



### DETEKSI PENYAKIT BERBASIS *Convolutional Neural Network* (CNN) DAN PENINJAUAN KESUBURAN TANAH SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN HASIL TANAMAN KOPI ROBUSTA DI DESA LOK-TUNGGUL KABUPATEN BANJAR

*Disease Detection Based On The Convolutional Neural Network (Cnn) And Soil Fertility Review As An Effort To Increase Robusta Coffee Production In Lok-Tuggul Village, Banjar District*

Muhammad Helmy Abdillah<sup>1\*</sup>, Yazid Aufar<sup>2</sup>, Jiki Romadoni<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Budidaya Tanaman Perkebunan, Politeknik Hasnur Kalimantan Selatan, <sup>2</sup>Program Studi Teknik Informatika, Politeknik Hasnur Kalimantan Selatan, <sup>3</sup>Program Studi Bisnis Digital, Politeknik Hasnur Kalimantan Selatan

Jl, Brigjen H Hasan Basri, Handil Bakti Ray V, Kab. Barito Kuala Prov. Kalimantan Selatan

\*Alamat korespondensi : [abdillah.helmy21@gmail.com](mailto:abdillah.helmy21@gmail.com)

(Tanggal Submission: 30 Mei 2023, Tanggal Accepted : 10 Juni 2023)



#### Kata Kunci :

*Agropreneur, Pemrosesan Citra Digital, Manajemen Lahan*

#### Abstrak :

Program Gerakan Tanam Kopi Serempak (GERTAK) yang digagas oleh Pemerintah Provinsi Kalimantan Selatan mendorong bangkitnya UMKM kopi. Sektor hulu dan hilir yang telah difasilitasi pemerintah mampu mendorong terbentuknya semangat kemandirian anak muda dalam berwirausaha. Namun, saat ini permasalahan di hulu adalah pengetahuan teknik budidaya kopi masih rendah. Hal ini disebabkan minimnya literasi budidaya kopi secara praktis dibandingkan budidaya tanaman perkebunan lainnya, maka diperlukan upaya dengan melibatkan akademis dalam mendiseminasikan pengetahuan dan teknologi dalam memaksimalkan usahanya. Tujuan kegiatan ini untuk memberikan pemahaman dan solusi praktis terhadap serangan penyakit dan pengelolaan tanah melalui uji-terap deteksi penyakit berbasis IoT dan peninjauan kesuburan tanah dalam upaya meningkatkan hasil tanaman kopi. Peserta mampu menggunakan deteksi penyakit berbasis IoT dan mengelola keheraan tanah berdasarkan hasil *soil sampling unit*. Kegiatan ini dilakukan melalui pendekatan (metode) *Service-Learning*. Pendekatan ini menggunakan empat prinsip yakni *engagement, reflection, reciprocity, dan public dissemination* yang masing-masing tergambar dalam aktivitas identifikasi masalah di wilayah, grup diskusi, uji-terap di lapangan, dan penyampaian materi. Hasil kegiatan menunjukkan minat peserta terhadap pengaplikasian teknologi *Disease Detection Apps for Coffee* berbasis CNN. Selain itu, peninjauan kesuburan tanah melalui teknik *soil sampling unit* dapat membantu petani dalam memberi pupuk

dan bahan organik yang tepat dan terukur. Materi pengendalian organisme pengganggu tanaman dan pengelolaan kesuburan tanah merupakan bagian penting yang harus diterapkan guna meningkatkan hasil tanaman kopi. Terdapat empat penyakit utama bersumber dari cendawan yang menyerang tanaman kopi, sedangkan hasil tinjauan kesuburan tanah mengindikasikan katagori tanah yang kurang subur. Hasil evaluasi kegiatan menunjukkan tingkat kepuasan peserta sebesar 68 poin. Aspek pemasaran produk jadi (kopi bubuk) masih menjadi masalah yang masih belum terselesaikan sehingga memerlukan pelatihan sebagai tindakan kurasi UMKM.

