

NASKAH ORISINAL

TTG Sistem Otomatisasi Perangkap Hama Penggerek Buah Kopi (*Hypothenemus hampei* Ferr.) dengan Pemanfaatan Limbah Kopi sebagai Atraktan dan Pestisida

Arinda Sabrina Setiawan^{1,*} | Jovenlee Gibran Subekhi¹ | Eka Puji Susanti¹ | Devi Prayuga¹ | Nadhya Cahya Dwy Raharjo¹ | Rr Diva Naila Putri Widarti¹ | Zakiah Darajat² | Adnan Maulana Firdausi² | Yogie Alfian Hanafi² | Bekti Palupi³

¹Program Studi Teknik Kimia, Universitas Jember, Jember, Indonesia

²Program Studi Teknik Elektro, Universitas Jember, Jember, Indonesia

³Program Studi Teknik Kimia, Universitas Jember, Jember, Indonesia

Korespondensi

*Arinda Sabrina Setiawan, Program Studi Teknik Kimia, Universitas Jember, Jember, Indonesia. Alamat e-mail: arindasabrina0202@gmail.com

Alamat

Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jember, Indonesia.

Abstrak

Kabupaten Jember yang terletak di Provinsi Jawa Timur merupakan salah satu daerah penghasil kopi utama di Indonesia. Namun, para petani kopi di wilayah ini masih menghadapi kendala akibat serangan hama penggerek buah kopi (*Hypothenemus hampei* Ferr.) yang menyebabkan penurunan mutu dan jumlah hasil panen. Bedhag Kopi sebuah usaha kecil yang berdiri sejak 2016 telah memanfaatkan pupuk organik berbahan dasar limbah kopi, tetapi belum mampu sepenuhnya mengatasi permasalahan hama tersebut. Untuk mengatasi permasalahan ini telah dilakukan pelatihan bagi petani mengenai pembuatan perangkap hama otomatis yang menggunakan teknologi sensor serta pemanfaatan limbah kopi sebagai atraktan dan pestisida alami. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan petani dalam mengelola limbah kopi secara lebih optimal, sekaligus mengintegrasikan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) guna memantau dan mengendalikan hama dengan lebih efektif. Penerapan teknologi ini diharapkan dapat menjadi solusi berkelanjutan bagi petani kopi dalam meningkatkan produktivitas dan mutu hasil panen.

Kata Kunci:

Internet of Things, Kopi, Limbah Kopi, Penggerek Buah Kopi, Perangkap Hama.

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Kopi memiliki nama latin *Coffea* (*Coffea sp.*) yang tergolong dalam famili Rubiaceae dan merupakan komoditas perkebunan yang memiliki peranan penting bagi pertumbuhan perekonomian masyarakat di Indonesia^[1]. Kopi merupakan sejenis minuman yang biasanya dihidangkan panas dan dipersiapkan dari biji tanaman kopi yang telah dipanggang. Kandungan kimia yang terdapat di dalam buah kopi seperti asam klorogenat mampu memberikan efek farmakologi yaitu antivirus, antihipertensi, dan antioksidan^[2]. Produksi kopi di Indonesia sebesar 722,46 ribu ton dengan persentase 26,94% berjenis arabika sementara sisanya berjenis robusta. Secara umum, proses pengolahan kopi yang banyak dilakukan oleh petani dan produsen kopi adalah cara basah (*wet process*) dan cara kering (*dry process*). Dari kedua proses menghasilkan biji kopi beras (*ose*) dan beberapa limbah (*by-products*) yang merupakan hasil samping dari proses pengolahan^[1].

Proses budidaya kopi dari masa pertumbuhan hingga masa panen yang dilakukan petani kopi memiliki beberapa masalah. Permasalahan utama pada perkebunan kopi yaitu hasil panen kopi yang kurang memenuhi standar, sehingga harga jual dari produk kopi menurun. Salah satu faktor yang menyebabkan permasalahan tersebut terjadi adalah hama penggerek buah kopi (PBKo) (*Hypothenemus hampei* Ferr.)^[3]. Umumnya tingkat kerusakan buah kopi yang diakibatkan oleh hama penggerek buah kopi (PBKo) di Indonesia mencapai 50%. Kerusakan yang ditimbulkan oleh hama penggerek buah kopi (PBKo) diantaranya buah muda berguguran dan buah matang menjadi berlubang kemudian membusuk. Kerugian yang ditimbulkan tersebut mengakibatkan kuantitas dan kualitas kopi yang dihasilkan rendah sehingga mampu menurunkan harga kopi sekitar 30-40%^[4]. Selain hama kopi permasalahan yang dihadapi petani kopi yaitu tingginya proses produksi kopi menyebabkan semakin besar hasil produk samping atau limbah kopi yang dihasilkan. Potensi limbah yang dihasilkan berupa kulit kopi, dimana para produsen dan pengolah kopi lebih banyak berfokus pada biji kopi yang dihasilkan sedangkan limbah yang dihasilkan masih kurang diperhatikan^[5]. Oleh karena itu diperlukan pemanfaatan limbah kulit kopi menjadi sebuah produk yang lebih berguna dan memiliki nilai jual, salah satunya produk antraktan dan pestisida alami.

