

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

P-ISSN No. 2407-0475 E-ISSN No. 2338-8439

Vol. 6, No. 2, Agustus 2018



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Mesin dan Biosistem - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian (JTEP) terakreditasi berdasarkan SK Dirjen Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Ristek Dikti Nomor I/E/KPT/2015 tanggal 21 September 2015. Selain itu, JTEP juga telah terdaftar pada Crossref dan telah memiliki Digital Object Identifier (DOI) dan telah terindeks pada ISJD, IPI, Google Scholar dan DOAJ. JTEP terbit tiga kali setahun yaitu bulan April, Agustus dan Desember, dan mulai tahun ini berisi 15 naskah untuk setiap nomornya. Peningkatan jumlah naskah pada setiap nomornya ini dimaksudkan untuk mengurangi masa tunggu dengan tidak menurunkan kualitas naskah yang dipublikasikan. Jurnal berkala ilmiah ini berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Jurnal ini diterbitkan dua kali setahun baik dalam edisi cetak maupun edisi online. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota PERTETA tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain meliputi teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya pertanian, lingkungan dan bangunan pertanian, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika pertanian, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi pertanian. Makalah dikelompokkan dalam invited paper yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, review perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, technical paper hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta research methodology berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Penulisan naskah harus mengikuti panduan penulisan seperti tercantum pada website dan naskah dikirim secara elektronik (online submission) melalui <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>.

Penanggungjawab:

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Ketua Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Dewan Redaksi:

Ketua : Wawan Hermawan (Scopus ID: 6602716827, Institut Pertanian Bogor)
Anggota : Asep Sapei (Institut Pertanian Bogor)
Kudang Boro Seminar (Scopus ID: 54897890200, Institut Pertanian Bogor)
Daniel Saputra (Scopus ID: 6507392012, Universitas Sriwijaya - Palembang)
Bambang Purwantana (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Yohanes Aris Purwanto (Scopus ID: 6506369700, Institut Pertanian Bogor)
Muhammad Faiz Syuaib (Scopus ID: 55368844900, Institut Pertanian Bogor)
Salengke (Scopus ID: 6507093353, Universitas Hasanuddin - Makassar)
I Made Anom Sutrisna Wijaya (Scopus ID: 56530783200, Universitas Udayana - Bali)

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Rokhani Hasbullah (Scopus ID: 55782905900, Institut Pertanian Bogor)
Sekretaris : Lenny Saulia (Scopus ID: 16744818700, Institut Pertanian Bogor)
Bendahara : Hanim Zuhrotul Amanah (Universitas Gadjah Mada - Yogyakarta)
Anggota : Dyah Wulandani (Scopus ID: 1883926600, Institut Pertanian Bogor)
Usman Ahmad (Scopus ID: 55947981500, Institut Pertanian Bogor)
Satyanto Krido Saptomo (Scopus ID: 6507219391, Institut Pertanian Bogor)
Slamet Widodo (Scopus ID: 22636442900, Institut Pertanian Bogor)
Liyantono (Scopus ID: 54906200300, Institut Pertanian Bogor)
Administrasi : Diana Nursolehat (Institut Pertanian Bogor)

Penerbit: Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.

Alamat: Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Kampus Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680.
Telp. 0251-8624 503, Fax 0251-8623 026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com
Website: web.ipb.ac.id/~jtep atau <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtep>

