

KAJIAN PAPARAN MEDAN ELEKTROMAGNETIK *ELF* (*EXTREMELY LOW FREQUENCY*) TERHADAP *pH* DAN SUHU FERMENTASI BIJI KAKAO

Pandam Irmayanti ^{*1)}, Yushardi ²⁾, Sudarti ³⁾

^{1,2,3)}Prodi Pendidikan Fisika, FKIP, Universitas Jember, Jawa Timur, Indonesia.

** Corresponding author*

e-mail: pandamirmayanti6@gmail.com ¹⁾, yushardi.fkip@unej.ac.id ²⁾, sudarti.fkip@unej.ac.id ³⁾

Article history:

Submitted: Dec. 12th, 2023; Revised: Jan. 02th, 2024; Accepted: Jan. 24th, 2024; Published: July 28th, 2024

ABSTRAK

Penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh paparan medan elektromagnetik ELF (*Extremely Low Frequency*) pada pH dan suhu dalam proses fermentasi untuk meningkatkan kualitas biji kakao. Jenis penelitian ini menggunakan penelitian eksperimen di laboratorium dengan rancangan *randomized post test control group design*. Penelitian ini menggunakan 5 kelompok dengan pembagian 1 kelompok kontrol dan 4 kelompok eksperimen yang dipapar medan elektromagnetik ELF pada intensitas 100 μ T dan 300 μ T selama 30 dan 60 menit. Selama proses fermentasi, pengumpulan data dilakukan pada hari 0 hingga hari ke-5. Hasil penelitian yang ditunjukkan dalam grafik, menunjukkan pH dan suhu biji kakao selama fermentasi yang telah dipengaruhi oleh paparan medan elektromagnetik ELF. Kesimpulan pengukuran biji kakao menggunakan paparan medan elektromagnetik ELF dengan intensitas 100 μ T dan 300 μ T dengan waktu 30 menit dan 60 menit berpengaruh pada pH dan suhu biji kakao.

Kata Kunci: fermentasi; biji kakao; *pH*; suhu; medan elektromagnetik

PENDAHULUAN

Medan magnet didefinisikan sebagai area di sekitar magnet atau benda yang dipengaruhi oleh gaya magnetik. Medan magnet muncul karena adanya gerakan muatan listrik atau akibat adanya sifat magnetik pada suatu bahan. Medan listrik terdapat di daerah sekitar muatan listrik yang menjadi pengaruh muatan lainnya. Medan listrik muncul akibat adanya muatan listrik yang di sekitarnya. Menurut Maxwell medan magnet yang berubah dapat menyebabkan terbentuknya medan listrik, dan medan listrik yang berubah dapat mengakibatkan terbentuknya medan magnet (Seniari dan Dharma, 2020). Medan

magnet dan medan listrik merupakan gabungan dari gelombang elektromagnetik dengan karakteristik yang beragam. Karakteristik yang dimiliki medan magnet sulit terhalangi dan dapat menembus hampir keseluruhan material (Sudarti *et al.*, 2018). Gelombang elektromagnetik terbagi menjadi 4 tingkatan berdasarkan frekuensi salah satunya yaitu *Extremely Low Frequency* (ELF) dengan frekuensi yang dimilikinya sangat rendah sekitar 0-300Hz (Iqlima, 2020). Frekuensi yang rendah menyebabkan medan magnet ELF memancarkan energi yang rendah pula sehingga termasuk dalam radiasi *non-ionizing*. Radiasi *non-ionizing* adalah

radiasi elektromagnetik yang energinya tidak mampu menimbulkan terjadinya proses ionisasi, namun hanya mampu mengubah struktur atom (Sudarti dan Bektiarso, 2018).

Perubahan kualitas fisik dan kimia dapat mengakibatkan kerugian selama proses pengeringan, yang dapat menurunkan kualitas bahan kering (Anton dan Irawan, 2011). Waktu dan kapasitas penjemuran berpengaruh ketika biji yang dibolak-balik yaitu terhadap cuaca dan frekuensi (Asari dan Nursani, 2016). Suhu pengeringan yang semakin tinggi menjadikan semakin rendahnya kadar lemak, sedangkan akan mengalami peningkatan pada asam amino bebas dan kadar keasaman (Hartuti *et al.*, 2020).