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka tim Promahadesa kami (E-Instrech) merancang dan membuat TTG sistem otomatisasi perangkat hama Penggerek Buah Kopi (*Hypothenemus hampei* Ferr.) dengan pemanfaatan limbah kopi sebagai antraktan dan pestisida. Diharapkan melalui pengabdian yang dilakukan dapat mengedukasi kelompok tani sehingga kelompok tani dapat secara mandiri melakukan penggunaan, pemasangan, dan penempatan alat perangkat yang efektif serta cara pembuatan atraktan dan pestisida berbahan baku limbah kulit kopi.

1.3 | Target Luaran

Target luaran yang diharapkan yaitu petani kopi dapat mengatasi hama PBKo dan memanfaatkan limbah kopi menjadi produk luaran yang mendapatkan pemanfaatan secara maksimal. Pembuatan alat perangkat hama dengan bantuan *Internet of Things* (IoT) yang dikombinasikan dengan *Intelligence System* sehingga dapat diakses pada perangkat masing-masing. Hal ini dijadikan satu dalam sebuah aplikasi dan dapat diakses menggunakan perangkat masing-masing petani. Tujuannya agar para petani dapat memantau secara langsung dan akurat mengenai tanaman kopi di kebun kopi.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

2.1 | Hama Penggerek Buah Kopi (*Hypothenemus hampei* Ferr.)

Hama penggerek buah kopi (*Hypothenemus hampei* Ferr.) merupakan salah satu hama utama yang menyerang tanaman kopi, menyebabkan buah muda berguguran dan buah matang berlubang hingga membusuk. Serangan hama ini berdampak signifikan terhadap penurunan kualitas dan kuantitas hasil panen kopi. Tingkat kerusakan akibat hama ini dapat mencapai 50%, yang mengakibatkan penurunan harga kopi sebesar 30-40%. Salah satu metode pengendalian yang efektif dan ramah lingkungan adalah dengan memanfaatkan senyawa atraktan yang terdapat pada beberapa bagian tanaman kopi^[4].

2.2 | Potensi Limbah Kopi dalam Pengendalian Hama

Limbah kopi yang mencakup kulit, ampas, dan sisa lainnya, belum dimanfaatkan secara optimal oleh petani. Padahal limbah ini mengandung berbagai senyawa bioaktif yang memiliki potensi besar dalam pengendalian hama secara alami. Atraktan berbasis limbah kopi dapat digunakan untuk menarik hama penggerek buah kopi, sedangkan pestisida nabati dari kulit kopi mengandung alkaloid dan saponin yang berfungsi sebagai zat antiserangga alami^[5]. Alkaloid merupakan senyawa metabolit sekunder yang berperan dalam perlindungan tanaman terhadap serangga, sedangkan saponin memiliki sifat seperti surfaktan alami yang dapat bertindak sebagai antibakteri dan antiserangga^[6]. Pemanfaatan pestisida nabati berbahan dasar limbah kopi tidak hanya mampu menekan populasi hama, tetapi juga lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan pestisida kimia sintetis. Pestisida kimia sering kali meninggalkan residu berbahaya pada tanaman dan tanah, yang dapat berdampak negatif terhadap kesehatan manusia dan keseimbangan ekosistem^[7].

2.3 | Integrasi Teknologi dalam Pengendalian Hama

Salah satu teknologi yang dapat diterapkan adalah sistem perangkat hama berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dikombinasikan dengan sistem cerdas (*Intelligence System*). Teknologi ini memungkinkan pemantauan hama secara *real-time* melalui berbagai sensor yang terhubung ke perangkat digital. Penggunaan IoT dalam pengendalian hama dapat meningkatkan efisiensi monitoring, memungkinkan deteksi dini serangan hama, serta mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia^[8]. Selain itu, sistem ini dapat dikendalikan dari jarak jauh melalui perangkat seluler, sehingga petani dapat mengakses data dan mengontrol sistem perangkat hama kapan saja. Dengan adanya integrasi teknologi ini, pengendalian hama dapat dilakukan secara lebih akurat dan responsif. Penerapan teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan hasil panen, mengurangi kerugian akibat hama, serta mendukung pertanian yang lebih modern dan berkelanjutan.