Rekening: BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan: PT. Binakerta Makmur Saputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bestari yang telah menelaah (*me-review*) Naskah pada penerbitan Vol. 6 No. 2 Agustus 2018. Ucapan terima kasih disampaikan kepada: Prof.Dr.Ir. Bambang Purwantana, M.Agr (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Hasbi, M.Si (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Lilik Sutiarmo, M.Eng (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Prof.Dr.Ir. Daniel Saputra, MS (Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya), Prof.Dr.Ir. Bambang Susilo, M.Sc.,Agr (Jurusan Keteknikan Pertanian, Universitas Brawijaya), Prof.Dr.Ir. Sutrisno, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Tineke Mandang, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Prof.Dr.Ir. Slamet Budijanto, M.Agr (Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Institut Pertanian Bogor), Dr. Nauman Khalid (School of Food and Agricultural Sciences, University of Management and Technology (Pakistan)), Dr.Ir. Ridwan Rahmat. M.Agr (Badan Litbang Pertanian), Ir. Joko Pitoyo, M.Si (Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian), Dr.Ir. Rizal Alamsyah, M.Sc (Balai Besar Industri Agro), Dr.Ir. Ratnawati, M.Eng.,Sc (Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Indonesia), Dr.Ir. Desrial, M.Eng (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Budiastara, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. I Wayan Astika, MS (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Leopold Oscar Nelwan, M.Si (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr.Ir. Usman Ahmad, M.Agr (Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor), Dr. Rudiati Evi Masitoh, STP.,MDT (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr. Radi, STP.,M.Eng (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Andri Prima Nugroho, STP.,M.Sc (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Dr.Ir. Nursigit Bintoro, M.Sc (Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Gadjah Mada), Taufik Rizaldi, STP.,M.P (Jurusan Keteknikan Pertanian, Universitas Sumatera Utara), Ir. Mimin Muhaemin, M.Eng.,Ph.D (Jurusan Teknologi Agroindustri, Universitas Padjadjaran), Dr. Siswoyo Soekarno, STP.,M.Eng (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Jember), Dr. Alimuddin, ST.,MM.,MT (Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa), Dr. Dedy Wirawan Soedibyo, STP.,M.Si (Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Jember).

Technical Paper

Aplikasi Energi Gelombang Mikro untuk Pengendalian Hama Gudang *Araecerus fasciculatus* (De Geer) pada Biji Kakao

*Microwave Energy Application for Warehouse Pest Control *Araecerus fasciculatus* (De Geer) on Cocoa Bean*

Edy Hartulistiyoso, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian,
Institut Pertanian Bogor. Email: edyhartulistiyoso@gmail.com

Slamet Widodo, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian,
Institut Pertanian Bogor. Email: slamet_ae39@apps.ipb.ac.id

Andi Muhammad Akram Mukhlis, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian,
Institut Pertanian Bogor. Email: andimuhakram.tmb@gmail.com

Abstract

*Cocoa bean from Indonesia may not be qualified enough caused by weevil pest interference. These days, fumigation is a solution to push down the weevil pest interference. However, anxious about health problem and environment pollution issue have judged the way to be unsafe mode. The aim of this research was to analyze the heating effect using microwave oven with various levels of power and time concerning the mortality of warehouse pest *Araecerus fasciculatus* on cocoa bean, the reduction of water content, and the energy use during heating process. Input power of microwave oven was probed at 264, 400, and 600 watt, whereas the heating times were 60, 120, and 180 second with three times repetition. The mortality of warehouse pest *Araecerus fasciculatus* increased with raising the power level and time of heating process. *Araecerus fasciculatus* pest reached 100% of mortality at 600 watt of power level during 180 second with required energy of 99.72 kJ. The percentage of water content reduction in wet basis was 28.7%.*

Keywords: *Araecerus fasciculatus*, cocoa, energy, microwave

Abstrak

Kualitas biji kakao Indonesia masih tergolong rendah akibat adanya interferensi serangga hama. Fumigasi merupakan upaya yang selama ini dilakukan untuk menekan interferensi serangga hama. Namun, kekhawatiran akan kesehatan dan polusi lingkungan telah menyebabkan cara tersebut kurang baik. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh pemanasan dengan oven gelombang mikro dengan berbagai tingkat daya dan waktu terhadap mortalitas hama gudang *Araecerus fasciculatus* pada biji kakao dan penurunan kadar airnya serta penggunaan energi oven gelombang mikro selama proses pemanasan. Daya masukan oven gelombang mikro yang digunakan adalah 264, 400, dan 600 watt, sedangkan waktu pemanasan adalah 60, 120, dan 180 detik dengan tiga kali ulangan. Mortalitas hama gudang *Araecerus fasciculatus* mengalami peningkatan dengan meningkatnya tingkat daya dan waktu pemanasan. Hama *Araecerus fasciculatus* mencapai mortalitas 100% pada tingkat daya 600 watt selama 180 detik dengan penggunaan energi sebesar 99.72 kJ. Persentase penurunan kadar air basis basah pada tingkat daya dan waktu tersebut sebesar 28.7%.