Menurut (Ariningsih *et al.*, 2020) menjelaskan bahwa salah penyebab dari hal tersebut yaitu petani kakao di Indonesia menjualnya ketika biji masih keadaan basah maupun kering. Ketika masih basah hanya melalui proses pengeluaran dari buahnya. Ketika dalam keadaan kering hanya melakukan penjemuran tanpa dilakukannya proses fermentasi. Biji kakao sebelum dikeringkan terlebih dahulu melakukan tahap proses fermentasi agar kualitas biji kakao dapat meningkat. Biji kakao yang difermentasi secara semi mekanis dapat lebih cepat dan menghasilkan biji dengan kualitas kimia yang tinggi dengan kandungan polifenol, antosianin, gula pereduksi, theobromin dan kafein yang tinggi. Waktu fermentasi biji kakao dapat lebih singkat dengan ditambahkannya *saccharomyces* agar menghasilkan indeks fermentasi lebih tinggi 1,13 (Sudarti *et al.*, 2022).

Sinar radiasi dari gelombang elektromagnetik ELF yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari berbagai macam bidang salah satunya dalam bidang pangan. Berdasarkan penelitian yang berkaitan dengan hal ini antara lain Sudarti., Hariyati, *et al* (2022) yang menghasilkan kualitas proses fermentasi biji kakao kering non fermentasi mengalami peningkatan ketika menggunakan intensitas 100 μ T, 200 μ T, dan 300 μ T lama paparan 15 menit, 45 menit dan 75 menit. Paparan dengan intensitas 300 μ T dengan lama paparan 90 menit menghasilkan hasil yang efektif dalam meningkatkan kualitas proses fermentasi biji kopi kering yang digunakan untuk praktek fermentasi. Biji kopi kering yang difermentasi dapat meningkatkan cita rasa kopi (Sudarti, Bektiarso, *et al.*, 2022). Selain itu, paparan medan magnet ELF yang dihasilkan pada intensitas 100 μ T, 200 μ T dan 300 μ T lama paparan 30 menit, 60 menit dan 90 menit terjadi peningkatan pH dan stabil terhadap ketahanan susu fermentasi (Ghausia dan Supriadi, 2020).

Berdasarkan hasil yang telah dilaksanakan dari penelitian-penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa penerapan medan elektromagnetik ELF dalam bidang pangan dapat berguna saat pH dan suhu dipertahankan agar dapat menahan pertumbuhan suatu mikroorganisme. Hasil penelitian mendatang dapat dijadikan acuan bagi peneliti selanjutnya. Penelitian selanjutnya, peneliti menggunakan suatu sampel yaitu biji kakao kering yang belum dilakukan proses fermentasi. Biji kakao yang belum terfermentasi dapat menjadi pemicu risiko kegagalan produk yang sesuai dengan standard pabrik. Oleh karena itu, peneliti

akan melakukan fermentasi biji kakao agar kualitas dapat meningkat.

METODE

Jenis penelitian eksperimen laboratorium yang digunakan peneliti saat ini yaitu 2 kelompok yang dibandingkan, yaitu antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Desain penelitian ini menggunakan desain *randomized subjects post test only control group design* agar pengaruh paparan medan elektromagnetik ELF dapat diketahui. Penelitian ini menggunakan bahan-bahan diantaranya biji kakao yang belum terfermentasi berasal dari petani biji kakao di daerah Jember, aquades, dan enzim α -amylase. Penelitian ini menggunakan alat-alat seperti sumber medan elektromagnetik ELF berupa CT (*Current Transformer*) yang menjadi penghasil medan magnet, EMF Tester, pH meter untuk mengukur tingkatan pH, thermometer batang untuk mengukur suhu derajat biji kakao yang difermentasi, neraca untuk membagi sampel menjadi 5 kelompok, gelas beaker untuk wadah mengkalibrasi dan pencampuran α -amylase dengan aquades.



