listrik Tegangan Tinggi (*Pulsed Electric Field*) Menggunakan Transformator Tegangan Tinggi dan Inverter. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. Vol. 3 No. 2.
- Corrieu, G., Perret, B., Picque, D., & Latrille, E. (2018). Computer-based fermentation process control. In *Computerized Control Systems in the Food Industry* (pp. 235-276). CRC Press.
- Faizah, N. H., & Suib, M. S. (2019). UKM Dalam Persaingan Di Era Globalisasi Ekonomi. *Upajiw Dewantara*, 3(2), 127-135.
- Habiba, W. N., & Zubaidah, I. E. (2019). *Pengaruh Variasi Suhu terhadap Lama Fermentasi dan Kualitas Kefir Wortel menggunakan Alat INUVINE di UKM Istiqomah Batu* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Hasibuan, S. (2015). Pemetaan dan strategi pemanfaatan teknologi pada industri olahan rumput laut indonesia yang berkelanjutan. *Jurnal Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*, 7(1), 268883.
- Hendrawati, T. Y. (2017). *Membangun Industri Susu Sterilisasi Skala Ikm*. Samudra Biru.
- Lukman, N. R. N. M., Syarief, R., & Suparno, O. (2018). Strategi pengembangan model bisnis klaster industri produk olahan susu Cipageran. *MANAJEMEN IKM: Jurnal Manajemen Pengembangan Industri Kecil Menengah*, 13(1), 75-86.
- Prasetyo, P. E. (2016). Dampak Kebijakan Peningkatan Techno-Economy Pada Industri Tekstil Sebagai Upaya Peningkatan Produktivitas Dan Daya Saing Bangsa.
- Rauh, C., & Delgado, A. (2015). Different modelling and simulation approaches for food processing operations. In *Modeling Food Processing Operations* (pp. 3-33). Woodhead Publishing.
- Sil, M., Kassiavera, S., & Belly, N. M. (2018). Analisis Total Quality Management terhadap kinerja manajerial pada usaha mikro, kecil dan Menengah dalam Era Globalisasi. The National Conference on Management and Business (NCMAB) 2018.
- Wilujeng, S., & Mustikowati, R. I. (2018). Pendekatan Marketing Mix Dalam Upaya Meningkatkan Penjualan Rumah Olahan Susu Kelurahan Songgokerto Kota Batu. *Jurnal Ilmiah Pangabdhi*, 4(1).
- Wilujeng, S., & Nuryana, I. (2016). Pengembangan Rumah Pemberdayaan Susu Melalui Manajemen Usaha Dan Produksi Di Kelurahan Songgokerto Kota Batu. *Jurnal Abdimas*, 20(2), 133-142.