**Key word :**

*Agropreneur, Digital Image Processing, Land Management*

**Abstract :**

"Gerakan Tanam Kopi Serempak" (GERTAK) The Simultaneous Coffee Planting Movement Program (GERTAK) initiated by the Provincial Government of South Kalimantan has encouraged the rise of coffee MSMEs. The upstream and downstream sectors facilitated by the government can encourage the formation of a spirit of independence for young people in entrepreneurship. However, the problem upstream is that knowledge of coffee cultivation techniques still needs to be improved. It's due to the need for more practical literacy in coffee cultivation compared to other plantation crops, so academics must be involved in disseminating knowledge and technology to maximize their business. This activity aims to provide an understanding and practical solutions to disease attacks and soil management through IoT-based disease detection trials and surveys of soil fertility to increase coffee crop yields. Participants can use IoT-based disease detection and manage soil nutrients based on the results of the soil sampling unit. The activity was carried out through the Service-Learning approach (method). This approach uses four principles: engagement, reflection, reciprocity, and public dissemination, each reflected in problem identification activities in the region, discussion groups, field trials, and material delivery. The results of the activity showed the participants' interest in applying CNN-based Disease Detection Apps for Coffee technology. In addition, monitoring soil fertility through a soil sampling unit technique can assist farmers in providing precise and measurable fertilizers and organic matter. Material controlling plant pests and managing soil fertility are important parts that must be applied to increase coffee crop yields. Four main diseases originate from fungi that attack coffee plants, while the results of a soil fertility survey indicate that the soil is infertile. The activity evaluation results showed that the participants' satisfaction level was 68 points. The marketing aspect of finished products (ground coffee) still needs to be solved and requires training as a curation measure for MSMEs.

Panduan sitasi / citation guidance (APPA 7th edition) :

Abdillah, M. H., Aufar, Y., Romadoni, J. (2023). Deteksi Penyakit Berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) dan Peninjauan Kesuburan Tanah Sebagai Upaya Peningkatan Hasil Tanaman Kopi Robusta Di Desa Lok-Tunggul Kabupaten Banjar . *Jurnal Abdi Insani*, 10(2), 1059-1068. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v10i2.803>

## PENDAHULUAN

Permintaan kopi secara nasional maupun internasional terlihat meningkat dalam 5 tahun terakhir. Badan Pusat Statistik mencatat terjadi tren kenaikan volume ekspor kopi 10%-15% sejak tahun 2018 hingga 2021 (Badan Pusat Statistik, 2022). Sejalan dengan tren meningkatnya Usaha Mikro



Kecil dan Menengah (UMKM) berbentuk kopi shop dan minat masyarakat terhadap kopi, Pemerintah Provinsi Kalimantan Selatan mencanangkan gerakan tanam kopi serempak (GERTAK) yang digagas oleh Gubernur melalui Dinas Perkebunan dan Peternakan dengan memfasilitasi pengembangan perkebunan kopi rakyat menjadi usaha yang berbasis hilirisasi produk. Setidaknya terdapat 2.928 Ha lahan yang menghasilkan 1.2 ton kopi pada tahun 2021. Lahan-lahan ini yang tersebar diberbagai kota/kabupaten dengan tofografi lahan mineral kering yang menanam jenis kopi robusta maupun mineral basah yang menanam jenis kopi liberika. Desa Lok Tanggul adalah satu diantara wilayah destinasi wisata kopi yang dibina oleh Pemerintah Provinsi Kalimantan Selatan. Terdapat > 5 kelompok tani berbasis UMKM yang membudidayakan tanaman kopi serta melakukan hilirisasi dengan memproduksi kopi bubuk siap saji.

Tingginya permintaan kopi bubuk lokal dari Desa Lok Tanggul menyebabkan meningkatnya minat petani karet untuk menjadikan lahan karet dapat di-tumpang-sari-kan dengan tanaman kopi. Tanaman kopi dibudidayakan di bawah naungan tegakan pohon karet yang juga diselingi tanaman empon-empon. Namun tingginya minat tersebut belum diiringi dengan penerapan teknologi budidaya yang tepat. Hasil survey dilapangan, ditemukan bahwa produksi pohon kopi di Desa Lok Tanggul masih dibawah standar potensi hasil. Hal ini disebabkan teknik budidaya dan teknologi yang diterapkan belum maksimal. Masalah kesuburan tanah dan serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) menjadi faktor utama yang membatasi produksi buah kopi sehingga tidak optimal. Peran aparat penyuluh pertanian di Kecamatan Pangaron cukup membantu sebagai upaya meningkatkan keterampilan petani. Namun karena keterbatasan sumberdaya aparat, maka petani harus berinisiatif sendiri dalam mengelola tanamannya. Dalam upaya meminimalisir keterbatasan tersebut, diperlukan transfer ilmu dan teknologi sehingga masalah tersebut dapat terselesaikan.