Gambar 1. Pemaparan Sampel

Tahapan dalam penelitian ini yaitu yang pertama menyiapkan 10 kg biji kakao kering yang belum terjadi proses fermentasi, kemudian membagi menjadi dua kelompok yaitu kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Masing-masing sampel yang dibagi bermassa 2 kg. kelompok kontrol terdiri 1 sampel dan kelompok eksperimen terdiri dari 2 sampel dengan intensitas $100\mu\text{T}$ dan $300\mu\text{T}$ waktu paparan 30 menit dan 60 menit. pH dan suhu yang diukur dilakukan pada hari ke-0 hingga hari ke-5 ketika proses fermentasi. Tahapan berikutnya analisis data, teknik yang digunakan dalam analisis data yaitu menggunakan Microsoft Excel kemudian diuji menggunakan SPSS agar dapat mengetahui ada tidaknya pengaruh kelompok kontrol dengan kelompok eksperimen terhadap paparan medan elektromagnetik ELF

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengkaji hasil fermentasi terhadap paparan medan elektromagnetik ELF $100\mu\text{T}$ dan $300\mu\text{T}$ dengan lama paparan yang bervariasi 30 menit dan 60 menit terhadap pH dan suhu pada proses fermentasi biji kakao. Pelaksanaan penelitian ini di ruang Laboratorium ELF Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Jember. Pengukuran pH dan suhu biji kakao pada jam ke-0 (sebelum pemaparan medan elektromagnetik ELF) dan setelah pemaparan medan elektromagnetik ELF pada hari ke-1 hingga hari ke-5. Pengukuran dalam pH dan suhu biji kakao pada kedua kelompok yaitu kelompok

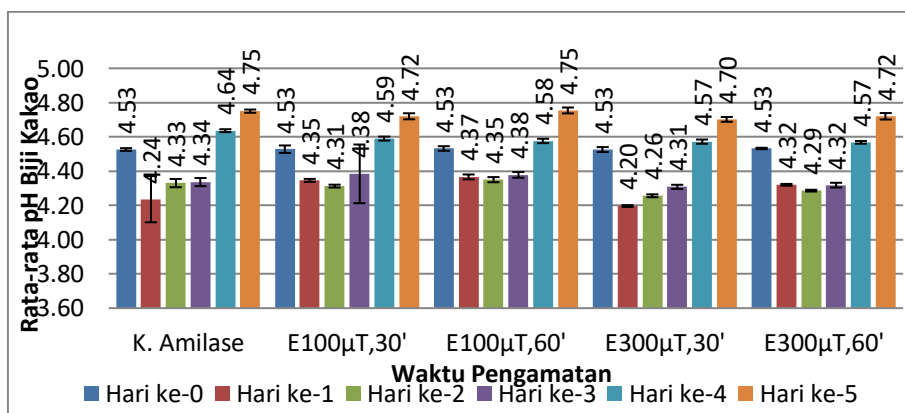
kontrol dan kelompok eksperimen dapat diperoleh hasil cukup berbeda diantara kedua kelompok tersebut disebabkan karena adanya perlakuan pemaparan dari medan elektromagnetik ELF yang berbeda.

1) Deskripsi Data Hasil pH Biji Kakao
 Tabel 1. Data rata-rata nilai pH biji kakao

Kelompok	Nilai Rata-Rata pH pada Hari Ke-					
	Hari ke-0	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5
Kontrol	4,53	4,24	4,33	4,34	4,64	4,75
E30,100 μ T	4,53	4,35	4,31	4,38	4,59	4,72
E60,100 μ T	4,53	4,37	4,35	4,38	4,58	4,75
E30,300 μ T	4,53	4,20	4,26	4,31	4,57	4,70
E60,300 μ T	4,53	4,32	4,29	4,32	4,57	4,72

Berdasarkan data tabel 1, ada perbedaan nilai pH biji kakao ada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen 100 μ T dan

