

ANALISIS PERTANIAN BERBASIS DATA DI DESA SIPONJOT KABUPATEN HUMBANG HASUNDUTAS, SUMATERA UTARA

Zahedi¹⁾, Dian Marisha Putri²⁾, Katrin Jenny Sirait³⁾, T. Irmansyah⁴⁾, Dolly Sojuangan Siregar⁵⁾, Miswar Budi Mulya⁶⁾, Benny Hidayat⁷⁾, Muhamadin Hamid^{8*)}

^{1,2,3,4,5,6,7,8}Universitas Sumatera Utara

*Email Korespondensi : muhamadin.hamid@usu.ac.id

Abstrak

Pembangunan pertanian di Desa Siponjot menghadapi tantangan dan peluang yang signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi dan kondisi pertanian dengan menggunakan berbagai pendekatan analitis berbasis data. Metode yang digunakan meliputi survei lapangan, pengolahan citra digital, dan analisis statistik. Hasil menunjukkan bahwa Desa Siponjot memiliki ketahanan pangan yang kuat melalui budidaya kopi dan jagung, serta pentingnya pengintegrasian teknologi informasi dalam perencanaan pertanian. Pemodelan matematis dan Machine Learning diaplikasikan untuk meningkatkan efisiensi distribusi pupuk dan memprediksi hasil panen. Dengan demikian, penelitian ini menyoroti pentingnya pendekatan berbasis data untuk memajukan sektor pertanian lokal dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat.

Kata kunci: pertanian, data analitik, pengolahan citra, perencanaan berbasis data

Abstract

Agricultural development in Siponjot Village faces significant challenges and opportunities. This study aims to analyze the agricultural potential and conditions using various data-driven analytical approaches. Methods employed include field surveys, digital image processing, and statistical analysis. The results show that Siponjot Village has strong food security through the cultivation of coffee and maize, emphasizing the importance of integrating information technology in agricultural planning. Mathematical modeling and Machine Learning are applied to enhance fertilizer distribution efficiency and predict harvest yields. Thus, this research highlights the importance of data-driven approaches to advance the local agricultural sector and improve community welfare.

Keywords: agriculture, data analytics, image processing, data-driven planning

PENDAHULUAN

Desa Siponjot, terletak di Kecamatan Lintongnihuta, Kabupaten Humbang Hasundutan, Sumatera Utara, merupakan desa agraris dengan karakteristik geografis berupa dataran tinggi yang dikelilingi perbukitan dan memiliki tanah subur (Silaban et al., 2024). Dengan populasi sekitar 2.749 jiwa dari 538 kepala keluarga, sebagian besar penduduknya menggantungkan hidup pada sektor pertanian, terutama budidaya kopi dan jagung komoditas yang sangat sesuai dengan kondisi agroklimat setempat yang sejuk (Profil Desa Siponjot, 2023). Potensi pertanian ini tidak hanya menopang ketahanan pangan lokal, tetapi juga membuka peluang ekonomi bagi penduduk usia produktif melalui pengembangan Badan Usaha Milik Desa (BUMDes) berbasis kopi, yang bertujuan meningkatkan nilai tambah secara lokal (Zahedi et al., 2025).

^{9 s.d 21}M. Sabri, Badai Charmsar Nusantara, Meutia Nauly, Rahma Sahara, Kania Safa Puspita, Vikki Natalia Br Tarigan, Febe Veronika Situmeang, Marisa Venska, Cintya Deniati Sitorus, Afif Zulfa Nasution, Refina Julianti Sitohang, Dini Nurhaniah Harahap

Topologi menjelaskan karakteristik permukaan yang menambah keberagaman visual tanpa mengubah struktur dasar seperti jumlah lubang (genus), struktur tepi (*boundary*), dan keterhubungan ruang (konektivitas) (Ja'faruddin et al., 2024). Melalui pendekatan ini, daun kopi dapat diklasifikasi berdasarkan struktur topologinya misalnya daun sehat yang memiliki genus nol, boundary utuh, dan satu ruang terhubung, dibandingkan dengan daun yang terinfeksi yang menunjukkan lubang, batas tidak stabil, serta lebih dari satu ruang. Di sisi lain, teknologi penginderaan jauh seperti citra drone dan satelit dikombinasikan dengan pengolahan citra digital dan WebGIS berbasis grafika komputer untuk menghasilkan peta tematik yang interaktif (Mulyaningtyas, 2022). Visualisasi spasial ini memungkinkan perangkat desa dan masyarakat memantau kesehatan lahan, mendeteksi tanaman yang stres, serta mengidentifikasi zona prioritas intervensi pertanian tanpa perlu survei lapangan intensif konsep yang selaras dengan gagasan "Desa Presisi" yang menekankan perencanaan berbasis data spasial dan partisipatif. Penelitian oleh Hamzah et al., (2025) menunjukkan bahwa integrasi pengolahan citra dan WebGIS sangat efektif dalam mendukung perencanaan desa, terutama di sektor pertanian dan tata ruang.