Gejala kekurangan hara maupun serangan OPT pada tanaman kopi sulit untuk dikenali. Hal ini karena gejala yang ditimbulkan hampir mirip. Oleh karena itu diperlukan cara praktis untuk mengenali dan menanggulangi masing-masing gejala dari dua hal krusial tersebut. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan adalah *Disease Detection Apps for Coffee* (DDA). DDA merupakan aplikasi yang dibuat dari hasil kaji-terap tim dosen dan mahasiswa dari Politeknik Hasnur yang mendapatkan pendanaan hibah dari Kemdikbudikti RI melalui DRPM Diksi tahun 2022. Aplikasi ini mampu mengenali setidaknya 6 gejala utama pada tanaman kopi melalui deteksi citra (*screening image*) yang ditangkap oleh kamera ponsel berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN). Kamera diarahkan pada daun yang menunjukkan gejala serangan penyakit, kemudian pada layar ponsel menunjukkan indikasi penyakit yang menyerang, cara penanganannya, dan cara pencegahannya. Selain mendeteksi penyakit yang menyerang tanaman kopi, peninjauan kesuburan tanah melalui metode *soil sampling unit* perlu dilakukan sehingga mengefisienkan pemupukan dan mengoptimalkan pengolahan tanah.

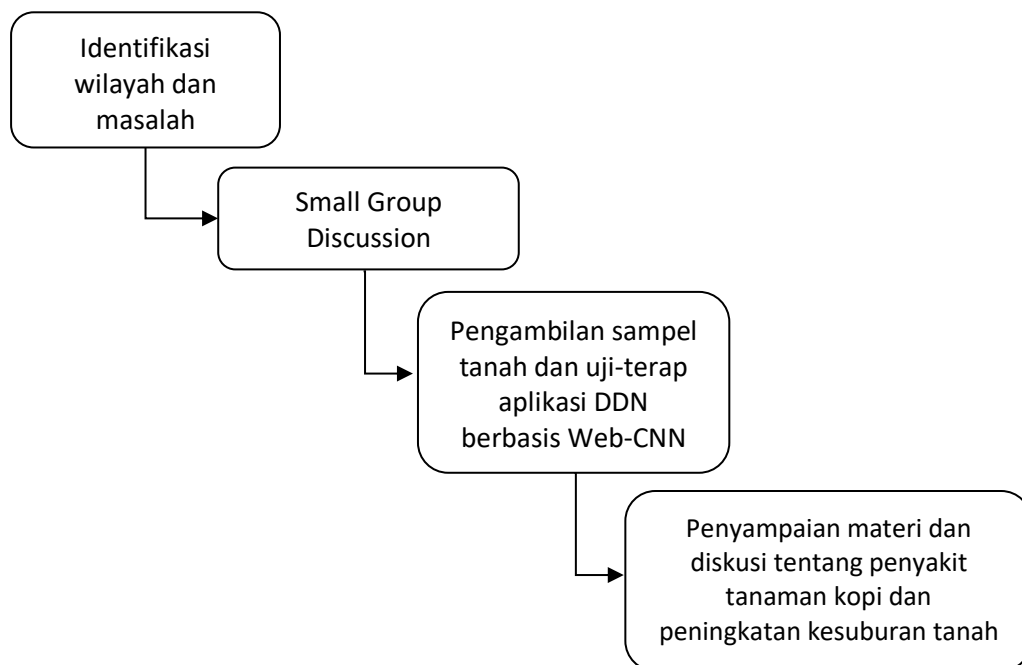
Perawatan tanaman secara efektif sangat penting guna meningkatkan nilai efisiensi tenaga, waktu, dan modal yang dikeluarkan. Perawatan tanaman yang efektif diharapkan meningkatkan pendapatan (*economic value*) dari sebuah usaha, sehingga terus mendorong minat berwirausaha. Jazilah (2018) menjelaskan bahwa usaha yang dilakukan dimasa sekarang mengharuskan pelaku usaha melakukan efisiensi operasional, yang salah satunya dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi, sehingga terbentuk keberlanjutan usaha yang mendorong peningkatan hasil pertanian dan efisiensi tenaga. Penerapan teknologi sebagai alat pendeteksi penyakit pada tanaman mampu membantu petani dalam mencegah dan meluasnya penyebaran penyakit pada tanaman lain. Sistem CNN mampu mengenali berbagai penyakit pada tanaman dengan metode *pre processing data* (Aufar et al., 2023; Vicky et al., 2023), sedangkan tinjauan kesuburan tanah membantu petani dalam memperkirakan tindakan pemupukan dan pengolahan tanah yang berdampak pada kesehatan dan produktivitas tanaman kopi (Susilo & Wicaksono, 2023).