300 μ T. Nilai pH yang berbeda digambarkan pada diagram batang dalam gambar di bawah ini



Gambar 2. Diagram nilai rata-rata pH biji kakao

Berdasarkan data yang tersaji pada Gambar 2 menggambarkan perubahan pH fermentasi pada semua kelompok penelitian disetiap harinya, dimana pada hari ke-0 masih belum terlihat adanya perbedaan dan memperoleh nilai yang sama yaitu 4,53 disetiap kelompoknya. Adanya perubahan baru terlihat pada hari ke-1 hingga hari ke-5. Dimana pada hari ke-1 EDUPROXIMA 6(3) (2024) 838-847

yaitu kelompok kontrol amilase memperoleh nilai 4.24, kelompok eksperimen terpapar medan magnet 100 μ T dengan waktu 30 menit memperoleh nilai 4.35, kelompok eksperimen 100 μ T dengan waktu 60 menit memperoleh nilai 4.37, kelompok eksperimen 300 μ T dengan waktu 30 menit bernilai 4.20 dan 300 μ T dengan waktu 60 menit yang difermentasi

memperoleh nilai 4.32. Pada hari ke-2 yaitu kelompok kontrol amilase memperoleh nilai 4.33, kelompok eksperimen terpapar medan magnet 100 μ T dengan waktu 30 menit memperoleh nilai 4.31, kelompok eksperimen 100 μ T dengan waktu 60 menit memperoleh nilai 4.35, kelompok eksperimen 300 μ T dengan waktu 30 menit bernilai 4.26 dan 300 μ T dengan waktu 60 menit yang difermentasi memperoleh nilai 4.29 . Pada hari ke-3 yaitu kelompok kontrol amilase memperoleh nilai 4.34, kelompok eksperimen terpapar medan magnet 100 μ T dengan waktu 30 menit memperoleh nilai 4.38, kelompok eksperimen 100 μ T dengan waktu 60 menit memperoleh nilai 4.38, kelompok eksperimen 300 μ T dengan waktu 30 menit bernilai 4.31 dan 300 μ T dengan waktu 60 menit yang difermentasi memperoleh nilai 4.32. Pada hari ke-4 yaitu kelompok kontrol amilase memperoleh nilai 4.64, kelompok eksperimen terpapar medan magnet 100 μ T dengan waktu 30 menit memperoleh nilai 4.59, kelompok eksperimen 100 μ T dengan waktu 60 menit memperoleh nilai 4.58, kelompok eksperimen 300 μ T dengan waktu 30 menit bernilai 4.57 dan 300 μ T dengan waktu 60 menit yang difermentasi memperoleh nilai 4.57. Dan pengukuran terakhir pada hari ke-5 yaitu kelompok kontrol amilase memperoleh nilai 4.75, kelompok eksperimen terpapar medan magnet 100 μ T dengan waktu 30 menit memperoleh nilai 4.72, kelompok eksperimen 100 μ T dengan waktu 60 menit memperoleh nilai 4.75, kelompok eksperimen 300 μ T dengan waktu 30 menit bernilai 4.70 dan 300 μ T dengan waktu 60 menit yang difermentasi memperoleh nilai 4,72. pH paling rendah

pada hari ke-1 kelompok terpapar 300 μ T,30' sebesar 4,2 menunjukkan bahwa tingkat keasaman lebih tinggi daripada kelompok lain. Kesimpulannya bahwa perubahan pH fermentasi pada semua kelompok penelitian disetiap harinya, dimana pada hari ke-0 masih cenderung belum terlihat adanya perbedaan dan memperoleh nilai yang sama yaitu 4,53 disetiap kelompok pengukuran. Adanya perubahan baru cenderung terlihat ketika pengukuran hari ke-1 hingga hari ke-5. Sehingga paparan medan elektromagnetik ELF pada penelitian ini dengan intensitas 100 μ T dan 300 μ T dengan lama paparan 30 dan 60 menit, mampu dalam mencegah perubahan nilai pH karena dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan mikroorganisme pembentuk asam akibat perpindahan energi dari medan elektromagnetik menuju ke ion-ion yang terdapat pada sel bakteri mikroorganisme.