Analisis data juga menjadi pondasi dalam pengambilan keputusan ekonomi dan sosial. Data mining diterapkan pada sumber data lokal seperti Indeks Desa Membangun (IDM), sensus ekonomi untuk mengungkap pola kemiskinan, mengelompokkan klaster usaha (misalnya petani kopi vs. jagung), serta mengidentifikasi segmen masyarakat yang paling membutuhkan bantuan (Adha et al., 2024). Sementara itu, pendekatan *Machine Learning* digunakan untuk memprediksi hasil panen berdasarkan variabel cuaca dan praktik pertanian, serta meramalkan kebutuhan intervensi ekonomi (Azies, 2024). Tingkat operasional, model *Large-Scale Optimization* (LSO) diterapkan untuk mengelola stok pupuk secara efisien, mencegah kekurangan maupun kelebihan pasokan yang dapat mengganggu produktivitas pertanian (Liu et al., 2022).

Dalam evaluasi dan perencanaan kebijakan, dua pendekatan statistik saling melengkapi. Statistika Bisnis digunakan oleh BUMDes dan perangkat desa untuk menganalisis data keuangan, tren penjualan produk lokal, serta efektivitas program ekonomi melalui teknik seperti peramalan dan analisis kinerja usaha. Penelitian Ultari & Khoirunurrofik (2024) menunjukkan bahwa BUMDes yang menerapkan analisis data dalam pengambilan keputusan mampu meningkatkan Indeks Pembangunan Desa secara signifikan. Di sisi lain, mengingat banyaknya data desa bersifat ordinal (seperti kategori kesejahteraan, tingkat produktivitas, atau kelas sosial) dan tidak selalu memenuhi asumsi distribusi normal, metode Statistika Non-Parametrik seperti uji Chi-Square menjadi alat analisis yang relevan. Metode ini memungkinkan evaluasi perbedaan pendapatan antar kelompok petani, pengukuran dampak program bantuan, atau penilaian efektivitas BUMDes tanpa ketergantungan pada asumsi statistik yang ketat.

Secara holistik, Desa Siponjot menunjukkan transformasi menuju pembangunan desa berbasis bukti (*evidence-based rural development*), dimana integrasi pengetahuan lokal, teknologi digital, dan metode analitik modern digunakan secara sinergis. Melalui pendekatan analisis fungsional yang memetakan peran unit-unit desa pertanian, BUMDes, koperasi, dan pendidikan intervensi pembangunan dapat diarahkan pada fungsi yang paling kritis untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat (Sandika et al., 2024). Dengan demikian, Desa Siponjot tidak hanya mempertahankan identitas agrarisnya, tetapi juga membangun ketahanan ekonomi, sosial, dan lingkungan yang berkelanjutan melalui inovasi berbasis data dan partisipasi lokal.

METODE

Kegiatan dilaksanakan melalui survei para petani yang dirancang untuk memperoleh data topografi dan jenis lahan di desa. Instrumen utama berupa kuesioner usaha yang berisi pertanyaan terkait identitas lokasi, jenis tanah, jenis tanaman, hasil panen, biaya dan risiko terjadinya longsor untuk analisis keoptimalan wilayah dalam pengembangan kebun bbit produktif. Pembibitan ini juga meningkatkan keahlian teknis dan memberi masyarakat kesempatan untuk menghasilkan pendapatan tambahan dari penjualan bbit (Roshetko et al., 2015). Pengumpulan data dilaksanakan melalui wawancara di pertemuan kelompok tani dan akan dianalisis melalui fungsi objektif untuk menilai efisiensi setiap lokasi lahan berdasarkan hasil panen, biaya, dan risiko bencana sebagai berikut:

$$f(x) = \text{Hasil panen} - \frac{\text{Biaya}}{1000} - (10 \times \text{Risiko bencana}) \quad (1)$$

dimana semakin tinggi nilai $f(x)$, semakin layak lahan dikembangkan.



Gambar 1. Wawancara di pertemuan kelompok tani

Pengelompokan petani juga dilakukan berdasarkan pola penggunaan melalui pendekatan data mining, sehingga dapat mengidentifikasi tiga kelompok petani berdasarkan kebutuhan yaitu pupuk rendah, sedang, dan tinggi. Pendekatan ini memungkinkan rekomendasi teknis yang lebih sesuai dengan karakteristik lokal, sekaligus menghindari pendekatan seragam yang kurang responsif terhadap keberagaman di lapangan (Han et al., 2023). Proses ini dimulai dengan pembersihan data yang tidak memiliki nilai, kesalahan input, serta tidak relevan dan transformasi data dengan teknik standarisasi yaitu dengan rumus:

$$Z_{ij} = \frac{X_{ij} - \mu_j}{\sigma_j} \quad (2)$$

dimana Z_{ij} adalah nilai standarisasi, X_{ij} yaitu nilai observasi ke- i pada kriteria ke- j , μ_j merepresentasikan rata-rata kriteria ke- j dan σ_j adalah standar deviasi kriteria ke- j .