Kata Kunci: *Araecerus fasciculatus*, energi, gelombang mikro, kakao

Diterima: 29 Januari 2018 ; Disetujui: 01 Agustus 2018

Latar Belakang

Indonesia merupakan negara produsen utama kakao dunia. Saat ini Indonesia menempati urutan ketiga negara pemasok kakao terbesar dunia setelah Pantai Gading dan Ghana, seperti yang terlihat pada Tabel 1. Sehingga, kakao merupakan komoditas perkebunan yang memiliki prospek yang sangat baik sebagai sumber devisa

Namun, kualitas biji kakao Indonesia masih tergolong rendah. Salah satu penyebab rendahnya kualitas biji kakao adalah adanya interferensi serangga hama, padahal persyaratan kualitas/mutu biji kakao adalah tidak adanya serangga hidup dalam biji kakao yang dapat menyebabkan penahanan langsung oleh negara tujuan (Sjam et al., 2010).

Upaya yang selama ini dilakukan untuk menekan interferensi serangga hama pada biji kakao adalah dengan melakukan fumigasi. Fumigasi adalah suatu tindakan perlakuan (atau pengobatan) terhadap suatu komoditi dengan menggunakan fumigan tertentu, di dalam ruang kedap udara, pada suhu dan tekanan tertentu. Fumigan merupakan suatu jenis pestisida (obat pembasmi hama) yang dalam suhu dan tekanan tertentu berbentuk gas, dan dalam konsentrasi serta waktu tertentu dapat membunuh hama (organisme pengganggu) (Priyono et al., 2009). Metil bromida (CH₃Br), fosfin (PH₃), karbondioksida (CO₂), sulfuril florida (SO₂F₂), dan asam sianida (HCN) merupakan jenis fumigan yang digunakan dalam proses fumigasi. Kekhawatiran akan kesehatan dan polusi lingkungan telah menyebabkan cara tersebut kurang baik dan mencari alternatif lain untuk membasmi hama.

Dengan demikian, terdapat kebutuhan untuk mengembangkan metode baru yang aman untuk mengendalikan hama pada biji kakao. Salah satu metode yang mulai dikembangkan dalam pengendalian hama adalah penggunaan energi gelombang mikro. Beberapa penelitian pengendalian serangga menggunakan energi gelombang mikro untuk bahan pertanian telah dilakukan seperti pada penyimpanan kurma, gandum dan tepung, serta pada buah-buahan. Penggunaan energi gelombang mikro pada frekuensi 2450 MHz dengan daya 800 watt selama 40 detik pada penyimpanan kurma dapat mengatasi serangga dewasa *Tribolium castaneum* (Herbs) dengan mortalitas 100% (Manickavasagan et al., 2013). Penelitian El-Naggar dan Mikhael (2011) menunjukkan bahwa 100% mortalitas *Tribolium confusum*, *Lasioderma serricorne*, *Corcyra cephalonica* dan *Rhyzopertha dominica* dapat dicapai dengan menggunakan gelombang mikro frekuensi 2450 MHz pada suhu 50°C. Aplikasi gelombang mikro frekuensi 950 MW pada suhu 55°C untuk penanganan *Cydia pomonella* L. pada buah cherries (*Prunus avium* L. dapat mencapai mortalitas 98% (Ikediala et al., 1999).

Tabel 1. Total produksi kakao berbagai negara (10³ ton).

Negara	Tahun				
	2008	2009	2010	2011	2012
Pantai Gading	1431	1234	1184	1668	1400
Ghana	730	730	740	860	870
Indonesia	500	490	530	450	500
Nigeria	00	210	230	240	230
Cameroon	188	210	205	230	220
Brazil 1	70	155	159	197	185
Ecuador	115	130	150	160	170
Malaysia	32	25	20	18	18

Sumber : World Cocoa Foundation (2012)