Menurut Apriyanto (2017), menjelaskan bahwa kualitas biji kakao hasil fermentasi menjadi penentu utama tingkat keasaman (pH) biji selama proses fermentasi. pH dan keasaman biji saling berhubungan, dimana pH menunjukkan nilai yang rendah maka terjadi peningkatan nilai keasaman biji. Terjadinya laju perubahan derajat keasaman (pH) biji kakao kering menjadi sebab pada aktivitas mikroba selama proses fermentasi berlangsung . Pembentukan calon aroma dapat hilang jika pH biji kakao relatif rendah. Nilai pH biji yang >6 perlu diantisipasi karena dapat menyebabkan rusaknya aroma, dengan ditandai tumbuhnya bakteri aerofil yang dapat mendegradasi atau rusaknya asam amino (Fildzah, 2019). Pengukuran nilai akhir pH pada hari ke-5 proses fermentasi

yaitu 4,75 dan pH 5,90 setelah fase pengeringan terdapat pada kelompok eksperimen intensitas 100 μ T dengan waktu paparan 60 menit. Nilai pH tersebut menunjukkan bahwa biji kakao kering memiliki tingkat keasaman yang sedikit asam. Rentang pH tersebut menunjukkan sesuai kondisi fermentasi yang baik untuk kakao. pH sedikit asam tersebut mendukung proses fermentasi yang optimal

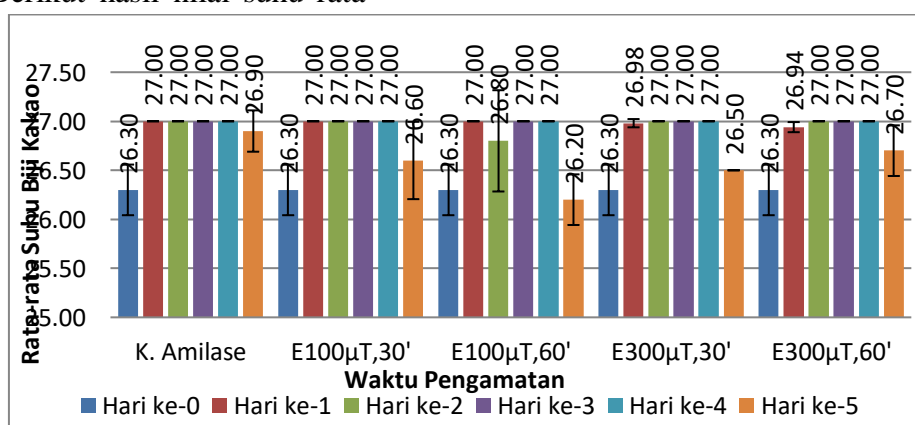
dan membantu menghasilkan biji kakao dengan kualitas yang baik. Menurut Wahyudi (2008), kandungan gula dan asam sitrat dalam pulp substrat pertumbuhan mikroba berkurang dan asam asetat dan asam laktat yang menggantikan agar terjadi peningkatan pH.

2) Deskripsi Data Hasil Suhu Biji Kakao
 Tabel 2 Data rata-rata nilai suhu biji kakao

Kelompok	Nilai Rata-Rata Suhu pada Hari Ke- (°C)					
	Hari ke0	Hari ke1	Hari ke2	Hari ke3	Hari ke4	Hari ke5
Kontrol	26,30	27	27	27	27	26,90
E30', 100 μ T	26,30	27	27	27	27	26,60
E60', 100 μ T	26,30	27	26,80	27	27	26,20
E30', 300 μ T	26,30	26,98	27	27	27	26,50
E60', 300 μ T	26,30	26,94	27	27	27	26,70

Berdasarkan data tabel 2, ada perbedaan nilai suhu rata-rata biji kakao antara kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Berikut hasil nilai suhu rata-

rata kelompok kontrol dan kelompok eksperimen yang tersaji dalam diagram batang pada Gambar 3