Principal Component Analysis (PCA) digunakan untuk mempertahankan informasi sekaligus mempermudah visualisasi. Selanjutnya, pembentukan kelompok menggunakan algoritma K-Means melalui Python sebagai berikut:

1. Tentukan nilai k sebanyak jumlah klaster yang diinginkan dan pilih pusat klaster (centroid) secara acak.
2. Menghitung jarak antara objek dengan masing-masing centroid menggunakan rumus *Euclidean distance*:

$$d(x_i, x_j) = \sqrt{|x_{i1} - x_{j1}|^2 + |x_{i2} - x_{j2}|^2 + \dots + |x_{ip} - x_{jp}|^2} \quad (3)$$

3. Mengelompokkan objek berdasarkan jarak terdekat dengan centroid.
4. Hitung ulang rata-rata dalam setiap klaster untuk membentuk centroid baru.
5. Setiap titik data dihitung jaraknya ke semua centroid baru.
6. Iterasi selesai jika tidak ada objek yang berubah dalam klaster.

Evaluasi persediaan pupuk akan dilakukan dengan pendekatan LSO melalui *Economic*



Order Quantity (EOQ) dan *Linear Programming*. Model EOQ digunakan untuk menghitung jumlah pemesanan pupuk optimal berdasarkan biaya pemesanan dan penyimpanan. Selanjutnya, alokasi pupuk dirumuskan dengan *Linear Programming* yang mempertimbangkan kendala modal, kapasitas gudang, dan kebutuhan petani. Lalu, diintegrasikan dalam kerangka LSO untuk menghasilkan keputusan pengadaan dan distribusi yang optimal.

Gambar 2. Daun Kopi Sebagai Objek Pengolahan Citra

Deteksi penyakit pada daun kopi menggunakan Python, OpenCV, dan NumPy. Perubahan fisiologis akibat infeksi terlihat dari pergeseran warna yang dapat diukur melalui analisis histogram BGR (Blue, Green, Red). Histogram tiap kanal mencerminkan dominasi atau pelemahan warna tertentu, dan histogram gabungan dari seluruh citra memberikan gambaran menyeluruh untuk identifikasi dini penyakit (Wildah et al., 2023). Selain itu, deteksi juga dilakukan dengan mengunggah citra daun, kemudian dikonversi dari data byte menjadi citra RGB (Red, Green, Blue) dan diubah menjadi vektor piksel atau pasangan histogram dua dimensi (R-G, G-B, R-B). Hasil RGB dianalisis sehingga menunjukkan *Boundary* atau tepi daun sebagai garis yang utuh menandakan daun sehat dan tepi yang bergerigi, sobek, atau menghitam berarti adanya kerusakan. *Connectedness* atau keterhubungan daun sebagai kondisi daun yang masih utuh atau sudah terbelah menjadi beberapa bagian. Sementara itu, *genus* sebagai jumlah lubang daun seperti tanpa lubang memiliki genus nol dan satu atau beberapa lubang menunjukkan kerusakan.



Gambar 3. Survei Petani, Pedagang, dan Pelaku UMKM Kuliner

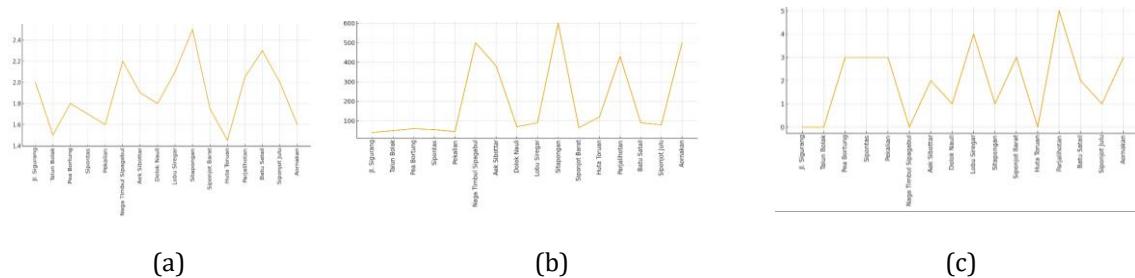
Evaluasi kinerja ekonomi pelaku Usaha Mikro, Kecil dan Menengah (UMKM) juga dilakukan survei yang mencakup BUMDes, petani, pedagang, dan pelaku usaha kuliner. Instrumen utama berupa kuesioner usaha yang berisi pertanyaan terkait identitas usaha, modal awal, pendapatan, biaya operasional, biaya tetap, harga jual per unit, serta data lain yang diperlukan untuk analisis pendapatan, keuntungan serta klasifikasinya. Mengingat sifat data yang kategorikal dan jumlah sampel terbatas, uji *Chi-Square* dari statistika non-parametrik digunakan untuk menguji asosiasi antara jenis usaha dan tingkat profitabilitas (Field, 2018). Model dievaluasi menggunakan metrik seperti MAE, RMSE, R^2 serta akurasi dan *confusion matrix* untuk model klasifikasi. Setelah model terbentuk, dilakukan analisis faktor paling berpengaruh melalui *feature importance* guna mengidentifikasi variabel-variabel utama yang mempengaruhi profitabilitas.