2.4 | Perangkat Hama Berbasis *Internet of Things* (IoT)

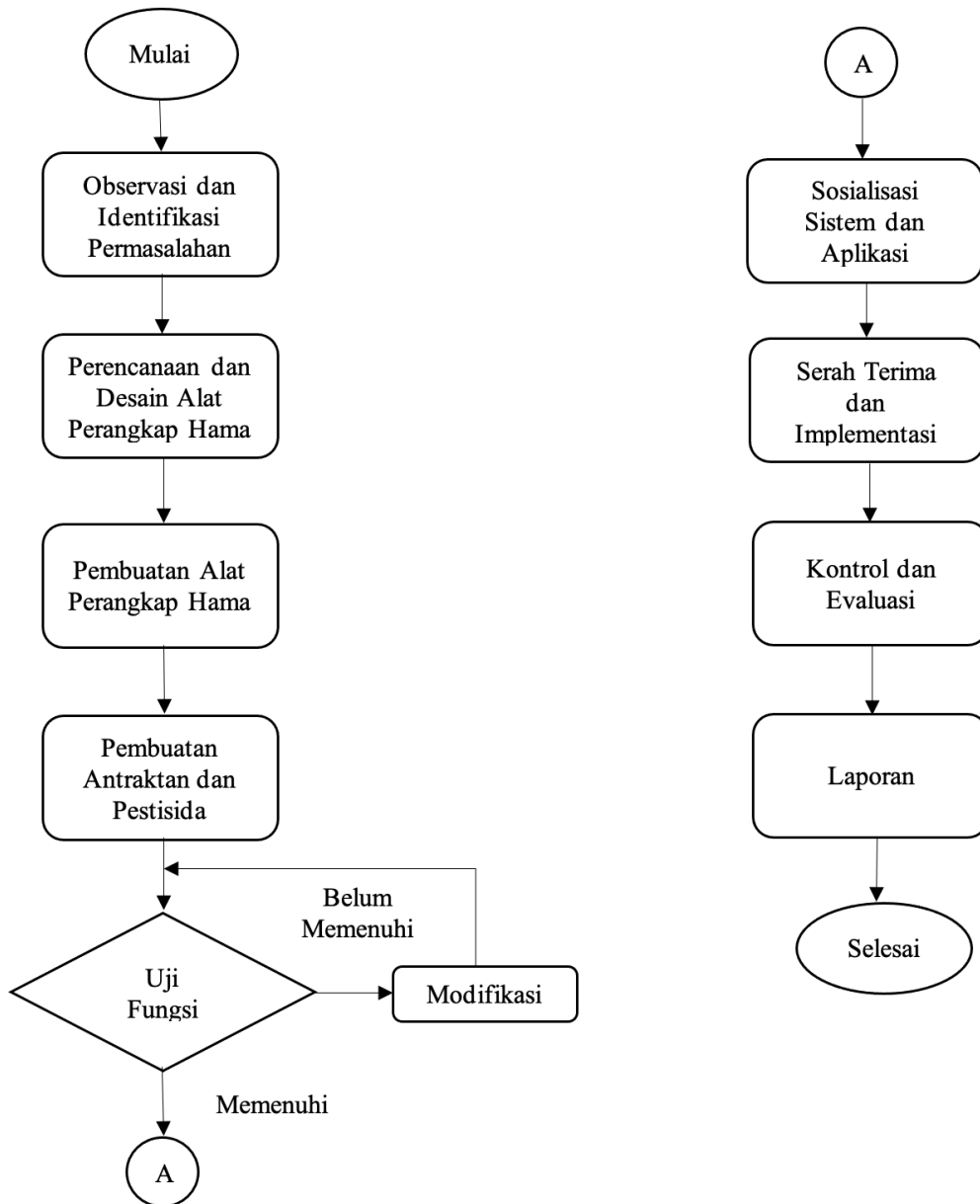
Konsep perangkat hama berbasis IoT memungkinkan konektivitas antara berbagai sensor, seperti sensor RTC yang berfungsi sebagai pengatur waktu dalam penyemprotan pestisida. Sistem ini dapat dikendalikan secara otomatis melalui perangkat seluler yang terhubung ke mikrokontroler menggunakan *bluetooth*^[8]. Dengan integrasi ini petani dapat memantau kondisi tanaman kopi secara langsung dan akurat melalui aplikasi yang dapat diakses dari perangkat mereka masing-masing. Penerapan teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pengendalian hama serta mendukung pertanian yang lebih modern dan berkelanjutan^[9].