Banyaknya penelitian yang menerapkan energi gelombang mikro untuk pengendalian hama pada bahan pertanian, memungkinkan penerapannya sebagai pengendali hama gudang pada biji kakao. Karakteristik hama pada penelitian-penelitian sebelumnya berupa kandungan zat cair pada tubuh hama, tidak jauh berbeda dengan hama gudang pada biji kakao. Metode ini memiliki keuntungan yaitu tidak meninggalkan residu kimia dalam pangan dan tidak memiliki dampak yang buruk pada lingkungan (Manickavasagan et al., 2013), serta dapat dilakukan dengan proses kontinu untuk kuantitas produk yang besar dengan melewatkannya pada periode waktu yang singkat (Zhao et al., 2007). Energi gelombang mikro dapat melakukan penetrasi ke dalam substansi dengan air atau molekul lemak, sehingga terdapat potensial yang besar dalam penggunaan gelombang mikro untuk memanaskan bagian dalam tubuh serangga dan membunuhnya secara lebih efektif. Tujuan penelitian ini adalah : (1) untuk mengidentifikasi dan menentukan pengaruh perlakuan gelombang mikro terhadap mortalitas serangga hama gudang *Araecerus fasciculatus* pada biji kakao, dan (2) untuk menentukan jumlah energi gelombang mikro secara empiris yang digunakan selama proses pengendalian hama.

Bahan dan Metode

Hama dan Biji Kakao

Penelitian ini menggunakan serangga hama gudang *Araecerus fasciculatus* yang berkembang biak pada biji kakao. Sampel hama tersebut diperoleh dari laboratorium *Pest and Disease Management*, SEAMEO BIOTROP (Pusat Penelitian Biologi Tropika) Bogor. Biji kakao kering yang digunakan sebagai pangan dan tempat berkembang biaknya juga diperoleh dari laboratorium yang sama.

Biji kakao kering disiapkan sebanyak 200 gram untuk masing-masing ulangan. Biji kakao kering tersebut dimasukkan ke dalam wadah yang berukuran diameter 150 mm dan tinggi 100 mm. Wadah terlebih dahulu diberi lubang udara pada bagian atasnya, kemudian ditutup dengan kain jaring serangga untuk menjaga hama tetap di dalam wadah. Serangga hama gudang *Araecerus fasciculatus* disiapkan sebanyak 50 ekor untuk masing-masing ulangan, kemudian dimasukkan ke dalam wadah yang telah berisi biji kakao.

Perlakuan *microwave*

Oven *microwave* yang beroperasi pada 2450 MHz (Electrolux EMS2007X) dengan tingkat daya dan waktu yang dapat diatur digunakan dalam penelitian ini. Wadah yang telah berisi sampel hama dan biji kakao ditempatkan di dalam ruang oven *microwave* untuk proses perlakuan. Sampel diekspos pada perlakuan gelombang mikro pada 3 tingkat daya (264, 400, dan 600 watt) selama 3 variasi waktu (60, 120 dan 180 detik). Setiap perlakuan (daya dan waktu) dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali.

Mortalitas

Setelah mengekspos pada radiasi gelombang mikro, jumlah serangga yang mati dan hidup pada setiap sampel dihitung. Penentuan serangga yang mati dilakukan dengan mengambil serangga yang sudah tidak bergerak kemudian menyimpannya di dalam wadah plastik polietilen selama 15 menit. Serangga diperiksa kembali untuk memastikan sampel telah mati dengan melihat respon gerakannya. Serangga yang hidup juga diperlakukan sama, yaitu dengan mendinginkannya dalam suhu ruang selama 15 menit kemudian melihat respon gerakannya. Mortalitas serangga dihitung sebagai (Zhao *et al.*, 2007)

$$M = \frac{N_d}{N_s} \times 100\% \quad (1)$$

Dimana M adalah % mortalitas serangga, N_d adalah banyak serangga yang mati untuk setiap percobaan, dan N_s adalah jumlah serangga yang hidup dan mati untuk setiap percobaan.

Suhu

Suhu permukaan biji kakao diukur setelah perlakuan gelombang mikro. Sesaat setelah sampel dikeluarkan dari oven, suhu permukaan diukur menggunakan termokopel tipe-T pada tiga titik yang berbeda. Suhu permukaan biji kakao setiap percobaan diperoleh dengan mengambil nilai rata-rata dari ketiga pengukuran suhu tersebut.

Konsumsi Energi

Konsumsi energi dihitung dengan pengukuran arus dan tegangan yang terjadi selama proses pemanasan. Pengukuran arus dan tegangan pada

oven gelombang mikro menggunakan sensor arus AC (non-invasive, 30 A max) YHDC-SCT013 dan transformator yang dirangkai dengan *microcontroller* arduino uno. Rangkaian elektronika tersebut kemudian dihubungkan ke komputer. Pengukuran arus dan tegangan dilakukan mulai dari awal pemanasan hingga selesai. Pengambilan data arus dan tegangan dilakukan secara otomatis setiap sekitar 0.2 detik dan data langsung terhubung ke komputer.