Gambar 3. Diagram nilai suhu rata-rata biji kakao

Berdasarkan gambar 3, menggambarkan perubahan suhu dimana

pada hari ke-0 masih belum terlihat adanya perbedaan dan memperoleh nilai yang sama

yaitu 26,30°C disetiap kelompoknya. Adanya perubahan baru dapat terlihat pada hari ke 1,2, dan 5 sedangkan hari ke-3 dan ke-4 memperoleh nilai yang sama. Dimana pada hari ke-1 yaitu kelompok kontrol amilase memperoleh nilai 27°C, kelompok eksperimen terpapar medan magnet 100 μ T dengan waktu 30 menit memperoleh nilai 27°C, kelompok eksperimen 100 μ T dengan waktu 60 menit memperoleh nilai 27°C, kelompok eksperimen 300 μ T dengan waktu 30 menit bernilai 26,98°C dan 300 μ T dengan waktu 60 menit yang difermentasi memperoleh nilai 26,94°C. Pada hari ke-2 yaitu kelompok kontrol amilase memperoleh nilai 27°C, kelompok eksperimen terpapar medan magnet 100 μ T dengan waktu 30 menit memperoleh nilai 27°C, kelompok eksperimen 100 μ T dengan waktu 60 menit memperoleh nilai 26,80°C, kelompok eksperimen 300 μ T dengan waktu 30 menit bernilai 27°C dan 300 μ T dengan waktu 60 menit yang difermentasi memperoleh nilai 27°C. Pada hari ke-3 dan hari ke-4 memperoleh nilai 27°C pada setiap kelompoknya. Dan pengukuran hari terakhir pada hari ke-5 yaitu kelompok kontrol amilase memperoleh nilai 26,90°C, kelompok eksperimen terpapar medan magnet 100 μ T dengan waktu 30 menit memperoleh nilai 26,60°C, kelompok eksperimen 100 μ T dengan waktu 60 menit memperoleh nilai 26,20°C, kelompok eksperimen 300 μ T dengan waktu 30 menit bernilai 26,50°C dan 300 μ T dengan waktu 60 menit yang difermentasi memperoleh nilai 26,70°C. Pada intensitas 100 μ T lama paparan 60 menit menunjukkan jika medan elektromagnetik mampu mempengaruhi proses fermentasi menjadi lebih optimal.

Dari hasil nilai data pengukuran suhu fermentasi biji kakao yang tertera pada

tabel dan gambar, dimana menggambarkan bahwa perubahan suhu pada kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Semua kelompok penelitian mengalami perubahan suhu fermentasi, dimana pada hari ke-0 cenderung belum terlihat adanya perbedaan dengan perolehan nilai 26,30°C disetiap kelompok pengukuran. Perbedaan pada masing-masing kelompok terlihat pada hari ke-1, 2 dan 5. Terdapat kesamaan derajat suhu pada hari ke-3 dan ke-4. Sehingga pada penelitian ini paparan medan elektromagnetik ELF 100 μ T dengan waktu paparan 60 menit, mampu dalam mempertahankan nilai derajat suhu pada setiap kelompok percobaannya.

Ketahanan suhu selama proses fermentasi berperan sangat penting karena mempengaruhi aktivitas enzim dan mikroorganisme yang terlibat agar terbentuk aroma khas coklat pada biji kakao. Ketahanan suhu selama fermentasi dipengaruhi oleh beberapa faktor: 1) mikroorganisme memengaruhi kesuksesan fermentasi; 2) aktivitas enzim yang dapat memecah polisakarida dan protein dalam biji; 3) profil rasa dan aroma jika suhu terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat menghasilkan rasa dan aroma coklat yang kurang diinginkan; dan 4) pencegahan kontaminasi selama proses fermentasi agar membantu mencegah pertumbuhan bakteri atau jamur yang dapat merusak biji kakao. Atiqoh (2007) berpendapat bahwa suhu fermentasi dapat meningkat karena terdapat gula yang berubah menjadi alkohol. Suhu optimum pertumbuhan yeast adalah 20°C - 28°C sedangkan untuk aktivitas bakteri asam asetat adalah 25°C - 30°C (Apriyanto, 2021). Nilai suhu mengalami perubahan menunjukkan bahwa proses fermentasi sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Apriyanto dkk., (2016)

terkait mempelajari perbaikan proses fermentasi biji kakao kering. Namun, penting diperhatikan bahwa suhu terlalu tinggi atau suhu terlalu rendah dapat mempengaruhi kualitas biji kakao