Tujuan kegiatan ini untuk memberikan pemahaman dan solusi praktis terhadap permasalahan yang dihadapi melalui uji-terap pengetahuan dan teknologi. Manfaat dari kegiatan ini ialah petani

dapat merawat pohon kopi menjadi lebih praktis dan efisien. Diharapkan petani dapat meningkatkan produktivitas tanaman kopi sehingga mampu memenuhi permintaan lokal dan nasional.

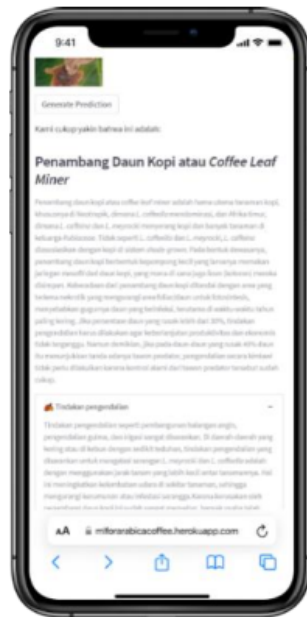
## METODE KEGIATAN

Kegiatan ini merupakan rangkaian dari kaji-terap aplikasi DDA berbasis Web-CNN yang dikembangkan untuk tanaman kopi yang dilaksanakan di Desa Lok Tunggul Kecamatan Pangaron (3°31'11.33E, 115°09'87.67"S) Kabupaten Banjar, Kalimantan Selatan pada 11-18 Juli 2022. Target kegiatan ini adalah kelompok tani yang memiliki unit hilirisasi buah kopi menjadi kopi bubuk untuk dijual. Kegiatan ini diawali dengan melakukan *small group discussion* (SGD) dengan Kabag. Budidaya Tanaman Perkebunan beserta dua orang staf bidang data serta dua orang penyuluh dari Kecamatan Pangaron. Hal ini dilakukan untuk mengidentifikasi wilayah sebaran perkebunan kopi di Provinsi Kalimantan Selatan. Diskusi tersebut juga menyebutkan daerah-daerah yang berkembang pesat sebagai sentra budidaya kopi dan hilirisasinya. Dalam diskusi tersebut ditemukan bahwa beberapa kawasan sentral budidaya kopi robusta masih mengalami kendala untuk mencapai tujuan pengembangan usaha tersebut, yakni pengetahuan praktis pengelolaan lahan dan perawatan tanaman kopi. Setelah itu, dihari yang berbeda dilakukan SGD dengan satu kelompok tani yang memenuhi syarat sebagai responden sasaran dengan tim penyuluh pertanian yang ditugaskan di Kec. Pangaron. Hal ini dilakukan untuk memverifikasi, mengidentifikasi, dan mendalami masalah teknis budidaya dan hilirisasi produk kopi, kemudian dilanjutkan identifikasi kesuburan tanah dan uji-terap terhadap aplikasi DDA. Diakhir sesi, dilakukan penyampaian materi dan diskusi terkait pengelolaan kesuburan tanah dan penanganan penyakit kopi. Adapun alur kegiatan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahap Kegiatan

Adapun bahan dan alat yang digunakan yakni 10 pokok tanaman kopi yang diduga terserang penyakit dari cendawan *Cercospora arachidicola* sp., *Capnodium coffeae* sp., *Hemileia vatatrix* sp., *Colletotrichum* sp. maupun hama *Leucoptera coffeina* sp., *Locusta migratoria manilensis* Meyen, dan *Coccus viridis* sp., yang mengakibatkan kerusakan fisik pada daun (Muliani & Nildayanti, 2018; Permana & Masrilurrahman, 2021; Sugiarti, 2019). Alat yang digunakan yakni smartphone yang telah terinstal DDA. Adapun *user interface* aplikasi DDA berbasis Web-CNN dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. User interface DDA berbasis Web-CNN. Sumber: Aufar *et al.*, (2023)