Pendekatan interdisipliner yang menggabungkan data mining, *machine learning*, statistika non-parametrik, Statistik Bisnis, *Large-Scale Optimization*, serta pengolahan citra digital mencerminkan paradigma “Desa Presisi” yaitu perencanaan pembangunan berbasis data dan sosial-ekonomi yang akurat (Potena et al., 2019; Setyawan et al., 2025). Integrasi metode ini tidak hanya memperkuat tata kelola desa melalui analisis fungsional unit kerja seperti BUMDes dan kelompok tani, tetapi juga meningkatkan ketahanan ekonomi melalui

rekомendasi yang responsif terhadap keberagaman lokal, baik dalam praktik pertanian maupun strategi usaha mikro.

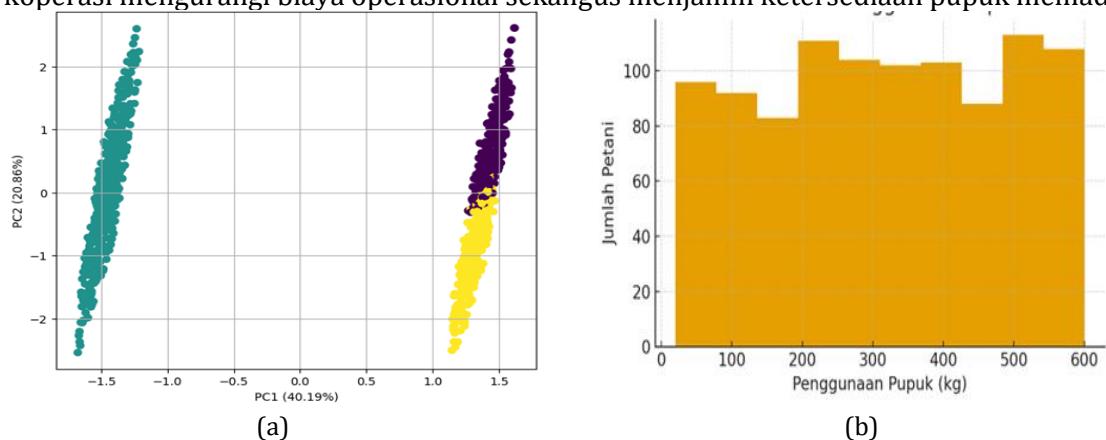
HASIL DAN PEMBAHASAN

Lahan di Desa Siponjot bervariasi, dengan biaya tinggi pada Siponjat Barat, Batu Satail, dan Parjalihotan, produktivitas tertinggi di Sitapongan, Naga Timbul Sipagabul, dan Aornakan, serta risiko longsor terbesar pada Parjalihotan, Lobu Siregar, dan Batu Satail. Integrasi ketiga indikator melalui persamaan (1) menempatkan Sitapongan, Naga Timbul Sipagabul, dan Aornakan sebagai lokasi paling efisien, sementara wilayah lain seperti Batu Satail, Lobu Siregar, Sipontas, dan Pekalian pada kategori efisiensi rendah, dengan Aek Sibottar, Huta Toruan, dan Talun Bolak berada di posisi menengah dan berpotensi meningkat melalui intervensi teknis.