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, peneliti menyimpulkan bahwa paparan medan elektromagnetik ELF (*Extremely Low Frequency*) berpengaruh terhadap nilai pH dan suhu selama proses fermentasi berlangsung yang ditunjukkan dengan hasil grafik yang beragam. Peneliti menyarankan agar dilakukan penelitian lanjutan dengan paparan medan elektromagnetik ELF dengan intensitas dan waktu yang digunakan berbeda terkait fermentasi biji kakao.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Dr. Yushardi, S.Si., M.Si., dan Dr. Sudarti, M.Kes. atas saran dan arahan yang diberikan kepada peneliti selama ini serta pihak lain yang telah ikutserta memberikan dukungan.

REFERENSI

- Apriyanto, M. 2016. Study On Effect Of Fermentation To The Quality Parameter Of Cocoa Bean In Indonesia. *Asian J. Dairy & Food Res*, 35(2), 160-163.
- Apriyanto, M. 2017. Analysis of Amino Acids in Cocoa Beans Produced during Fermentation by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). *International Journal of Food and Fermentation Technology*, 7(1), 25. <https://doi.org/10.5958/2277-9396.2017.00003.4>.
- Apriyanto, M. 2021. Peningkatan Mutu Biji Kakao Petani. *Monograf*. Nuta Media: Yogyakarta.
- Anton dan Irawan. 2011. *Modul Laboratorium Pengeringan*. Jakarta: Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Press.
- Ariningsih, E., Purba, H. J., Sinuraya, J. F., Suharyono, S., & Septanti, K. S. 2020. Kinerja Industri Kakao di Indonesia. *Forum penelitian Agro Ekonomi*, 37(1), 1. <https://doi.org/10.21082/fae.v37n1.2019.1-23>.
- Asari, A., & Nursani, D. 2016. Rekayasa Mesin Pengering Hybrid Tipe Rak Untuk Pengeringan Biji Kakao. *In Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian*. Banjarbaru (Vol. 20).
- Atiqoh, I. 2007. Isolasi Bakteri Asam Laktat Penghasil Senyawa Anti Kapang pada Fermentasi Kakao. *Skripsi*. Universitas Jember. Jember.
- Fildzah, D.P. 2019. Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH dan Daya Hantar Listrik pada Proses Fermentasi Biji Kakao. *Skripsi*. Jember: Universitas Jember.
- Ghausia, A. N., & Supriadi, B. 2020. Pengaruh Paparan Medan Magnet ELF (*Extremely Low Frequency*) 100 μ T dan 200 μ T Terhadap pH Sebagai Indikator Ketahanan Minuman Susu Fermentasi. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, 8(3).
- Hartuti, S., Juanda, J., & Khatir, R. 2020. Upaya Peningkatan Kualitas Biji Kakao (*Theobroma Cacao L.*) Melalui Tahap Penanganan Pascapanen (Ulasan). *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 15(2), 38-52.
- Hayati, R. dan Fauzi, H. 2012. Kajian Fermentasi dan Suhu Pengeringan pada Mutu Kakao (*Theobroma cacao L.*). *JTEP: Jurnal Keteknik Pertanian*, 26(2).
- Iqlima, M. N. 2020. Kerusakan Sel Hepar Akibat Paparan Radiasi