Salah satu keunggulan utama dari perangkat hama berbasis IoT adalah kemampuannya dalam melakukan pemantauan dan pengendalian hama secara *real-time*. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, seperti sensor pendeteksi hama, sensor waktu (*Real-Time Clock*), mikrokontroler, serta sistem komunikasi yang memungkinkan petani mengakses data melalui perangkat seluler^[10]. Dengan adanya koneksi *bluetooth* atau jaringan nirkabel lainnya, petani dapat menerima notifikasi langsung mengenai aktivitas hama di kebun.

3 | METODE KEGIATAN

Dalam program ini tim E-Instrech akan melaksanakan beberapa tahapan untuk mengatasi permasalahan hama penggerek buah kopi. Tahap pertama adalah pertemuan dengan mitra petani di Bedhag Kopi untuk mengidentifikasi permasalahan utama serta menentukan kebutuhan dan langkah-langkah yang diperlukan dalam penerapan teknologi perangkat hama berbasis IoT. Tahap kedua tim akan merancang dan mengembangkan perangkat hama otomatis yang dapat menangkap hama serta menyemprotkan pestisida nabati berbasis limbah kopi. Proses ini melibatkan pembuatan alat di Workshop Robotika Universitas Jember serta formulasi atraktan dan pestisida di Laboratorium Bioproses Teknik Kimia. Setelah alat dan bahan siap, tim akan melakukan uji coba untuk memastikan efektivitasnya sebelum diterapkan di lapangan. Tahap berikutnya adalah implementasi di kebun kopi mitra, di mana petani akan diberikan pelatihan mengenai penggunaan perangkat hama, cara pembuatan pestisida alami, serta pemantauan hama menggunakan sistem berbasis IoT. Selain itu, tim akan mengadakan sosialisasi kepada masyarakat dan mempublikasikan informasi mengenai teknologi ini melalui media digital dan cetak. Setelah implementasi tim akan melakukan evaluasi efektivitas alat dan metode yang digunakan dengan mengumpulkan data dari petani serta melakukan penyesuaian jika diperlukan. Untuk keberlanjutan program, tim akan bekerja sama dengan mitra untuk memastikan pemanfaatan teknologi ini secara berkelanjutan serta memberikan pendampingan bagi petani agar mereka dapat mengelola sistem secara mandiri.

Pelaksanaan pengabdian masyarakat ini melalui serangkaian kegiatan yang terangkum pada diagram alir sebagai berikut:



Gambar 1 Diagram Alir Kegiatan.

4 | HASIL DAN DISKUSI

Program Promahadesa yang dilakukan pada Kelompok Usaha Bersama (KUB) Arum Sukmo di Dusun Sumbercandik Desa Panduman Kecamatan Jember Kabupaten Jember, adalah kegiatan yang memberikan edukasi serta wawasan kepada petani kopi dalam pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) untuk pemanfaatan pestisida alami yang dibuat dari kulit biji kopi. Dalam penggunaan IoT ini diharapkan dapat memaksimalkan penggunaan pestisida alami untuk membasmi hama tumbuhan kopi yaitu Hama penggerek PBKo atau (*Hypothenemus hampei* Ferr). Pengabdian ini dilakukan dengan beberapa kegiatan yaitu dimulai dari observasi dan identifikasi permasalahan, perencanaan dan desain alat perangkap hama dan pestisida, pembuatan alat perangkap

hama dan antraktan serta pestisida, uji fungsi alat, sosialisasi sistem dan aplikasi, dan serah terima dan implementasi alat. Sosialisasi dilaksanakan dua kali dimana untuk sosialisasi pertama pada tanggal 27 Juli 2024. Dalam sosialisasi ini dihadiri oleh pengurus Kelompok Usaha Bersama (KUB) Arum Sukmo dan petani Bedhag Kopi. Kegiatan ini dimulai dengan penjelasan alat perangkat hama dan antraktan serta pestisida, dilanjutkan dengan demonstrasi alat perangkat hama. Selain itu dilakukan survei lanjutan untuk penempatan memasang alat perangkat hama yang akan dipasang di kebun kopi KUB Arum Sukmo.

4.1 | Observasi dan Identifikasi Permasalahan

Tim melakukan observasi langsung di lokasi mitra, yaitu Bedhag Kopi yang terletak di Desa Panduman, Kecamatan Jelbuk, Kabupaten Jember. Kegiatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai permasalahan yang dihadapi oleh mitra dalam proses budidaya, pengolahan, serta pemasaran kopi. Tim melakukan survei lapangan dengan mendatangi kebun kopi, tempat pengolahan, serta area pemasaran produk. Selain itu tim juga mengadakan wawancara dengan pemilik usaha dan para petani kopi yang terlibat dalam produksi, guna memperoleh informasi mendalam mengenai tantangan yang mereka hadapi sehari-hari.