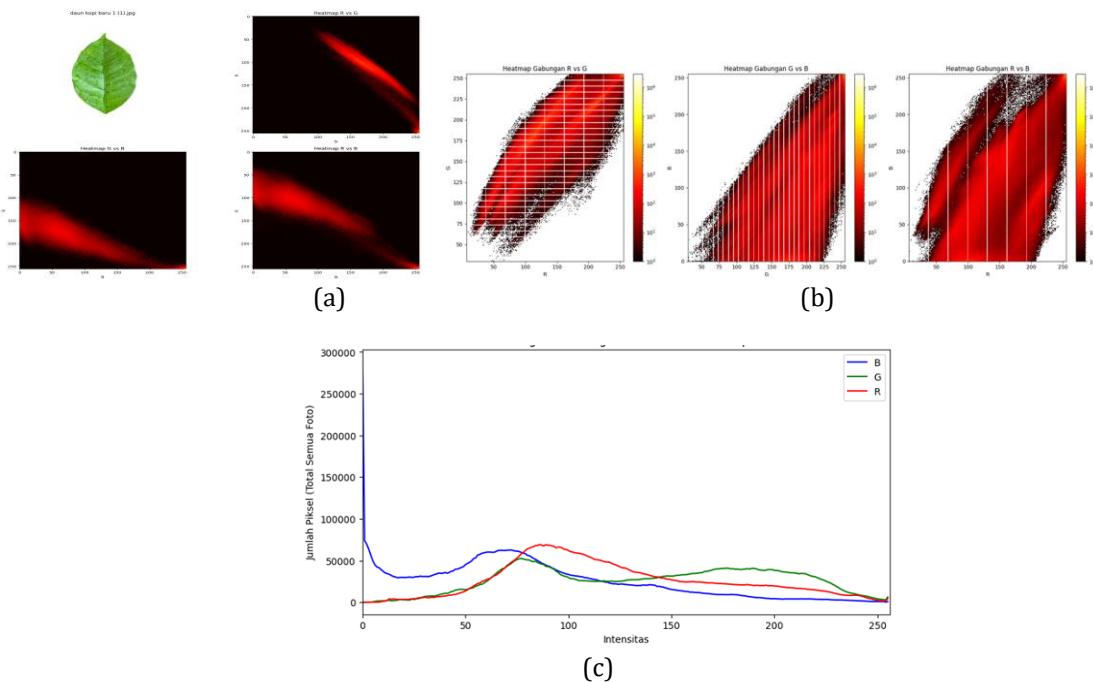
Gambar 4. (a) Biaya, (b) Hasil Panen dan (c) Risiko Longsor

Pengelompokan 1000 petani melalui K-Means menunjukkan adanya tiga kelompok budidaya yang berbeda. Klasterisasi pada Gambar 5 mengidentifikasi pola sehingga program pendampingan dapat disusun lebih terarah. Klaster hijau menunjukkan kelompok petani dengan kebutuhan pupuk sedang untuk memperkuat praktik pupuk berimbang, klaster ungu dengan kebutuhan pupuknya tinggi dapat diarahkan untuk meningkatkan efisiensi pupuk, sedangkan klaster kuning dengan kebutuhan pupuk yang rendah memerlukan dukungan seperti subsidi dan pendampingan produksi. Penerapan LSO menunjukkan strategi pengadaan pupuk efisien bagi petani di Desa Siponjot. Penggunaan pupuk rata-rata 317,553 kg (standar deviasi 167,855 kg, rentang 20-600 kg), luas lahan rata-rata 1,904 ha, dan frekuensi pemupukan 3,028 kali per periode, dimana distribusi penggunaan pupuk yang merata tanpa konsentrasi ekstrem mengindikasikan variabilitas tinggi sehingga diperlukan pendekatan optimasi matematis. Hal ini membantu koperasi mengurangi biaya operasional sekaligus menjamin ketersediaan pupuk memadai.



Gambar 5. (a) Hasil Klasterisasi dan (b) Distribusi Penggunaan Pupuk

Identifikasi kesehatan daun kopi dengan histogram pada gambar 6 menunjukkan dominasi warna hijau sebagai tanda kondisi normal. Peningkatan intensitas merah mengindikasikan gejala awal stres atau penyakit sementara kanal biru tetap rendah sesuai karakter daun. Walaupun sebagian besar daun terlihat sehat, adanya indikasi gangguan pada area tertentu memerlukan visualisasi tambahan untuk memetakan titik stres secara lebih jelas. Selain histogram RGB, heatmap digunakan untuk menyoroti area daun yang mengalami perubahan warna dengan menganalisis intensitas tiap piksel dan menampilkan penyimpangan melalui tingkat kecerahan. Visualisasi ini mengidentifikasi gejala awal seperti klorosis, bercak, atau nekrosis sehingga kerusakan dapat dikenali dan ditangani.



Gambar 6. (a) Heatmap Daun, (b) Heatmap Gabungan dan (c) Histogram Gabungan Semua Daun

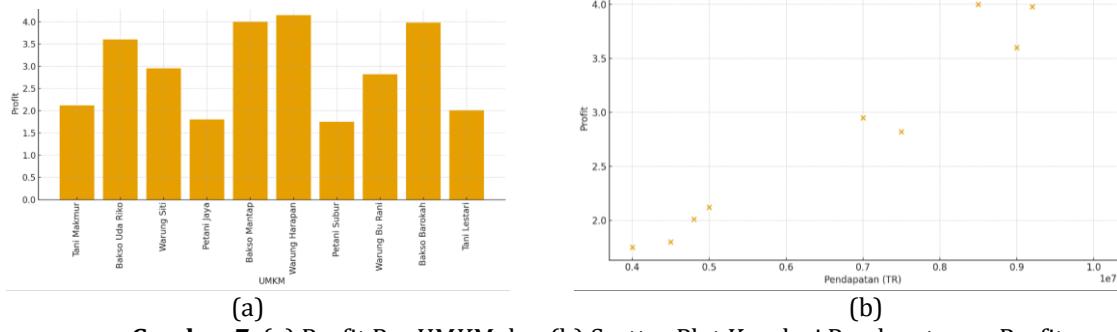
Hasil RGB pada tabel 1 menunjukkan beberapa daun memiliki topologis yang sama karena genus, boundary, dan koneksi yang serupa, sedangkan daun lain berbeda akibat lubang, bercak, atau tepi bergerigi yang menciptakan ruang dan boundary tambahan. Fitur inilah yang membedakan daun sehat dan tidak sehat, sekaligus menentukan kelas topologinya.