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan awal yang dilakukan ialah SGD dengan tim Dinas Perkebunan Provinsi Kalimantan Selatan, untuk menemukan kawasan budidaya kopi dan gambaran permasalahan di lapangan. Pada hari selanjutnya, tim pelaksana melakukan perjalanan ke Desa Lok Tunggul untuk bertemu mitra. Hal ini untuk menemui dan berdiskusi serta meninjau permasalahan yang terjadi. Hasil diskusi menyatakan bahwa perlu adanya penerapan teknologi berbasis praktis yang sejalan dengan jiwa muda para anggota tani dalam kecakapannya menggunakan teknologi digital. Adapun masalah yang sedang dihadapi dalam usaha ini yakni 1) produksi buah kopi masih rendah, hanya memenuhi 45%-55% dari permintaan pasar; 2) tata kelola UMKM masih rendah; 3) pemasaran produk masih dikalangan terbatas. Oleh karena itu, kegiatan ini sangat penting untuk mendorong kemajuan UMKM. Christoporos & Rosmini (2020) menjelaskan peran penyuluh dalam hilirisasi produk pertanian sangat penting guna menurunkan resiko gagal panen tanaman. Kansrini *et al.* (2020) menjelaskan bahwa penerapan IPTEK sangat diperlukan guna mengoptimalkan produksi tanaman. Petani juga harus dibekali penanganan pasca panen dan penggunaan teknologi guna mendorong semangatnya dalam bertani (Adzkiya *et al.*, 2023). Dari masalah tersebut, tim pelaksana kegiatan secara praktis mampu membantu memberikan satu solusi dari 3 masalah yang sedang dihadapi, yakni permasalahan terkait produksi buah kopi yang masih rendah, sehingga tim pelaksana kegiatan mencoba membantu kelompok tani menguraikan persoalan untuk meningkatkan produksi buah kopi pada aspek teknis pengelolaan kesuburan tanah dan perawatan tanaman.

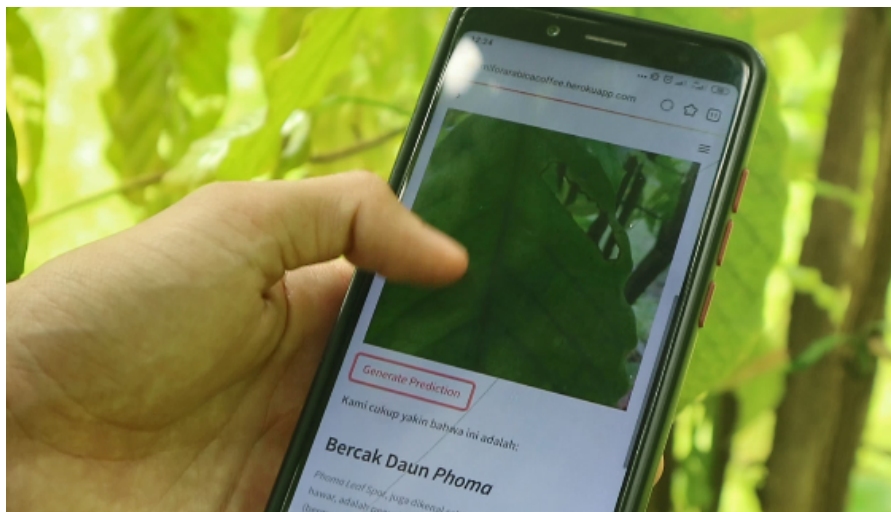
Berdasarkan hasil telaah kesuburan tanah dan uji-terap aplikasi DDA, didapatkan bahwa tanah sebagai media tanam pohon kopi berstatus kurang subur. Hal ini diketahui dari hasil uji tanah sederhana yang dilakukan dilaboratorium Budidaya Tanaman Perkebunan, Politeknik Hasnur. Tanah diambil menggunakan bor dan ring sampel tanah dengan metode zig-zag sampling (Pennock *et al.*, 2008) sebanyak 10 sampel (Gambar 3), kemudian dilakukan uji pH, bulk density (BD), porositas, dan warna tanah. Hasil analisis menunjukkan indeks pH yang cukup rendah (4.8) dengan katagori cukup asam menjadi indikasi utama kurangnya unsur hara. Selain itu, tingginya BD tanah ( $1.33 \text{ g.cm}^{-3}$ ) dengan porositas 68.2%, membuat akar sulit berkembang untuk mengambil unsur hara. Indikasi warna tanah yang coklat merah-kekuningan (7.5YR 6/8) menandakan bahwa kandungan bahan organik cukup

rendah serta dominasi mineral logam yang sangat tinggi. Dari telaah kesuburan tanah, maka tim pelaksana memberikan solusi terhadap pengelolaan tanah agar status kesuburan tanah dapat meningkat, yakni penggunaan bahan organik kulit biji kopi yang dijadikan kompos maupun biochar serta aplikasi ampas kopi sebagai kompos yang mampu meningkatkan pH dan kandungan organik tanah (Risawati & Soemarno, 2021; Teatrawan et al., 2022). Penerapan biomassa ini diharapkan mampu memperbaiki karakter tanah sehingga produksi tanaman kopi dapat meningkat.