Hasil observasi dan wawancara menunjukkan bahwa salah satu permasalahan utama yang dihadapi oleh mitra adalah limbah kopi yang tidak dimanfaatkan dengan baik. Kulit dan ampas kopi yang dihasilkan dari proses pengolahan biasanya hanya dibuang begitu saja tanpa adanya upaya untuk mengolahnya menjadi produk bernilai tambah. Padahal, limbah tersebut memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai pupuk organik.

Selain masalah limbah, petani kopi di lokasi mitra juga menghadapi kendala akibat serangan hama penggerek buah kopi (*Hypothenemus hampei* Ferr.). Hama ini menyerang biji kopi dari dalam, menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas hasil panen. Serangan hama ini juga berdampak signifikan terhadap harga jual kopi, karena biji yang rusak tidak dapat diolah menjadi produk premium. Upaya pengendalian hama yang dilakukan oleh petani masih terbatas, baik dalam hal metode yang digunakan maupun ketersediaan sarana dan prasarana untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Melalui observasi dan identifikasi ini, tim mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam mengenai berbagai tantangan yang dihadapi oleh mitra. Hasil temuan ini akan menjadi dasar dalam menyusun solusi yang lebih tepat guna untuk meningkatkan efisiensi produksi serta pengolahan limbah. Dengan adanya inovasi yang tepat, diharapkan usaha yang dijalankan oleh mitra dapat berkembang lebih baik dan memberikan manfaat yang lebih besar, baik bagi petani maupun bagi lingkungan sekitar.

4.2 | Desain dan Pembuatan Alat Perangkat Hama

Tim merancang alat perangkat hama E-Instrech sebagai solusi inovatif untuk mengendalikan populasi hama lalat buah yang menyerang tanaman kopi. Alat ini dirancang dengan dua fungsi utama, yaitu menangkap hama dan menyemprotkan pestisida secara otomatis untuk menekan populasi lalat buah. Perangkat hama ini menggunakan atraktan sebagai pemancing agar lalat buah tertarik masuk ke dalam perangkat. Desain alat dibuat dengan mempertimbangkan efektivitas dalam menangkap hama, sehingga memiliki ruang penampungan yang cukup dan sistem pemancingan yang optimal. Selain itu, alat ini dilengkapi dengan sensor RTC (*Real-Time Clock*) yang berfungsi sebagai *timer* untuk mengatur jadwal penyemprotan pestisida secara otomatis.

Sistem kontrol alat berbasis *Internet of Things* (IoT), memungkinkan perangkat ini terhubung dengan mikrokontroler yang dapat dikendalikan melalui *Bluetooth* menggunakan aplikasi di *handphone*. Dengan teknologi ini, petani dapat mengatur jadwal penyemprotan tanpa harus melakukannya secara manual. Selain itu, desain alat dibuat dengan material yang tahan terhadap kondisi lingkungan perkebunan agar dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama. Dengan adanya alat E-Instrech, diharapkan pengendalian hama lalat buah dapat dilakukan dengan lebih efektif dan efisien. Teknologi ini tidak hanya membantu mengurangi penyebaran hama, tetapi juga meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil panen kopi dengan cara yang lebih modern dan praktis.

4.3 | Pembuatan Antraktan dan Pestisida

Proses pembuatan Antraktan dan Pestisida yang telah dikaji dan disesuaikan dengan kebutuhan pekebun mitra “Bedhag Kopi” yaitu melalui proses pirolisis seperti pada Gambar 2.

1. Pestisida

Pembuatan pestisida nabati dengan menggunakan kulit buah kopi sehat mengandung alkaloid dan saponin. Alkaloid adalah senyawa kimia hasil metabolit sekunder yang beberapa diantaranya bersifat racun dan digunakan oleh tumbuhan untuk mempertahankan dirinya dari ancaman lingkungan, seperti serangga^[7]. Saponin adalah senyawa metabolit sekunder