Tabel 1. Hasil RGB

Gambar	Keterangan	Gambar	Keterangan
	Tidak ada lubang, tepi daun utuh dan tidak sobek sehingga terdapat satu ruangan.		Tidak ada lubang, tepi daun utuh dan tidak sobek sehingga terdapat satu ruangan.
	Tidak ada lubang, tepi daun tidak utuh dan sobek sehingga terdapat lebih dari satu ruangan yang terhubung atau tidak terhubung.		Terdapat lubang, tepi daun utuh dan tidak sobek sehingga terdapat satu ruangan.
	Terdapat lubang, tepi daun utuh dan tidak sobek sehingga terdapat satu ruangan.		Terdapat lubang, tepi daun tidak utuh dan sobek sehingga terdapat lebih dari satu ruangan yang terhubung atau tidak

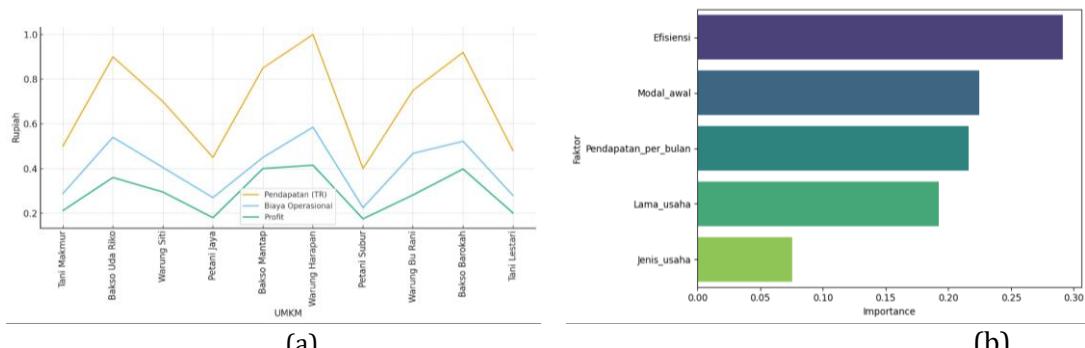
Gambar	Keterangan	Gambar	Keterangan
	Tidak ada lubang, tepi daun tidak utuh dan sobek sehingga terdapat lebih dari satu ruangan yang terhubung atau tidak terhubung.		terhubung. Tidak ada lubang, tepi daun tidak utuh dan sobek sehingga terdapat lebih dari satu ruangan yang terhubung atau tidak terhubung.

Analisis terhadap pelaku UMKM di desa menunjukkan pola profitabilitas yang bervariasi dan dipengaruhi oleh perbedaan struktur biaya dan kemampuan pelaku usaha dalam menjaga efisiensi operasional. Hasilnya menunjukkan bahwa usaha kuliner, seperti bakso dan warung, cenderung menghasilkan profit lebih tinggi dibandingkan usaha pertanian, sehingga sektor dengan margin besar memiliki peluang pengembangan yang lebih menjanjikan. Melalui pendekatan ini diperoleh gambaran yang lebih terarah mengenai kondisi usaha serta langkah strategis untuk meningkatkan profit dan efisiensi.



Gambar 7. (a) Profit Per UMKM dan (b) Scatter Plot Korelasi Pendapatan vs Profit

Grafik pada gambar 7 menunjukkan perbedaan profit yang cukup mencolok antar UMKM, dimana warung Harapan, Bakso Barokah, dan Bakso Mantap mencatat profit tertinggi, sementara Petani Subur, Petani Jaya, dan Tani Lestari berada pada posisi terendah. Usaha kuliner tampak lebih menguntungkan dibandingkan usaha pertanian, karena pendapatan yang lebih besar dan pengendalian biaya operasional yang lebih efektif. Hasil uji Chi-Square menunjukkan bahwa jenis usaha tidak memiliki hubungan yang signifikan dalam kategori profit. Hal ini menegaskan bahwa pendapatan tinggi tidak menjamin profit tinggi, dan efisiensi biaya memiliki peran jauh lebih menentukan dibandingkan sekadar meningkatkan penjualan.