Perhitungan konsumsi energi dilakukan dengan mengalikan antara arus dan tegangan hasil pengukuran. Hasil perkalian tersebut menghasilkan nilai daya nyata yang terjadi. Jika dikalikan dengan faktor daya, diperoleh nilai daya aktif yaitu daya yang digunakan untuk energi kerja sebenarnya. Konsumsi energi kerja dihitung dengan pendekatan metode trapezoidal, yaitu mencari luas areal grafik hubungan daya terhadap waktu selama proses perlakuan seperti pada perlakuan daya 400 watt selama 120 detik yang terlihat pada gambar 1. Menghitung luas area di bawah grafik dengan menggunakan metode trapezoid memiliki nilai galat yang diperoleh dari bagian grafik yang tidak terhitung ataupun daerah luar grafik yang terhitung. Namun apabila dilakukan pada selang waktu yang singkat, nilai galat yang diperoleh sangat kecil dan dapat diabaikan. Pengambilan data arus dan tegangan yang menuju ke oven gelombang mikro dilakukan secara otomatis setiap sekitar 0.2 detik. Sehingga setiap selang waktu tersebut, diperoleh luas area di bawah grafik yang menunjukkan besarnya energi yang digunakan pada selang waktu 0.2 detik. Penjumlahan keseluruhan energi pada setiap selang akan menunjukkan energi total yang digunakan oleh oven gelombang mikro

Analisis Statistik

Pengaruh daya gelombang mikro dan variasi waktu terhadap mortalitas serangga dan suhu permukaan biji kakao dipelajari secara statistik menggunakan SPSS, Versi 16.0, SPSS Inc., dengan analisis ragam (ANOVA) yang menggunakan model rancangan acak lengkap 2 faktorial (3 tingkat daya gelombang mikro (264 watt × 400 watt × 600 watt) × 3 variasi waktu (60 detik × 120 detik × 180 detik)). Jika hasil analisis ragam menunjukkan adanya pengaruh yang nyata, maka dilanjutkan dengan uji selang berganda Duncan dengan taraf uji 5%.

Hasil dan Pembahasan

Pada setiap perlakuan, suhu permukaan biji kakao mengalami peningkatan seiring meningkatnya daya gelombang mikro dan waktu pemanasan dengan radiasi gelombang mikro. Suhu tertinggi yang dicapai yaitu 173.7 °C pada tingkat daya 600 watt selama 180 detik.

Tabel 2. Suhu permukaan biji kakao dan mortalitas hama pada tingkat daya dan waktu.

Daya (watt)	Waktu (detik)		
	60	120	180
Suhu permukaan biji kakao (°C) ^a			
264	74.4 Bc	99.6 Ac	97.6 Ac
400	87.2 Bb	121.4 Ab	147.7 Ab
600	121.4 Ba	141.4 Aa	173.7 Aa
Mortalitas hama (%) ^a			
264	33 Cc	48 Bb	85 Aa
400	58 Bb	93 Aa	91 Aa
600	78 Ba	99 Aa	100 Aa

^a Angka-angka yang diikuti oleh huruf besar yang sama pada baris dan huruf kecil yang sama pada kolom tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang berganda Duncan)