yang strukturnya bersifat seperti sabun atau deterjen. Saponin seperti surfaktan alami yang bersifat racun, sehingga dapat berfungsi sebagai antivirus, antibakteri, antiprotozoal^[5]. Pada umumnya alkaloid dan saponin terdapat pada tanaman yang sehat maupun terinfeksi, sebagai mekanisme pertahanan tanaman dari berbagai macam gangguan, yang membedakan adalah konsentrasinya. Kandungan kulit buah kopi ini dapat digunakan sebagai alternatif pengganti pestisida sintetik karena mengandung bahan aktif tersebut^[11]. Pembuatan ekstrak kulit buah kopi dengan menggunakan maserasi diawali dengan memisahkan biji kopi dan kulit kopi. Kemudian kulit buah kopi dikeringkan dengan menggunakan sinar matahari langsung selama beberapa hari. Kulit buah kopi yang sudah kering kemudian dihaluskan dengan mesin penggiling. Kulit buah kopi yang sudah halus direndam dengan larutan alkohol 96% dengan perbandingan 1:3 selama 6 jam selama pengadukan dan didiamkan selama 18 jam dalam wadah tertutup. Setelah didiamkan, kemudian disaring dengan menggunakan kertas saring untuk memisahkan ampas dari ekstrak. Jika sudah tersaring secara keseluruhan kemudian membuat ekstrak sesuai dengan konsentrasi yang sudah ditetapkan dengan cara mencampurkan ekstrak dengan aquades. Untuk uji pendahuluan menggunakan 5 konsentrasi yang berbeda yaitu 5%, 10%, 15%, 20%, 25%. Sedangkan untuk uji utama menggunakan konsentrasi 10%, 15%, 20%, 25%.



Gambar 2 Alat produksi pestisida.

2. Atraktan

Buah kopi diperoleh dari perkebunan mitra “Bedhag Kopi” di Desa Panduman, Kecamatan Jelbuk, Kabupaten Jember sebanyak 20 kg dicacah dan dikeringkan selama 3 hari di atas lembaran kertas koran untuk mengurangi kadar airnya hingga 15%. Bahan sulingan dibawa ke laboratorium untuk disuling dengan cara *steam-hydrodistillation*, sehingga dihasilkan air sulingan buah kopi yang diuji potensinya sebagai atraktan bagi PBKo. Dengan metode *steam-hydrodistillation*, bahan tanaman tidak mengalami kontak langsung dengan air mendidih, karena terpisah antara bahan yang disuling dengan air penghasil uap^[9]. Bahan yang akan disuling ditempatkan di atas saringan. Air yang ditempatkan pada ketel lainnya dididihkan, dan uap jernih yang bertekanan tinggi dialirkan melalui pipa dari ketel ke dalam alat penyuling. Bersama uap air, minyak atsiri dari kulit ranting dan daun tanaman kopi ikut terbawa. Selanjutnya campuran minyak dan uap air dikondensasi di pipa pendingin. Setelah mengalami pendinginan, campuran minyak dan air ditampung di bejana pemisah.



Gambar 3 Produk antraktan dan pestisida.

4.4 | Uji Fungsi Alat

Uji fungsi alat dilakukan untuk memastikan bahwa sistem yang dirancang telah sesuai dengan kebutuhan pekebun serta memenuhi standar yang ditetapkan. Proses ini mencakup evaluasi terhadap perancangan alat, penggunaan atraktan, dan formulasi pestisida nabati yang dikaji ulang bersama pekebun dan dosen pembimbing. Kajian ini berfokus pada tiga parameter utama, yaitu akurasi, stabilitas sistem, dan efisiensi sistem.

Akurasi sistem dinilai berdasarkan efektivitas alat dalam menarik dan menangkap hama penggerek buah kopi menggunakan atraktan yang telah dipilih. Stabilitas sistem dianalisis untuk memastikan bahwa alat dapat beroperasi secara konsisten dalam kondisi lingkungan perkebunan yang bervariasi. Sementara itu, efisiensi sistem diukur dengan melihat sejauh mana alat dapat mengoptimalkan penggunaan pestisida nabati dan energi tanpa menyebabkan pemborosan sumber daya.

Keberhasilan alat ditentukan berdasarkan tingkat efisiensi sistem yang dirasakan oleh pekebun. Jika hasil uji menunjukkan bahwa efisiensi masih kurang optimal, maka tim akan melakukan modifikasi dan percobaan ulang hingga alat mencapai performa yang diharapkan. Setelah sistem berhasil memenuhi kebutuhan pekebun dan menunjukkan hasil yang optimal, tahap berikutnya adalah implementasi alat di lapangan serta pendampingan kepada pekebun. Langkah ini bertujuan untuk memastikan bahwa alat dapat digunakan secara maksimal dan memberikan manfaat dalam meningkatkan hasil panen serta mengurangi serangan hama penggerek buah kopi.