Gambar 3. Pengambilan sampel tanah

Dalam mengelola tanaman, tim pelaksana juga merekomendasikan penggunaan aplikasi DDA sehingga memudahkan deteksi penyakit yang menyerang. Penggunaan aplikasi DDA mampu mempercepat penanganan OPT. Informasi pengendalian dan pencegahan penyakit langsung dapat diakses melalui aplikasi tersebut (Gambar 4). Gambar gejala penyakit yang diambil menggunakan kamera terdeteksi secara cepat. Sistem CNN sudah terhubung dengan aplikasi yang segera mendeteksi nama penyakit, vektor OPT, cara penanganannya, serta cara pencegahannya. Pada kegiatan ini, terdapat 4 gejala penyakit yang ditemukan antara lain (Gambar 5),



Gambar 4. Deteksi penyakit menggunakan Aplikasi DDA

Gejala serangan yang ditemukan di lapangan

Gambar dari sumber pustaka



*Cercospora arachidicola* sp.



Sumber: Andrade et al. (2021); Souza et al. (2011)

a. Gejala serangan *Cercospora arachidicola* sp.



*Capnodium coffeae* sp.

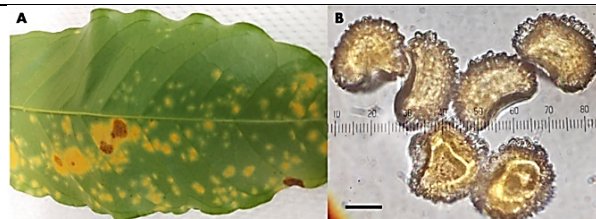


Sumber: Abdollahzadeh et al. (2020); Hongsanan et al. (2015)

b. Gejala serangan *Capnodium coffeae* sp.



*Hemileia vatatrix* sp.



Sumber : Gichuru et al. (2021); Ramírez-Camejo et al. (2022)

c. Gejala serangan *Hemileia vatatrix* sp.



*Colletotrichum* sp.



Sumber : Cristóbal-Martínez et al. (2017); Loureiro et al. (2012)

d. Gejala serangan *Colletotrichum* sp.

Gambar 5. Gejala serangan cendawan penyebab penyakit dan perbandingannya dari referensi

Dibagian akhir kegiatan, diadakan sesi materi dan diskusi terkait pengelolaan kesuburan tanah dan teknik perawatan tanaman oleh tim pelaksana kepada anggota kelompok tani dan aparat penyuluh. Uraian diskusi berisi solusi masalah pertama (pengelolaan kesuburan tanah dan deteksi penyakit dengan DDA) dan tindak-lanjut penanganan masalah ke-dua *management role model business* dan ke-tiga strategi pemasaran produk bubuk kopi secara umum (Gambar 6 dan 7).



Gambar 6. Diskusi kelompok tani dan PPL



Gambar 7. Produksi *roasting* biji kopi dan produk kopi yang telah dikemas

Pada sesi ini, tim melakukan evaluasi terhadap kegiatan dengan memberikan pertanyaan terbuka yang bersifat kontekstual dalam pelaksanaan kegiatan ini, namun tetap mengedepankan prinsip profesionalitas dari masing-masing elemen yang terlibat. Dari hasil evaluasi tersebut, pada dasarnya mitra merasa terbantu dan mendapatkan banyak wawasan terkait budidaya kopi secara praktis, namun dua permasalahan lainnya belum dapat terselesaikan dengan tuntas karena terkendala sumberdaya tim pelaksana yang paham terhadap permasalahan tersebut, sehingga mitra hanya memberikan nilai 68 dari pelaksanaan kegiatan ini. Namun kedepannya tim pelaksana akan mengadakan kegiatan serupa dengan melibatkan beberapa ahli (dosen) dari Politeknik Hasnur untuk membantu memberikan solusi terkait dua permasalahan yang belum tuntas, yakni tata kelola UMKM dan teknis pemasaran produk.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dari kegiatan ini ialah diseminasi pengetahuan pengelolaan lahan perkebunan kopi sangat diperlukan guna meningkatkan pemahaman mitra dalam mengelola kesuburan tanah dengan cara memanfaatkan biomassa kulit kopi untuk dijadikan kompos guna meningkatkan keharuan tanah serta penggunaan deteksi penyakit pada tanaman kopi secara praktis menggunakan aplikasi *Disease Detection Apps for Coffee*. Secara umum, tingkat kepuasan mitra terhadap kegiatan ini hanya sebesar 68 poin. Ada dua permasalahan sekunder terkait manajemen usaha dan pemasaran produk yang belum tuntas dibahas secara mendalam.