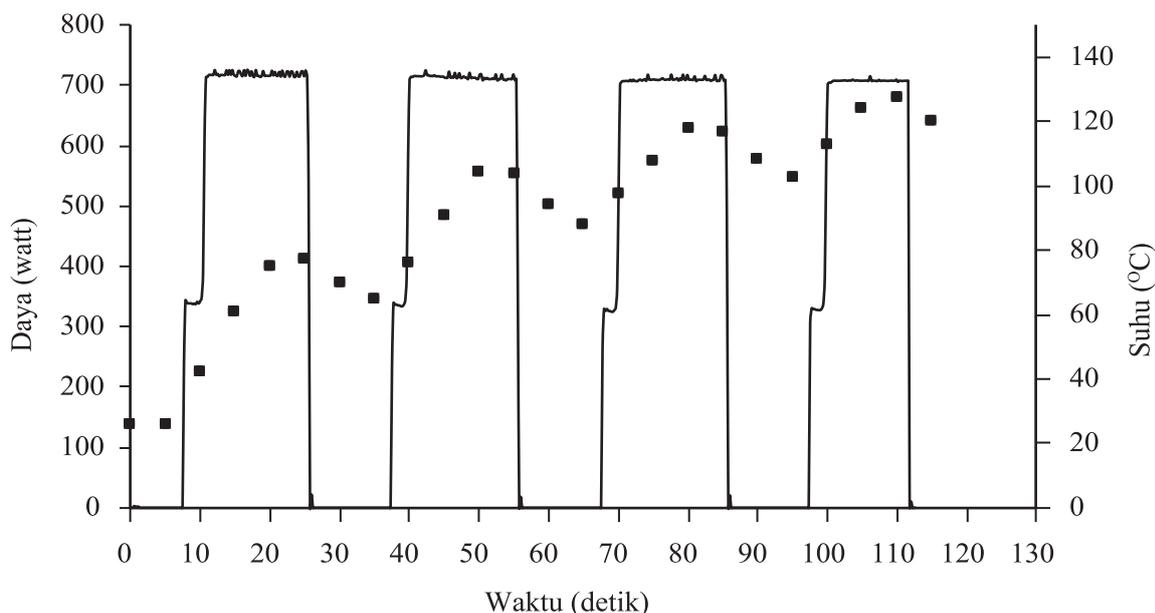
Hasil uji statistik dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa daya dan waktu memiliki pengaruh yang nyata ($p < 0.01$), sedangkan interaksi antara daya dan waktu menunjukkan pengaruh yang tidak berbeda nyata. Hasil uji lanjut (uji selang berganda Duncan) pada taraf uji 5% menunjukkan bahwa semua perlakuan daya berbeda nyata terhadap suhu, sedangkan perlakuan waktu 120 detik dengan 180 detik tidak berbeda nyata dan perlakuan 60 detik berbeda nyata dengan perlakuan 120 detik dan 180 detik terhadap suhu.

Perlakuan dengan gelombang mikro mempunyai efek peningkatan suhu pada bahan akibat interaksi antara molekul air pada bahan dengan medan elektromagnetik dari gelombang mikro seperti yang dijelaskan oleh Berk (2013) dan Meda et al., (2005). Berk (2013) menjelaskan bahwa,

medan elektromagnetik dari gelombang mikro bergantung pada frekuensi tinggi, sehingga dipol bahan berputar dalam usaha untuk menyesuaikan diri dengan medan tersebut. Energi gelombang memberikan peningkatan energi kinetik yang terkait dengan osilasi secara rotasi dan diubah menjadi kerja gesekan antarmolekul dan akhirnya panas. Meda et al., (2005) lebih lanjut menjelaskan bahwa pada frekuensi 2450 MHz, medan listrik menggerakkan molekul air 10^9 kali setiap detik, sehingga menciptakan panas yang hebat yang dapat meningkat 10°C per detik. Air menjadi komponen utama dari bahan biologis, isinya langsung mempengaruhi pemanasan. Hal tersebutlah yang menyebabkan suhu yang terjadi pada biji kakao meningkat sangat cepat seperti pada Gambar 1.

Tabel 2 menunjukkan adanya kecenderungan meningkatnya mortalitas hama *Araecerus fasciculatus* dengan meningkatnya tingkat daya dan waktu pemanasan dengan radiasi gelombang mikro. Perlakuan dengan daya 264 watt selama 60 detik mengakibatkan rata-rata mortalitas hama sebanyak 33%. Menurut uji selang berganda Duncan dengan taraf uji 5%, mortalitas tersebut berbeda nyata dengan mortalitas hama dengan daya yang sama pada waktu 120 dan 180 detik yaitu berturut-turut sebesar 48% dan 85% serta berbeda nyata dengan mortalitas hama dengan waktu yang sama pada daya 400 dan 600 watt yaitu berturut-turut 58% dan 78%.

Mortalitas serangga hama sebesar 100% terjadi pada perlakuan dengan daya 600 watt selama 180 detik. Perlakuan ini merupakan perlakuan dengan daya tertinggi dan waktu terlama serta menghasilkan suhu permukaan biji kakao yang paling tinggi yaitu 173.7°C . Namun menurut uji selang berganda Duncan dengan taraf uji 5%, mortalitas tersebut tidak berbeda nyata dengan perlakuan pada waktu



Gambar 1. Daya gelombang mikro (—) dan suhu biji kakao (■) selama proses pemanasan pada perlakuan 400 watt selama 120 detik.