4.5 | Sosialisasi Sistem dan Aplikasi

Setelah seluruh sistem perangkat hama berhasil dipasang di kebun kopi, tahap selanjutnya adalah sosialisasi kepada masyarakat, khususnya para pekebun. Sosialisasi ini bertujuan untuk memberikan pemahaman mengenai cara kerja sistem yang telah diimplementasikan serta memastikan penggunaannya dapat berjalan dengan optimal. Dalam kegiatan ini, tim akan menjelaskan secara rinci mekanisme alat, cara pengoperasian, serta perawatan agar alat dapat berfungsi secara maksimal dalam jangka panjang. Sebagai penunjang keberlanjutan penggunaan sistem, tim juga akan menyediakan buku panduan yang berisi informasi teknis mengenai alat, petunjuk pemasangan, serta cara pemeliharaan. Dengan adanya buku panduan ini, pekebun dapat lebih mudah mengoperasikan dan merawat alat secara mandiri, sehingga efektivitas sistem dapat terus terjaga dalam jangka panjang.



Gambar 4 Uji fungsi alat.

4.6 | Serah Terima dan Implementasi Alat

Setelah sistem perangkat hama selesai dirancang dan diuji, alat akan diserahkan kepada pekebun untuk diimplementasikan di kebun kopi sebagai upaya pengendalian hama penggerek buah kopi. Proses ini mencakup serah terima alat E-Instrech, diikuti dengan pemasangan dan instalasi sistem di lokasi yang telah ditentukan. Selama implementasi, tim akan memberikan pendampingan kepada pekebun untuk memastikan alat dapat digunakan dengan baik dan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan. Selain itu, dilakukan *monitoring* terjadwal guna mengevaluasi kinerja sistem, mengidentifikasi potensi kendala, serta memastikan keberlanjutan alat dalam jangka panjang. Dengan adanya pemantauan berkala, diharapkan sistem perangkat hama dapat berfungsi secara optimal dan memberikan manfaat maksimal bagi pekebun.

4.7 | Keberlanjutan

Sistem Perangkat Hama Penggerek Buah Kopi (*Hypothenemus hampei* Ferr.) dengan pemanfaatan limbah kopi sebagai pestisida nabati dirancang untuk mengurangi serangan hama secara efektif dan berkelanjutan. Perangkat ini mengintegrasikan metode pengendalian berbasis atraktan untuk menarik hama, serta penggunaan pestisida nabati berbahan dasar limbah kopi sebagai alternatif ramah lingkungan dalam mengurangi populasi hama tanpa merusak ekosistem sekitar.

Limbah kopi yang diolah menjadi pestisida nabati memiliki sifat insektisida alami yang mampu menghambat perkembangan hama tanpa menimbulkan residu berbahaya bagi tanaman dan lingkungan. Pestisida ini bekerja dengan cara mengganggu sistem saraf atau metabolisme hama penggerek buah kopi, sehingga secara bertahap dapat menekan populasinya di perkebunan. Selain

itu, pemanfaatan limbah kopi sebagai bahan utama dalam pestisida juga membantu mengurangi limbah organik yang sebelumnya tidak dimanfaatkan dengan baik, sehingga menciptakan sistem pertanian yang lebih berkelanjutan.

Sistem perangkat dirancang agar mudah digunakan oleh mitra dengan mekanisme otomatisasi untuk meningkatkan efektivitasnya. Perangkat ini dapat dipasang di berbagai titik strategis di perkebunan dan bekerja secara mandiri dengan mengatur waktu penyemprotan pestisida nabati sesuai kebutuhan. Dengan penerapan sistem ini, diharapkan jumlah hama penggerek buah kopi dapat berkurang secara signifikan, sehingga hasil panen meningkat dan kualitas biji kopi tetap terjaga. Selain itu, inovasi ini juga mendorong pemanfaatan limbah kopi menjadi produk yang lebih bernilai guna, menciptakan ekosistem pertanian yang lebih efisien dan berwawasan lingkungan.



Gambar 5 Serah terima dan implementasi alat.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Program Promahadesa yang diterapkan pada Kelompok Usaha Bersama (KUB) Arum Sukmo di Dusun Sumbercandik, Desa Panduman, Kecamatan Jelbuk, Kabupaten Jember, telah berhasil memberikan solusi inovatif dalam pengendalian hama penggerek buah kopi (*Hypothenemus hampei* Ferr.) melalui penerapan *Internet of Things* (IoT) pada perangkat hama otomatis serta pemanfaatan limbah kopi sebagai atraktan dan pestisida alami. Implementasi sistem ini tidak hanya membantu mengurangi populasi hama secara signifikan, tetapi juga meningkatkan hasil panen dan efisiensi penggunaan pestisida nabati. Teknologi perangkat hama berbasis IoT memungkinkan petani untuk memantau dan mengontrol sistem secara lebih praktis melalui perangkat seluler, sehingga meningkatkan efektivitas pengelolaan kebun kopi. Agar manfaat teknologi ini semakin optimal, diperlukan pelatihan lanjutan bagi petani mengenai pengoperasian dan perawatan alat, serta pengembangan sistem agar lebih tahan lama dan efisien.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP2M) Universitas Jember yang telah memberikan dukungan dalam bentuk pendanaan dan fasilitas untuk kelancaran program ini. Kami juga menyampaikan apresiasi kepada Kelompok Usaha Bersama (KUB) Arum Sukmo dan petani Bedhag Kopi yang telah bersedia menjadi mitra dalam kegiatan pengabdian ini serta berperan aktif dalam setiap tahapan program. Tidak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing dan seluruh pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan kegiatan, mulai dari perancangan