Gambar 8. (a) Hubungan Pendapatan, Biaya, dan Profit Antar UMKM dan (b) Faktor Paling Berpengaruh Terhadap Profitabilitas

Grafik garis pada gambar 8 menunjukkan variasi pendapatan dan biaya antar UMKM, di mana usaha yang paling menguntungkan adalah yang memiliki pendapatan tinggi dengan biaya operasional yang tetap terkendali. Sebaliknya, UMKM pertanian cenderung memiliki biaya lebih besar dibanding pendapatan sehingga margin profit rendah. Temuan ini menegaskan bahwa profit terbaik dicapai oleh UMKM yang efisien mengelola biaya, bukan sekadar yang berpendapatan tinggi. Berdasarkan analisis UMKM di Desa Siponjot, hanya 2 (20%) yang termasuk kategori menguntungkan ($ROI \geq 20\%$) dimana keduanya pedagang, sementara 4 (40%) tergolong Tidak Menguntungkan, mayoritas petani. Melalui penerapan machine learning (model Random Forest), faktor paling berpengaruh terhadap profitabilitas adalah efisiensi biaya (29%), modal awal (23%), dan pendapatan per bulan (22%), sedangkan lama usaha dan jenis usaha berdampak kecil.

Visualisasi *feature importance* dari model menjadi dasar rekomendasi kebijakan: desa disarankan fokus pada peningkatan akses pasar (untuk meningkatkan pendapatan), fasilitasi modal usaha, serta pelatihan manajemen biaya, terutama bagi pelaku usaha pertanian yang rentan rugi. Pendekatan ini menunjukkan bagaimana data lapangan sederhana dapat diolah menjadi insight berbasis *machine learning* untuk mendukung pengambilan keputusan yang tepat sasaran di tingkat desa.

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat di Desa Siponjot menghasilkan beberapa temuan penting yang mendukung perencanaan pembangunan desa berbasis data. Analisis kelayakan lahan melalui fungsi objektif menunjukkan bahwa wilayah Sitapongan, Naga Timbul Sipagabul, dan Aornakan merupakan lokasi paling efisien untuk pengembangan kebun bibit produktif karena memiliki kombinasi produktivitas tinggi, biaya rendah, dan risiko bencana yang minimal. Pengelompokan petani dengan PCA dan K-Means mengidentifikasi tiga segmen utama kebutuhan pupuk rendah, sedang, dan tinggi yang dapat digunakan sebagai dasar penyusunan program intervensi agrikultur yang lebih spesifik dan tepat sasaran. Penerapan LSO membuktikan bahwa integrasi metode EOQ dan *Linear Programming* dapat meningkatkan efisiensi pengadaan dan distribusi pupuk bagi 1.000 petani dengan meminimalkan biaya pemesanan dan penyimpanan. Analisis pengolahan citra menunjukkan bahwa histogram RGB dan visualisasi heatmap mampu mendeteksi indikasi awal stres dan penyakit daun kopi, sedangkan pendekatan topologi memperjelas perbedaan struktural daun sehingga membantu proses klasifikasi kesehatan tanaman. Analisis ekonomi UMKM mengungkapkan bahwa profitabilitas usaha tidak hanya bergantung pada pendapatan, tetapi sangat ditentukan oleh efisiensi biaya operasional. Usaha kuliner menunjukkan profit margin tertinggi, sementara usaha pertanian memiliki margin lebih rendah. Hasil uji Chi-Square menunjukkan bahwa jenis usaha tidak berpengaruh signifikan terhadap kategori profit, sehingga peningkatan pendapatan lebih bergantung pada kualitas pengelolaan usaha daripada sektor usahanya. Secara keseluruhan, kegiatan ini menegaskan bahwa pendekatan berbasis data meliputi analisis statistika, optimasi, pemetaan spasial, *machine learning*, serta pengolahan citra sangat efektif dalam mendukung pengambilan keputusan di tingkat desa. Temuan ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi Desa Siponjot dalam merencanakan program pembangunan yang lebih presisi, efisien, dan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Pengabdian Masyarakat Universitas Sumatera Utara atas pendanaan Program Pengabdian kepada Masyarakat melalui Skema Desa Binaan pada tahun 2025 dengan Nomor Kontrak:

225/UN5.4.11.K/Kontrak/PM.01.02/2025. Dan juga kepada semua pihak yang telah membantu kelancaran pelaksanaan pengabdian.