Tabel 3. Konsumsi energi dan mortalitas pada tingkat daya dan waktu.

Daya (watt)	Waktu (detik)	Energi (kJ)	Mortalitas (%)
264	60	20.35	33
	120	29.41	48
	180	46.67	85
400	60	23.50	58
	120	48.31	93
	180	72.96	91
600	60	35.77	78
	120	68.45	99
	180	99.72	100

180 detik dengan daya 264 dan 400 watt serta perlakuan pada waktu 120 detik dengan daya 400 dan 600 watt. Meskipun secara statistik demikian, agar dapat dipastikan tingkat mortalitas mencapai 100%, sebaiknya tetap melakukan perlakuan dengan daya 600 watt selama 180 detik.

Mortalitas serangga hama selain dipengaruhi oleh suhu lingkungan sebagai akibat dari peningkatan suhu permukaan biji kakao yang tinggi, juga sangat dipengaruhi oleh adanya reaksi dari cairan pada tubuh hama terhadap medan elektromagnetik dari gelombang mikro yang diberikan. Cairan dalam tubuh hama *Araecerus fasciculatus* mengandung molekul air yang bersifat polar. Pada saat medan elektromagnetik diberikan, dipol molekul air akan berputar dalam usaha untuk menyesuaikan diri dengan medan tersebut seperti yang dijelaskan oleh Berk (2013). Hal tersebut akan menyebabkan terjadinya peningkatan suhu dalam tubuh hama dan menyebabkan kematian.

Penggunaan gelombang mikro untuk mematikan hama memiliki keuntungan karena dapat dilakukan

dalam waktu yang singkat. Selain itu, proses pemanasan dilakukan melalui molekul air yang ada di dalam bahan sehingga bagian dalam bahan mengalami pemanasan lebih awal. Keadaan tersebut memungkinkan untuk merusak telur atau mematikan larva yang berada di dalam biji kakao.

Konsumsi energi dan mortalitas pada tingkat daya dan waktu disajikan pada Tabel 3. Mortalitas dari hama *Araecerus fasciculatus* memiliki hubungan dengan penggunaan energi, sehingga dapat dibuat grafik hubungan antara penggunaan energi dan mortalitas hama *Araecerus fasciculatus* tersebut untuk mendapatkan model empiris. Gambar 2 menunjukkan hubungan penggunaan energi dan mortalitas hama *Araecerus fasciculatus*. Mortalitas hama meningkat drastis pada proses awal pemanasan dan peningkatan mortalitas hama tersebut akan terus menurun dengan meningkatnya penggunaan energi hingga mencapai mortalitas sebesar 100%.

Model empiris yang diperoleh dari grafik tersebut merupakan persamaan eksponensial sebagai berikut.

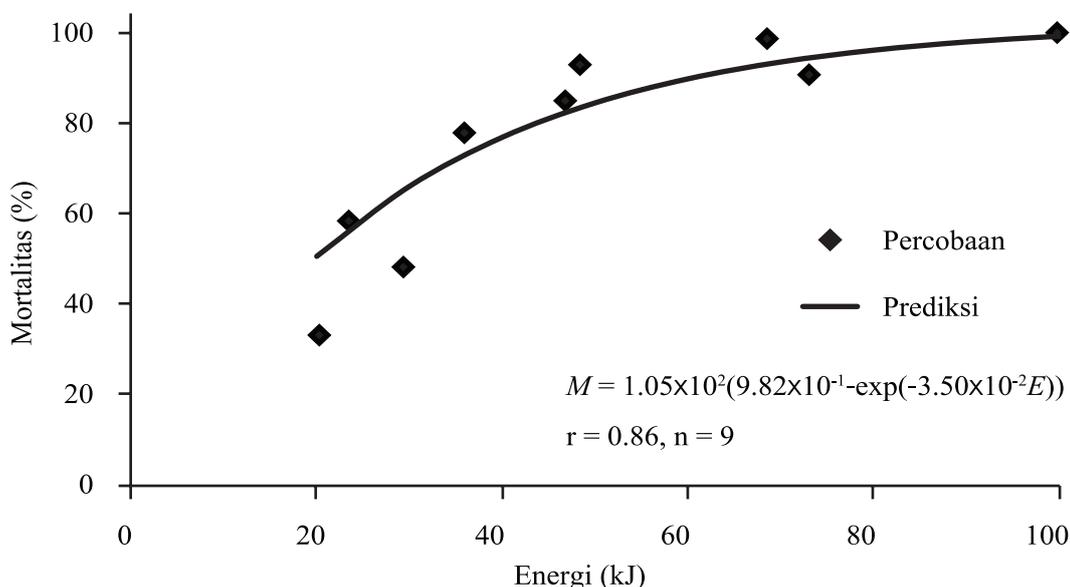
$$M = 1.05 \times 10^2 (9.82 \times 10^{-1} - \exp(-3.50 \times 10^{-2} E)) \quad (2)$$