- Elektromagnetik Telepon Seluler. *Ibnu Sina: Jurnal Kedokteran Dan Kesehatan*. Fakultas Kedokteran Universitas Islam Sumatera Utara, 19(1), 40-45.
- Kanza, N. R. F., Sudarti, S., & Maryani, M. 2020. Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) terhadap pH dan Daya Hantar Listrik pada Proses Fermentasi Basah Kopi Liberika (*Coffea Liberica*) dengan Penambahan α -Amilase. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 6(2), 315-321.
- Magfirah, S., Prihandono, T., dan Sudarti, S. 2022. Analysis of pH Changes in Cassava Fermentation Process Exposed to ELF Magnetic Fields Intensity 100 T, 200 T and 300 T. *Sainteks: Jurnal Sains dan Teknik*, 4(2), 163- 170.
- Mulato, S. dan S. Widyotomo. 2003. *Teknik Budidaya dan Pengolahan Hasil Tanaman Kakao*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Jember.
- Nizori, A., Tanjung, O. Y., Ulyarti, U., Arzita, A., Lavlinesia, L., & Ichwan, B. 2021. Pengaruh Lama Fermentasi Biji Kakao (*Theobroma Cacao* L.) Terhadap Sifat Fisik, Kimia dan Organoleptik Bubuk Kakao. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 9(2), 129-138.
- Purbawati, M. Sudarti, S., & AA, F. K. 2021. Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) Terhadap Perubahan pH pada Proses Fermentasi Biji Kopi Lanang (Peaberry) Kering. *Jurnal Kumparan Fisika*. 4(2), 129-136. <https://doi.org/10.33369/jkf.4.2.129-136> .
- Rahman, R. A., & Sudarti, S. 2021. Pengaruh Paparan Medan Magnet *Extremely Low Frequency* (ELF) 500 μ T Terhadap Derajat Keasaman (pH), Massa Jenis, dan Kualitas Fisik Jambu Air. *Jurnal Inovasi Penelitian dan Pembelajaran Fisika*, 2(2), 62. <https://doi.org/10.26418/jippf.v2i2.47149> .
- Sabahannur, St., N. Syam., dan S. Alimuddin. 2018. *Teknologi Fermentasi Biji Kakao*. Bogor: Penerbit IPB Press.
- Seniari, N. M., & Baus Widhi Darma, S. 2020. Penyuluhan Bahaya Radiasi Gelombang Elektromagnetik Pada Organ Tubuh Mahluk Hidup di Kelurahan Pagutan Barat Mataram. *Prosiding Pepadu*, 2, 230-235.
- SNI 23-23-2008. 2008. *Standar Nasional Indonesia Biji Kakao*. Jakarta: Dewan Standarisasi Nasional.
- Sudarti, S., Bektiarso, S., Prastowo, S. H. B., Fuad, F., & Trisnawati, I. J. 2018. *Radiation Potential of Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field to Increase Tobacco Production*.
- Sudarti, dan S. Bektiarso. 2020. *Fisika Radiasi*. Jember: UPT Percetakan & Penerbitan Universitas Jember.
- Sudarti. 2021. Fermentasi Biji Kakao Kering Melalui Paparan Medan *Extremely Low Frequency* (ELF). *Monograf*. Jember.
- Sudarti, S., Bektiarso, S., Harijanto, A., Yushardi, Y., Prihandono, T., & Sumardi, S. 2022. Fermentation Method with the Help of *Extremely Low Frequency* (ELF) Magnetic Field Radiation to Support Luwak Coffee Superior Products in Sidomulyo Village, Silo District, Jember Regency, East Java. *Unram Journal of Community Service*, 3(2), 73-76. <https://doi.org/10.29303/ujcs.v3i2.201>.
- Sudarti, S., Hariyati, Y., Sari, A. B. T., Sumardi, S., & Muldayani, W. 2022. Fermentation Process of Dry Cocoa Beans Through Extremely Low Frequency (ELF) Magnetic Field Exposure. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(2), 584-591. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i2.1356>.

Utami Hatmi, R., & Rustijarno, S. 2012.
*Teknologi Pengolahan Biji Kakao
Menuju SNI Biji Kakao* 01-2323-2008.

Wahyudi, T., T.R. Pangabean. dan
Pujiyanto. 2008. *Panduan Lengkap
Kakao*. Jakarta: Penebar Swaday