REFERENSI

- Adha, A. C., Marzuki, A., Nelaz, Y. S., Hendriani, S., & Purnomo, N. (2024). Penerapan Data Mining Menggunakan Metode Klasifikasi Dalam Memprediksi Status Desa Berdasarkan Indeks Desa Membangun. *Jurnal Minfo Polgan*, 12(2), 1782-1788. <https://doi.org/10.33395/jmp.v13i2.14250>
- Azies, H. Al. (2024). AI-Based Models for Identifying Underdeveloped Villages in Indonesia's Rural Development. *THE JOURNAL OF INDONESIA SUSTAINABLE DEVELOPMENT PLANNING*, 5(3), 192-202. <https://doi.org/10.46456/jisdep.v5i3.611>
- Field, A. (2018). Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics (5th ed.). *Sage Publications*.
- Hamzah, S., Izzaty, A., Wijayanti, R. F., & Aprian, S. D. (2025). Pemetaan partisipatif web-gis pada lahan pertanian untuk mendukung pengelolaan dan perencanaan pembangunan desa. *Jurnal Inovasi Hasil Pengabdian Masyarakat (JIPEMAS)*, 8(3), 526-539. <https://doi.org/10.33474/jipemas.v8i3.24114>
- Han, J., Pei, J., & Tong, H. (2023). Data Mining Concepts and Techniques. *Katey Birtcher*.
- Ja'faruddin, Arib, M. R., Wahyuni, A. R. T., Azzahrah, L., Azzahra, N., Chaerani, A., & Asy-Syarif, F. Z. A. R. (2024). Etnomatematika Pada Gerabah Hias Tradisional Kampiri : Perspektif Geometri, Topologi, Dan Pembelajaran Dalam Kalkulus Integral. *Issues in Mathematics Education*, 8(2), 173-187.
- Liu, C., Deng, C., Li, Z., Liu, Y., & Wang, S. (2022). Optimization of Spatial Pattern of Land Use : Progress , Frontiers , and Prospects. *International Journal of Environmental Research and Public Health Review*. <https://doi.org/10.3390/ijerph19105805>
- Mulyoningtyas, R. R. I. K. (2022). Analisis Pengaruh Faktor Kritis pada Keberhasilan Proyek Data Desa Presisi. *Journal of Management and Business Review*, 19(1), 1-19. <https://doi.org/10.34149/jmbr.v19i1.310>
- Potena, C., Khanna, R., Nieto, J., Siegwart, R., Nardi, D., & Pretto, A. (2019). AgriColMap : Aerial-Ground Collaborative 3D Mapping for Precision Farming. *IEEE ROBOTICS AND AUTOMATION LETTERS*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/LRA.2019.2894468>
- Roshetko, J. M., Sebastian, G. E., Tolentino, E. L., Jr, Carandang, W. M., Bertomeu, M., Tabbada, A., & Yao, C. E. (2015). Buku Acuan Pembibitan Pohon Opsi Untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan. *World Agroforestry centre*.
- Sandika, I., Aini, S., Simbolon, Y. K., & Hadiningrum, S. (2024). Analisis Sistem Pemerintah Desa Di Indonesia. *TERANG : Jurnal Kajian Ilmu Sosial, Politik Dan Hukum*, 1(1), 212-223. <https://doi.org/10.62383/terang.v1i1.89>
- Setyawan, A., Fitriani, A., & Rilvani, E. (2025). KLASIFIKASI KEMISKINAN DI INDONESIA DENGAN DECISION TREE MENGGUNAKAN RAPIDMINER. *JURNAL MEDIA AKADEMIK (JMA)*, 3(7). <https://doi.org/10.62281>
- Silaban, B. G., Simbolon, R., Sitepu, Y. K. S., Hutagalung, B. T. J., & Sinambela, M. (2024). ANALISIS POTENSI WISATA DANAU SILABAN DI DESA SIPONJOT KABUPATEN HUMBANG HASUNDUTAN. *Jurnal Pendidikan Sosial Dan Humaniora*, 3(4), 5168-5184.
- Ultari, T., & Khoirunurrofik. (2024). The Role of Village-Owned Enterprises (BUMDes) in Village Development: Empirical Evidence from Villages in Indonesia. *Urnal Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning Volume, VIII(2)*, 256-280. <https://doi.org/10.36574/jpp.v8i2.559>
- Wildah, S. K., Latif, A., Mustopa, A., Suharyanto, Maulana, M. S., & Sasongko, A. (2023). Klasifikasi Penyakit Daun Kopi Menggunakan Kombinasi Haralick , Color Histogram

dan Random Forest. *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi*, 11(1), 35–39. <https://doi.org/10.26418/justin.v11i1.60985>

Zahedi, Putri, D. M., Suyanto, Zaky, P., Nabila, N., & Rambe, N. (2025). Penyiapan Ketangguhan Warga Desa Untuk Mitigasi Bencana di Desa TALENTA Conference Series Penyiapan Ketangguhan Warga Desa Untuk Mitigasi Bencana di Desa Siponjot Kecamatan Lintong Nihuta Kabupaten Humbang Hasundutan. *Agriculturan & Natural Resources*, 6(2). <https://doi.org/10.32734/anr.v6i2.2561>