Saran yang dapat diberikan pada kegiatan selanjutnya adalah pelaksanaan kegiatan harus melibatkan (beranggotakan) dosen yang memahami teknis hilirisasi kopi, mulai dari tata kelola kelembagaan, perhitungan laba-rugi (B/C ratio), pengiklanan, dan teknik pemasaran. Selain itu, durasi kegiatan harus yang lebih lama karena mitra harus dibina dari aspek perencanaan usaha, pelaksanaan teknis dalam ranah budidaya, manajemen pengemasan hingga teknis pemasaran produk.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terimakasih pada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi melalui DRPM Vokasi yang telah memberikan bantuan dana penelitian dan pengabdian kepada masyarakat dengan nomor surat pengumuman 0746/D4/AK.04/2022 tentang Penerimaan Bantuan Dana Penelitian dan Pengabdian Masyarakat bagi Pendidikan Vokasi Tahun Anggaran 2022 serta penghargaan setinggi-tingginya kepada LLDIKTI XI yang telah memfasilitasi pendanaan ini. Penghargaan juga kami sampaikan kepada jajaran Dinas Perkebunan Provinsi Kalimantan Selatan yang telah memberikan akses untuk mengadakan kegiatan ini, serta kelompok petani kopi “Harapan Muda” di Desa Lok Tunggul Kab. Banjar dan Tim Mahasiswa MBKM yang membantu kegiatan ini (Nadia Aprilia Putri, Amelia Santi, Akmal Mirza Maulana, dan Zulkurnaein).

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdollahzadeh, J., Groenewald, J. Z., Coetzee, M. P. A., Wingfield, M. J., & Crous, P. W. (2020). Evolution of lifestyles in Capnodiales. *Studies in Mycology*, 95(3), 381–414. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2020.02.004>
- Adzkiya, M. A. Z., Renanti, M. D., & Trison, S. (2023). Edukasi dan Eksplorasi Pengolahan Kopi di Perhutanan Sosial Desa Jambewangi, Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Abdi Insani Universitas Mataram*, 10(1), 212–223. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v10i1.881>
- Andrade, C. C. L., de Resende, M. L. V., Moreira, S. I., Mathioni, S. M., Botelho, D. M. S., Costa, J. R., Andrade, A. C. M., & Alves, E. (2021). Infection process and defense response of two distinct symptoms of *Cercospora* leaf spot in coffee leaves. *Phytoparasitica*, 49(4), 727–737. <https://doi.org/10.1007/s12600-021-00902-2>
- Aufar, Y., Abdillah, M. H., & Romadoni, J. (2023). Web-based CNN Application for Arabica Coffee Leaf Disease Prediction in Smart Agriculture. *Jurnal Resti (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 5(2), 72–79. <https://doi.org/10.29207/resti.v7i1.462>
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Statistik Kopi Indonesia 2021*. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia. <https://www.bps.go.id/publication/download.html?nrbvfeve>
- Christoporus, C., & Rosmini, R. (2020). PKM Penerapan Teknologi Tepat Guna dalam Peningkatan Produktivitas dan Pengelolaan Hama dan Penyakit Tanaman Kakao Berbasis Kearifan Lokal. *Jurnal Abditani: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(1), 5–13. <https://doi.org/10.31970/abditani.v2i0.37>
- Cristóbal-Martínez, A. L., de Jesús Yáñez-Morales, M., Solano-Vidal, R., Segura-León, O., & Hernández-Anguiano, A. M. (2017). Diversity of *Colletotrichum* species in coffee (*Coffea arabica*) plantations in Mexico. *European Journal of Plant Pathology*, 147(3), 605–614. <https://doi.org/10.1007/s10658-016-1029-0>
- Gichuru, E., Alwora, G., Gimase, J., & Kathurima, C. (2021). Coffee Leaf Rust (*Hemileia vastatrix*) in Kenya—A Review. *Agronomy*, 11(12), 590–598. <https://doi.org/10.3390/agronomy11122590>
- Hongsanan, S., Tian, Q., Kd, H., & Chomnunti, P. (2015). Two new species of sooty moulds, *Capnodium coffeicola* and *Conidiocarpus plumeriae* in Capnodiaceae. *Mycosphere*, 6(6), 814–824. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/6/6/14>
- Jazilah, S. (2018). Agripreneurship di era revolusi industri 4.0. *Prosiding Seminar Nasional Universitas Pekalongan*, 150–154.
- Kansrini, Y., Mulyani, P. W., & Febrimeli, D. (2020). Peran Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL) dalam