alat hingga implementasi di lapangan. Semoga hasil dari program ini dapat memberikan manfaat jangka panjang bagi petani kopi serta mendukung inovasi pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Referensi

1. Romadhona AR, Dewi NKPC, Agus K, Indrawan Y. Pengolahan Limbah Kulit Kopi Arabika Kintamani sebagai Alternatif Menunjang Sustainable Development Goals. In: Prosiding Pekan Ilmiah Pelajar, vol. 2 National Research and Innovation Agency (BRIN); 2022. p. 633–639.
2. Sumadewi NL, Puspaningrum DHD, Adisanjaya NN. PKM Pemanfaatan Limbah Kopi di Desa Catur Kabupaten Bangli. Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat 2020;3(2):130–132.
3. Puryantoro, Sari S, Jaya F. Pengendalian Hama Penggerek Buah Kopi (PBKo) bagi Kelompok Tani Sejahtera Desa Kayumas Kecamatan Arjasa Kabupaten Situbondo. PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat 2022;7(5):739–745.
4. Rasiska S, Ariyono D. Potensi Air Sulingan Beberapa Bagian Tanaman Kopi sebagai Atraktan terhadap Hama Penggerek Buah Kopi (*Hypothenemus hampei* Ferr.) di Laboratorium. Jurnal Agrikultura 2016;27(3):112–119.
5. Suryani Y, Darniwa A, Cahyanto T. Pemanfaatan Kulit Kopi Fermentasi sebagai Pupuk Cair Organik. Jurnal Agro-Teknologi dan Agro-Industri 2022;1(1):25–32.
6. Putri PA, Chatri M, Advinda L. Karakteristik Saponin Senyawa Metabolit Sekunder pada Tumbuhan. Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya 2023;8(1):251–258.
7. Rasiska S, Yulia JADE. Pengujian Air Sulingan Kulit Buah Kopi dengan Metode Destilasi Air dan Efeknya sebagai Atraktan Penggerek Buah Kopi (*Hypothenemus hampei* Ferr.) (Curculionidae:Scolytiidae). Jurnal Agrikultura 2021;32(1):49–56.
8. Radotti A, Wicaksono DH, Mardhiani W. Pendeteksi dan Perangkap Nyamuk Otomatis Berbasis IoT. In: e-Proceeding of Applied Science, vol. 4; 2018. p. 2982–2990.
9. Rafi A, Berlian S, Elviantari A, Agus IP, Wibawa H. Penyulingan Minyak Atsiri dari Tumbuhan Kalistemon Kebun Raya “Eka Karya” Bali dengan Menggunakan Metode Uap Air. BIOMARAS: Journal of Biology and Marine Science 2023;1(1):36–41.
10. Novantoro AR, Yuniahastuti IT, Susilo D, Bachri A. Rancang Bangun Light Trap Otomatis untuk Menanggulangi Hama pada Perkebunan Bawang Merah di Ngawi. Jurnal Teknik 2023;15(1):99–106.
11. Mauliyana A, Harlita H. Ekstrak Kulit Buah Kopi Alternatif Pestisida Nabati sebagai Pengendali Ulat pada Tanaman Pakcoy (*Brassica Rapa* Subsp. *Chinensis* (L.) Hanelt). In: Proceeding Biology Education Conference, vol. 18; 2021. p. 83–89.

Cara mengutip artikel ini: Setiawan, A. S., Subekhi, J. G., Susanti, E. P., Prayuga, D., Raharjo, N. C. D., Widarti, R. D. N. P., Darajat, Z., Firdausi, A. M., Hanafi, Y. A., Palupi, B., (2025), TTG Sistem Otomatisasi Perangkap Hama Penggerek Buah Kopi (*Hypothenemus hampei* Ferr.) dengan Pemanfaatan Limbah Kopi sebagai Atraktan dan Pestisida, *Sewagati*, 9(3):611–620, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v9i3.2335>.