dimana :

M = mortalitas hama *Araecerus fasciculatus* (%)

E = penggunaan energi (kJ)

Persamaan tersebut memiliki nilai korelasi (r) yang cukup baik yaitu sebesar 0,86 yang menunjukkan hubungan yang kuat antara dua variabel tersebut. Performa model diukur dengan menghitung tingkat kesalahan (error) menggunakan RMSE (*Root Mean Square Error*) yaitu sebesar 9.45%. Persamaan empiris tersebut dapat digunakan untuk memprediksi mortalitas hama *Araecerus fasciculatus* pada rentang energi 20 – 100 kJ.



Gambar 2. Hubungan energi dan mortalitas hama.

Simpulan

Perlakuan gelombang mikro terhadap mortalitas serangga hama gudang *Araecerus fasciculatus* memiliki pengaruh yang positif, yaitu mortalitas hama meningkat dengan meningkatnya daya dan waktu paparan radiasi gelombang mikro. Mortalitas hama mencapai 100% pada perlakuan dengan daya 600 watt selama 180 detik dan penggunaan energi sekitar 99.72 kJ. Dengan demikian, energi gelombang mikro memiliki potensi yang baik untuk dikembangkan sebagai salah satu metode pengendalian hama gudang *Araecerus fasciculatus*.

Daftar Pustaka

- Anonymous. 2012. Cocoa Market Update. World Cocoa Foundation. Washington.
- Berk, Z. 2013. Food Process Engineering and Technology. 2ndEd. Academic Press. New York.
- El-Naggar, S.M. dan A.A. Mikhaiel. 2011. Disinfestation of stored wheat grain and flour using gamma rays and microwave heating. *Journal of Stored Products Research*. Vol.47(3):191-196.
- Ikediala, J.N., J. Tang, L.G. Neven dan S.R. Drake. 1999. Quarantine treatment of cherries using 915 MHz microwaves: temperature mapping, codling moth mortality and fruit quality. *Postharvest Biology and Technology*. Vol.16 (2):127–137.
- Manickavasagan, A., Alahakoon, P.M.K., Al-Busaidi, T.K., Al-Adawi, S., Al-Wahaibi, A.K., Al-Raeesi, A.A., Al-Yahyai, R. dan Jayas, D.S. 2013. Disinfestation of stored dates using microwave energy. *Journal of Stored Products Research*. Vol.55:1-5.
- Meda, V., V. Orsat, dan V. Raghavan, 2005. Microwave Heating and The Dielectric Properties of Foods, in Schubert H. and M. Regier.(Ed.). *The Microwave Processing of Foods*. Woodhead Publishing. Cambridge. p 61-75.
- Prijono, D., O.S. Dharmaputra dan S. Widayanti. 2009. Modul Pengolahan Hama Gudang Terpadu. SEAMEO BIOTROP. Bogor.
- Sjam, S., Melina dan S. Thamrin. 2010. Pengujian ekstrak tumbuhan *Vitex trifolia* L., *Acorus colomus* L., dan *Andropogon nardus* L. terhadap hama pasca panen *Araecerus fasciculatus* De Geer (Coleoptera: Anthribidae) pada biji kakao. *Jurnal Entomologi Indonesia*. Vol.7(1):1-8.
- Zhao, S., C. Qiu, S. Xiong dan X. Cheng. 2007. A thermal lethal model of rice weevils subjected to microwave irradiation. *Journal of Stored Products Research*. 43(4):430–434.