- Mendukung Adopsi Budidaya Tanaman Kopi Arabika yang Baik (Good Agriculture Practices) Oleh Petani Di Kabupaten Tapanuli Selatan. *Agrica Ekstensia*, 14(1), 54–65. <https://doi.org/10.55127/ae.v14i1.40>
- Loureiro, A., Nicole, M. R., Várzea, V., Moncada, P., Bertrand, B., & Silva, M. C. (2012). Coffee resistance to *Colletotrichum kahawae* is associated with lignification, accumulation of phenols and cell death at infection sites. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 77(1), 23–32. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2011.11.002>
- Muliani, S., & Nildayanti. (2018). Inventarisasi Hama dan Penyakit pada Pertanaman Kopi Organik. *J. Agropiantae*, 7(2), 14–19. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394447-4.30037-2>
- Pennock, D., Yates, T., & Braidek, J. (2008). Soil Sampling and Handling. In M. R. Carter & E. G. Gregorich (Eds.), *Soil Sampling and Methods of Analysis: Second Edition* (second, pp. 31–35). CRC Press Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1201/9781420005271.ch65>
- Permana, R. D., & Masrilurrahman, L. L. S. (2021). Identifikasi Tingkat Kerusakan Pada Tanaman Kopi Yang Di Sebabkan Oleh Hama Di Desa Karang Sidemen Kecamatan Batukliang Utara Kabupaten Lombok Tengah. *Jurnal Silva Samalas*, 4(1), 10–14. <https://doi.org/10.33394/jss.v4i1.3943>
- Ramírez-Camejo, L. A., Keith, L. M., Matsumoto, T., Sugiyama, L., Fukada, M., Brann, M., Moffitt, A., Liu, J., & Aime, M. C. (2022). Coffee Leaf Rust (*Hemileia vastatrix*) from the Recent Invasion into Hawaii Shares a Genotypic Relationship with Latin American Populations. *Journal of Fungi*, 8(2), 189–198. <https://doi.org/10.3390/jof8020189>
- Risdawati, N., & Soemarno, S. (2021). Pengaruh Aplikasi Kompos Kulit Buah Kopi Terhadap Kandungan Bahan Organik Dan Fosfor Pada Inceptisol Kebun Kopi Desa Bangelan, Malang. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 8(2), 461–469. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2021.008.2.17>
- Souza, A. G. C., Rodrigues, F. Á., Maffia, L. A., & Mizubuti, E. S. G. (2011). Infection process of *Cercospora coffeicola* on coffee leaf. *Journal of Phytopathology*, 159(1), 6–11. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2010.01710.x>
- Sugiarti, L. (2019). Identifikasi Hama Dan Penyakit Pada Tanaman Kopi Di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Winaya Mukti. *Agro Wiralodra*, 2(1), 16–22. <https://doi.org/10.31943/AGROWIRALODRA.V2I1.27>
- Susilo, A., & Wicaksono, K. S. (2023). Potensi Pengembangan Tanaman Kopi Arabika Berdasarkan Tingkat Kesesuaian Lahan Di Desa Bulukerto, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 10(1), 83–95. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2023.010.1.9>
- Teatrawan, I. A., Madyaningrana, K., & Ariestanti, C. A. (2022). Pemanfaatan Limbah Ampas *Coffea canephora* sebagai Pupuk Pendukung Pertumbuhan *Altenanthera sissoo*. *Bioma: Jurnal Biologi Dan Pembelajaran Biologi*, 7(1), 90–104. <https://doi.org/10.32528/bioma.v7i1.5822>
- Vicky, J., Ayu, F., & Julianto, B. (2023). Implementasi Pendeteksi Penyakit pada Daun Alpukat Menggunakan Metode CNN. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Dan Sains*, 2, 155–162. <https://proceeding.unpkediri.ac.id/index.php/stains/article/view/2888>